

Міністерство освіти і науки України  
Національна Академія наук України  
Академія технологічних наук України  
Інженерна академія України  
Університет Гліндор, м. Рексхем, Великобританія  
Технічний університет Лодзі, Польща  
Технічний університет м. Рига, Латвія  
Технологічний університет м. Таллінн, Естонія  
Університет Екстрамадура, м. Бадахос, Іспанія  
Гомельський державний університет ім. Ф. Скорини, Білорусь  
Інститут проблем математичних машин і систем (ІПММС) НАН України  
Інститут прикладної математики ім. М.В. Келдиша РАН, м. Москва, Росія  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»  
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка  
Чернігівський національний технологічний університет

**МАТЕМАТИЧНЕ ТА ІМІТАЦІЙНЕ  
МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ  
МОДС 2017**

**ДВНАДЦЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА  
КОНФЕРЕНЦІЯ**

*26 - 29 червня 2017 р.*

**Тези доповідей**



**Чернігів 2017**

УДК 004.94(063)

ББК 22.193(06)

М34

Рекомендовано до друку вченою радою Чернігівського національного технологічного університету (протокол № 6 від 29.05.2017р.).

**Редакційна колегія:**

Казимир В.В., д-р техн. наук, професор, ЧНТУ  
Литвинов В. В., д-р техн. наук, професор, ЧНТУ  
Войцеховська М.М., аспірант, ЧНТУ  
Житник О.Е., аспірант, ЧНТУ  
Нехай В.В., аспірант, ЧНТУ

М34 **Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2017** : тези доповідей Дванадцятої міжнародної науково-практичної конференції (Чернігів, 26–29 червня 2017 р.) / М-во освіти і науки України, Нац. акад. наук України, Академія технологічних наук України, Інженерна академія України та ін. – Чернігів : ЧНТУ, 2017. – 444 с.

ISBN 978-966-2188-89-9

У збірник включені тези доповідей, які були представлені на конференції “Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2017”. У доповідях розглянуті наукові та методичні питання з напрямку моделювання складних екологічних, технічних, фізичних, економічних, виробничих, організаційних та інформаційних систем з використанням математичних та імітаційних методів.

**УДК 004.94(063)**

**ББК 22.193(06)**

**ISBN 978-966-2188-89-9**

© Чернігівський національний технологічний університет

## ЗМІСТ

К.Е. Якімова, Г.Б. Ефімов, М.В. Ефімова О НИКОЛАЕ ГУРЬЕВИЧЕ ЧЕТАЕВЕ, УЧЕНОМ, ПЕДАГОГЕ И ЧЕЛОВЕКЕ.....	17
СЕКЦІЯ 1 СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ В ЕКОЛОГІЇ.....	
О.В.Халченков, І.В.Ковалець КОМПЛЕКС КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ТА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ОЦІНКИ АТМОСФЕРНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВІД СХОВИЩ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ .....	24
I.V. Kovalets , S.Y. Maistrenko, A.V. Khalchenkov , T.A. Zagreba, K.V. Khurtsilava , S.N. Anulich , V.P. Bespalov , O.I. Udovenko WEB-BASED SOFTWARE SYSTEM 'POVITRYA' OF OPERATIONAL ATMOSPHERIC POLLUTION FORECASTING IN UKRAINE FOLLOWING TECHNOGENIC ACCIDENTS.....	28
В. Г. Мироненко, Б.О. Антипчук МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ГЛИБИНИ ЗАЛЯГАННЯ УЩІЛЬНЕНОГО ШАРУ ҐРУНТУ РАДІОФІЗИЧНИМ МЕТОДОМ.....	32
А.А. Тимченко СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ КОМПЛЕКСУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АЕС НА ПРИКЛАДІ ЧАЕС .....	34
Д.В. Кушнір, Ю.С. Тучковенко ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВНУТРІШНЬОРІЧНОЇ МІНЛИВОСТІ ГІДРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ЗА РІЗНИХОБСЯГІВ СТОКУ РІЧКИ ВЕЛИКИЙ КУЯЛЬНИК.....	38
О.А. Тучковенко, Ю.С. Тучковенко, Н.С. Лобода МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ УМОВ В ЛИМАНАХ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я В КОНТЕКСТІ ЗМІН КЛІМАТУ У ХХІ СТОЛІТТІ НА ПРИКЛАДІ ТИЛГУЛЬСЬКОГО ЛИМАНУ .....	41

Захматов В.Д., Бондарь А.И., Щербак Н.В ТУШЕНИЕ ШТАБЕЛЕЙ ЯЩИКОВ С БОЕПРИПАСАМИ МНОГОСТВОЛЬНЫМИ МОДУЛЯМИ ИМПУЛЬСНОГО РАСПЫЛЕНИЯ ОГНЕТУШАЩИХ АГЕНТОВ И ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	45
Гавриленко О. В. ,Мезеря В. В., Щербатюк П. І. ДИНАМІКА НАТОВПУ.МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ВЕЛИКОЇ КІЛЬКОСТІ ЛЮДЕЙ У ОБМЕЖЕНОМУ ПРОСТОРІ.....	48
К.С.Курочка, Е.В.Комракова ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛИ ПРИ ТЕПЛОВОМ И МЕХАНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА НЕЕ.....	52
О.Г. Жданова, М.О. Сперкач, Р.І. Кальницький МЕТОД КЛАСИФІКАЦІЇ ЗМІНИ ВИГЛЯДУ ПОВЕРХНІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОБІЛЬНОСТІ ЛЮДЕЙ ІЗ ВАДАМИ ЗОРУ.....	54
О.В. Андрієнко, В.М. Базилевич ШЛЯХИ ДІАГНОСТИКИ ДЕФОРМАЦІЇ ОСОБИСТОСТІ СЛУЖБОВЦІВ СИЛОВИХ СТРУКТУР.....	58
Кулінський В.М. ПОБУДОВА СТАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ХРЕБТА ЛЮДИНИ.....	61
Л.М. Клінцов, В.І. Гур'єв. МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ КІЛЬКОСТІ ПІДПРИЄМСТВ В УКРАЇНІ.....	62
М.И. Демиденко. О В. Корниенко КОНЦЕПЦИЯ МОБИЛЬНОГО УЧЕБНОГО КОМПЛЕКСА.....	66
О.О.Бородіна, Р.А. Кохацький АВТОМАТИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПРОВЕДЕННЯ ЗМАГАНЬ.....	70
Ю.В. Бабенко ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІДДІЛЕННЯ ПОЛІКЛІНІКИ ЗАСОБАМИ ANYLOGIC.....	73
Ю.М. Лисецкий КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ.....	75

В.Ю. Величко, Л.А. Кизуб ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИРАМИДАЛЬНОЙ СЕТИ В МОДЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧЕЛОВЕКА ПО ЕГО ЭКГ .....	79
Н. Сайорі, В. Л. Седін, Н. Е. Школьник ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ТА РЕЖИМ ФАЗОВОГО ПОЛЯ МОДЕЛІ ЦЕМЕНТАЦІЇ ҐРУНТУ .....	82
Авраменко А.С. БАГАТОМОДЕЛЬНИЙ КЛАСИФІКАТОР МАСИВІВ ВХІДНИХ ДАНИХ .....	85
О.Э. Житник, В.С. Шевкопляс, А.В. Савенко, Б.Р. Степикевич РАЗРАБОТКА РАЗВЛЕКАТЕЛЬНОГО СЕРВИСА MANGA & ANIME GUESSING GAME С СИСТЕМОЙ ДИНАМИЧЕСКОГО НАПОЛНЕНИЯ .....	90
С.П. Алешин СЛОЖНАЯ СИСТЕМА В КАТЕГОРИЯХ ФОРМАЛИЗАЦИИ, ОБУСЛОВЛЕННОСТИ И ЭНТРОПИИ .....	92
В.В. Нехай, В.В. Литвинов КІБЕР-СИТУАЦІЙНА ОБІЗНАНІСТЬ РІВЕНЬ ПЕРШОЇ: СУБ'ЄКТНО-ОБ'ЄКТНА МОДЕЛЬ КОЛЕКТИВНОГО ДОСТУПУ ДО ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ .....	95
S.V.Lytvyn, L.K. Svetenok HUMAN BEHAVIOR MODELING IN GROUPS .....	99
Е.Е. Вторникова ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ ВТОРИЧНЫМИ ОТХОДАМИ НА ГСП «ЧЕРНОБЫЛЬСКАЯ АЭС» .....	100
Бровченко І.О. УЗАГАЛЬНЕНИЙ ЛАНГАНЖЕВИЙ ЧИСЕЛЬНИЙ МЕТОД ДЛЯ ЗАДАЧ ПРЕТВОРЕНЬ СТАНУ РЕЧОВИНИ .....	104
Терлецька К. Мадерич В. Бровченко І. ВПЛИВ НЕОДНОРІДНОСТЕЙ ДОННОЇ ТОПОГРАФІЇ НА ГРАВІТАЦІЙНІ ТЕЧІЇ. МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ТА СТРУКТУРИ ПРИДОННОЇ ВОДИ З НИЗИНИ ФІЛЬХНЕРА .....	107

Р.В. Беженар, В.С. Мадерич РЕКОНСТРУКЦІЯ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ЧОРНОГО МОРЯ В РЕЗУЛЬТАТІ АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС .....	109
А.О. Демиденко РОЗУМІННЯ РИЗИКУ У НОВОМУ ЗАКОНІ ПРО ОЦІНКУ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ.....	113
М.І. Густі, І.А. Охремчук ВАЛІДАЦІЯ ГЛОБАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ОЦІНКИ .....	116
А. Пилипенко*, А. Бойко**, М. Железняк***.С. Кивва*, МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕК ДНЕПР И ПРИПЯТЬ В СЛУЧАЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС В ЗИМНИЙ ПЕРИОД.....	120
О. Михальський, Є. Євдін ІНТЕРФЕЙС «ГІДРОС» СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПАВОДКІВ НА РІЧКАХ СІРЕТ І ПРУТ.....	124
СЕКЦІЯ 2 СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ У ВИРОБНИЦТВІ .....	129
О.Є. Сокульський, К.Ю. Гілевська, Н.М. Васільцова, Д.Л. Пачнко ВИЗНАЧЕННЯ ГРОШОВОЇ ОЦІНКИ НЕЯКІСНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ НА ПІДСТАВІ ДАНИХ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ УНКЦІОНУВАННЯ РЕЙСУ МАРШРУТУ МІСЬКОЇ ПАСАЖИРСЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ .....	130
Радченко С.Г., Лапач С.Н. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ НАРУШЕНИИ СПЛОШНОСТИ.....	132
Гречанинов В.Ф., Лопушанський А.В. ЩОДО МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГІС З ВІДКРИТИМ КОДОМ QGIS У ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ.....	136

Ю.В. Коляда, Т.О. Рожок ДВОСТОРОННЄ ОЦІНЮВАННЯ КОРЕНЯ ФУНКЦІЇ НА ПРИКЛАДІ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНОГО ОБСЯГУ ВИПУСКУ ПРОДУКЦІЇ МОНОПОЛІСТОМ .....	139
Бегун В.В., Волошин О.Ф., Гречанинов В.Ф ДОСВІД РОЗРОБКИ МОДЕЛЕЙ І ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З БЕЗПЕКИ.....	142
Овчинников К.Д. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИЗНЕС-ЛОКАЦИИ ПРИ ПОМОЩИ АНАЛИЗА ДАННЫХ ИЗ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ .....	148
В.Н.Томашевский, В.П.Пасько, М.А.Солдатова ОБОБЩЕННАЯ МЕТОДИКА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ .....	150
Г.Б. Филимонихин, В.В. Яцун ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗАКОНА КОЛЕБАНИЙ КОРОБА ГРОХОТА, ВОЗБУЖДЕННЫХ ПАССИВНЫМ АВТОБАЛАНСИРОМ.....	154
Селівборстова Т.В., Ситник В.І. ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ РУХОМИХ КЛІТИННИХ АВТОМАТІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СЦЕНАРІЮ ФОРМУВАННЯ МАКРОСТРУКТУРИ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ ПІД ВПЛИВОМ ГАЗОДИНАМІЧНОГО ТИСКУ .....	158
О.В. Заріцький, П.М. Павленко, В.В. Судік МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В РАМКАХ ОЦІНКИ СКЛАДНОСТІ ВИКОНУВАНИХ РОБІТ .....	160
Т. А. Дмитренко, Т. М. Деркач, А. О. Дмитренко ІНФОРМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПОДАННЯ ЗВІТНОСТІ З НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКОЇ РОБОТИ КАФЕДРИ ВНЗ .....	164
В.М. Куваєв, О.О. Бойко, Д.О. Бешта, Н.О. Новодранова МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОКАТНОЇ ЛІНІЇ СОРТОВОГО СТАНА .....	165

Чесановський М.С., Шекета В.І. ЗНАННЯ-ОРІЄТОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ НАФТОГАЗОВОЇ ГАЛУЗІ .....	168
А.В. Бубліков ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ МОДЕЛІ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ВИДОБУВНИМ КОМБАЙНОМ .....	172
В.В. Адамчук, В.І. Днесь, В.І. Скібчик ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНІВ ОБ'ЄКТІВ ТА ПОДІЙ У ТЕХНОЛОГІЧНІЙ СИСТЕМІ ЗБИРАННЯ РАННІХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР .....	175
Кузьменко В.Ф. СИСТЕМНО – ЧИННИКОВИЙ ПІДХІД ДО ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ.....	178
В.О. Швидя АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНА ТА НАСІННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ПЕРЕДАТОЧНИХ ФУНКЦІЙ.....	182
Ю.О. Жицький, А.В. Ярмілко УДОСКОНАЛЕНИЙ МЕТОД ФОРМУВАННЯ ПЛАНІВ ЗАВАНТАЖЕННЯ ПОРОМІВ АВТОТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ .....	185
В. В. Гончаров, Г. Б. Філімоніхін ОПТИМІЗАЦІЯ 3D-МОДЕЛЮВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ ВІДЦЕНТРОВОЇ СОКОДАВКИ З КУЛЬОВИМ АВТОБАЛАНСИРОМ ПРИ ІМПУЛЬСНІЙ ЗМІНІ НЕЗРІВНОВАЖЕНОСТІ ЇЇ СИТА .....	188
Я.Є.Борисюк МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФЕРМЕНТАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ СПИРТОВОГО БРОДІННЯ .....	192



В.В. Карташев, В.А. Карташев, Г.К. Боровин, А.А. Кириленко, А.В. Протопопов ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БОРОЧНОЙ ОПЕРАЦИИ ВАЛ-ВТУЛКА .....	196
О.І. Лактіонов МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ «ОПЕРАТОР – ВЕРСТАТ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ».....	199
В.А. Дмитрієв, В.О. Кузнецов, А.Г. Павленко СУПРОВОДЖЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ПЛАНУЮЧИХ ПАРАШУТНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ СТРУКТУРНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ.....	203
В.В. Казимир, Р.В. Заровський, Д. Ю. Юрченко ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ АВТОТРАНСПОРТУ ЗА ДОПОМОГОЮ КАМЕР ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ.....	207
О.О. Акимов, В.Т. Бояров, С.Е. Кузин, І.С. Лупин ПРО ПЛАВНІСТЬ РУХУ БРОНЬОВАНИХ МАШИН.....	210
О.О. Акимов, О.П. Манойленко, Р.С. Завертаний ВПЛИВ ПОХИБКИ ФІКСУВАННЯ ТРЬОХКОНУСНОГО ПАКУВАННЯ ПЕРЕМОТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ БП-340 НА ЇЇ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ.....	212
P. Goel, K. Grygoriev, V. Vorobiov APPLYING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO SOLVE REAL BUSINESS PROBLEMS .....	216
Д.О. Касянчик ВИКОРИСТАННЯ ЗАДАЧІ ПРО РЮКЗАК ДЛЯ НАДАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ІНВЕТОРУ .....	217
Ю.О. Олійник, О.В. Світящук ГЕЙМІФІКАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ МАРКЕТИНГОВОЇ СТРАТЕГІЇ В ЦІЛЮВИХ ЗАСТОСУВАННЯХ СФЕРИ ПОСЛУГ .....	220

Н.Л. Ющенко ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ЩО РЕАЛІЗОВУЮТЬ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ АНАЛІЗУ В ПРОЦЕСІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО РЕСУРСІВ І ВИТРАТ ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ.....	224
Є.В. Нікітенко, Є.В. Риндич РОЗРОБКА КОМПОНЕНТИ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ .....	232
В.А.Бичко АВТОМАТИЗОВАНИЙ МЕТОД ІДЕНТИФІКАЦІЇ ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ.....	235
А.А.Задорожний, Д.И.Пантелеєнко МОНІТОРИНГ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА .....	239
І.В. Стеценко, А.А. Грищенко МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ .....	241
В.В. Можаровский, Д.С. Кузьменков, Е.А. Голубева, Р.А. Аль-Абси МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ РАСЧЕТА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ТРУБЕ В ПОДАТЛИВОЙ ОБОЛОЧКЕ .....	246
Е.И. Сукач, Д.В. Гетиков, М.А. Бужан, Ю. В. Жердецкий ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ JAVASCRIPT-ФРЕЙМВОРКА GOJS ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ .....	247
В.В. Литвинов, О.О. Литвин, О.І. Трунов ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ВУЗЛІВ, ДАВАЧІВ ТА КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ГАЗОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ .....	251
В.А. Витер, А.Г. Гребенник, С.В. Злобин, Е.В. Трунова МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ РАБОТЫ МЕДИЦИНСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ.....	255

Вітер В.О., Злобін С.В., Трунова О.В. РОЗРОБКА АРМ АДМІНІСТРАТОРА ПРИВАТНОЇ КЛІНІКИ .....	258
Казимир В.В, Посадська А.С. ОЦІНКА РИЗИКУ ПЛАНУВАННЯ ПРИ ВИРІШЕННІ ЛОГІСТИЧНОЇ ЗАДАЧІ.....	261
О.І. Дідковський ОБМЕЖЕННЯ ЗАДАЧІ МІНІМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.....	264
О.В. Горбик ОГЛЯД ФАКТОРІВ РИЗИКУ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ МЕДИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ.....	266
СЕКЦІЯ 3 СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ В ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ .....	
Ю.В. Кривченко ПЕРКОЛЯЦІЯ НА СЛУЧАЙНОЇ СЕТКЕ МУЛЬТИМАСШТАБНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОВРА СЕРПИНСКОГО КАК МОДЕЛЬ НОВОГО КЛАССА ЗАДАЧ .....	268
О.В. Скакаліна ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ.....	269
С.М. Лапач ДОВІРЧИЙ ІНТЕРВАЛ ДЛЯ ВІДГУКУ РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ .....	271
Г.В. Ханько АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ КЛАСИФІКАЦІЇ ТЕКСТОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ.....	279
А.В. Федухин, Н.В. Сеспедес Гарсія, Ар.А. Муха МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ КВАЗИМОСТИКОВОЙ СТРУКТУРЫ .....	282
В.А. Ященко МИРОВЫЕ ПРОЕКТЫ ПО СОЗДАНИЮ ИСКУССТВЕННОГО МОЗГА .....	288

И.И. Горбань ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И ТЕОРИЯ ГИПЕРСЛУЧАЙНЫХ ЯВЛЕНИЙ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ .....	292
В. А. Тертышный, И. В. Шевченко МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОИСКА .....	296
В.Н. Томашевский, И.В. Стеценко, Т.З. Фидаров КОНСТРУИРОВАНИЕ АНАЛИТИКО-ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ГАРАНТОСПОСОБНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ .....	299
О.А. Руденко, З.М. Руденко, Н.М. Ревуцька ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ НА РАННІХ ЕТАПАХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ .....	304
І.А. Жирякова, С.В. Голуб БАЗА МОДЕЛЬНИХ ЗНАТЬ ЯК ЗАСІБ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ ОБ'ЄКТІВ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ .....	306
Пичугина О.С. ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ УПАКОВКИ ШАРОВ .....	310
І.В. Стеценко, О.Ю. Дифучина СКЛАДНІСТЬ АЛГОРИТМУ РОЗРОБКИ МОДЕЛІ ДИСКРЕТНО-ПОДІЙНОЇ СИСТЕМИ В СЕРЕДОВИЩІ ВІЗУАЛЬНОГО ПРОГРАМУВАННЯ.....	312
Ю.І. Рудяков, В.М. Томашевський НЕЧІТКЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЙОВОГО ІНТЕЛЕКТУ В РОЗПОДІЛЕНІЙ ЕНЕРГОСИСТЕМІ.....	316
Е.П. Ильина ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ СИСТЕМЫ РЕШЕНИЙ ОРГАНИЗАЦИИ.....	319

С.В. Зайцев, Б.В. Горлинський МОДИФІКОВАНИЙ МЕТОД ДЕКОДУВАННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ТУРБО КОДІВ .....	324
П. С. Давиденко ВИКОРИСТАННЯ МЕРЕЖ ПЕТРІ ДЛЯ ОЦІНКИ РИЗИКУ ВРАЗЛИВОСТЕЙ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ .....	327
А.М. Хошаба ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ.....	331
М.В. Лапа, А.О. Кислицын ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ .....	335
А.І. Вавіленкова ВИЯВЛЕННЯ ЗМІСТОВНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У ТЕКСТОВИХ ФРАГМЕНТАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛОГІКО-ЛІНГВІСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.....	338
Е. Borodina, А. Kikot INTRODUCTION TO EDUCATIONAL DATA MINING .....	340
А.Л. Ляхов, Е.А. Бородина ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАСТУПЛЕНИЯ СОБЫТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ .....	342
В.М. Романчук ОБРОБКА МУЛЬТИМЕДІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ НАДВЕЛИКИХ МАСИВІВ ІНФОРМАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ NVIDIA CUDA .....	346
І.С. Скітер, І.А. Бурмака ПРОЕКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ВТОРГНЕНЬ НА ОСНОВІ UML ДІАГРАМИ .....	348
І.С. Скітер, Д.О.Горошко, Е.П.Сідін ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІЇ ФУРЬЄ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ МЕРЕЖЕВИХ АНОМАЛІЙ .....	351

І.С. Скітер, Ю.О. Сергієнко, О.В. Пронько, АЛГОРИТМ ЧИСЕЛЬНОЇ ОЦІНКИ ТЕМАТИЧНОЇ НАБЛИЖЕНОСТІ ДОКУМЕНТУ ДО ЗРАЗКА.....	355
Салапатов В.І. ОСОБЛИВОСТІ ОПИСУ АВТОМАТНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ .....	357
Халимон А.Ю., Баклан І.В. ПРОЦЕДУРА АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛІНГВІСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.....	360
В.П. Горобюк АНАЛІЗ ПОТОКУ ВИМОГ ПРИ ОБРОБЦІ ІНФОРМАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОЮ СИСТЕМОЮ .....	364
О.І.Федюшин ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ПРОГРАМ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ .....	367
Iryna Valchenko ANALYSIS OF METHODS FOR CONVERTING SPATIAL OBJECTS TO THE REGULAR-CELLULAR REPRESENTATION USING POSTGIS .....	371
О.Е. Житник РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ К-СЕРЕДНІХ.....	374
В.В. Казимир, А.С. Посадська, Д.М. Сиса МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛЕНОЇ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ У ХМАРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ OPENSTACK.....	376
И.В.Богдан НЕПРОТИВОРЕЧИВОСТЬ И СОГЛАСОВАННОСТЬ ВНУТРИ МОДЕЛИ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ .....	379

Я.Ю. Грушак РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ МЕРЕЖЕВИХ АТАК .....	383
О.В. Трунова, М.М. Войцеховська МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ СФОРМОВАНOSTІ КОМПЕТЕНЦІЙ ІТ-ФАХІВЦЯ.....	386
Lois Facchetti, Alexander Makarenko CELLULAR AUTOMATA ‘GAME OF LIFE’ WITH NON-REGULAR NEIGHBORS.....	388
Казимир В.В., Пріла О.А., Крищенко М.С. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПОБУДОВИ ВІРТУАЛЬНОГО ОТОЧЕННЯ ДЛЯ ГРІД-ЗАСТОСУВАНЬ .....	392
Дорош М.С. КОНВЕРГЕНЦІЯ ВИМОГ УЧАСНИКІВ ПРОЕКТУ В МЕТОДОЛОГІЇ AGILE .....	395
О.О. Дружинін ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДОКУМЕНТІВ.....	397
А.М. Нагірна ОПТИМІЗАЦІЯ КВАДРАТИЧНОЇ ФУНКЦІЇ НА МНОЖИНІ СПОЛУЧЕНЬ.....	399
Пархоменко Б., Мищенко М. SYRADAR – СИСТЕМА ПО ІДЕНТИФІКАЦІЇ І УСТРАНЕННЮ КИБЕРАТАК. ЇЇ НАЗНАЧЕННЯ І СПЕЦИФИКА РАЗРАБОТКИ.....	401
В.В. Казимир, В.В. Супрун МОДЕЛЬНО-ОРІЄНТОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ РОЗГОРТАННЯ ПРІКЛАДНИХ ПРОГРАМ НА БАЗІ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ.....	403
Литвинов В.В., Посадська І.С. ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ СТРУКТУРИЗАЦІЇ КОНТЕНТУ ТА КОНТРОЛЬНИХ ТЕСТІВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО НАВЧАННЯ.....	406

В.В. Казимир, А.Ю. Солдатов ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВЗАЄМОДІЇ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ З ВІРТУАЛЬНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ .....	409
А. О. Mokrohuz MINIMAL HTTP HEADER CONFIGURATION FOR HTTP TRAFFIC OPTIMIZATION .....	411
О.М. Гайтан, А.С. Кікоть ДВОХФАКТОРНА АУТЕНТИФІКАЦІЯ КОРИСТУВАЧА КОМП'ЮТЕРНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ ЗА ДАНИМИ КЛАВІАТУРНОГО ПОЧЕРКУ .....	413
О. Л. Ляхов, М. А. Мельник СТИСНЕННЯ ТЕКСТУ ЯК ЕТАП ПІДГОТОВКИ ДО АНАЛІЗУ .....	416
Ю.С.Ямненко, Є.О. Желязков ДИСКРЕТНІ СПЕКТРАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ УОЛША ТА АДАМАРА ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ СИСТЕМ РОЗШИРЕННЯ СПЕКТРУ .....	420
О.Л. Ляхов, Н.А. Фурсова АЛГОРИТМ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДЛЯ DATA MINING.....	425
А.О.Радченко ВИКОРИСТАННЯ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ НОМЕРІВ НА ПРАКТИЦІ.....	428
В.І. Гур'єв, І.В.Фірсова МОДЕЛЮВАННЯ ДВОЇСТОЇ ЗАДАЧІ ЗА ДОПОМОГОЮ Mathcad.....	432
М.О. Цирулін СИСТЕМА ЕЛЕКТРОННОЇ РЕЄСТРАЦІЇ ДЛЯ ОТРИМАННЯ МЕДИЧНИХ ПОСЛУГ «НІЖИН МЕДИЧНИЙ».....	436
Г.Д. Тулайдан ОСОБЛИВОСТІ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ В УМОВАХ МЕРЕЖЕВИХ КІБЕРАТАК (ХАКЕРСЬКИХ АТАК).....	432



УДК 519.682 + 531.6 + 519.7

## **О НИКОЛАЕ ГУРЬЕВИЧЕ ЧЕТАЕВЕ, УЧЕНОМ, ПЕДАГОГЕ И ЧЕЛОВЕКЕ.**

К.Е. Якимова, Г.Б. Ефимов, М.В. Ефимова

*Мехмат Московского Государственного университета им. М.В. Ломоносова,*

*Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН,*

*Государственная Академия управления, Москва, Россия*

В этом году исполняется 115 лет со дня рождения Николая Гурьевича Четаева (1902-1959) – большого ученого и замечательного человека. Основателя школы теории устойчивости движения и аналитической механики в нашей стране. Краткий обзор жизненного и творческого пути Николая Гурьевича, широко использует работы, приуроченные к его столетнему юбилею [1, 2], и включает воспоминаниям о нем, ведь остались не так уж много людей, тесно общавшихся с ним. Николай Гурьевич прожил немного более пятидесяти лет – половину XX века, полного грандиозных открытий в жизни человечества, и суровых испытаний: революций, войн.

При всех трудностях века, большая часть интеллигенции страны, включилась в строительство государства, стала интеллектуальной опорой развития общества, без нее просто не могло бы вестись хозяйство [3]. Отнеся образ Д. Гранина «Зубр» к ярким личностям из интеллигенции, можно сказать, что на новый строй стала работать их блестящая плеяда: Вернадский, Павлов, Капица, отец и сын Потоны, Боголюбов, Лаврентьев, Глушко и много других. Успехи страны отражают успехи Зубров и труд народа. Четаев принадлежал к этой плеяде.

Родился он 6 декабря, 1902 года, в селе Карадули Казанской губернии в семье сельского священника Гурия Ивановича и Веры Всеволодовны Четаевых. Духовенство в России было особым сословием, наследственным, тесно связанным с наукой: “Даже в конце XIX века почти все наши ученые были из духовного звания или иностранцы”, – писали историки. Получали они бесплатное образование в духовных школах и семинариях – основательное, после которого, как вспоминал Ключевский, в университете учиться было легко. В советские времена, в годы богоборчества, семью Четаевых не минули испытания, выпадавшие на долю “духовных” – лишение гражданских прав, дискриминации. Но он смог окончить школу и поступить в Казанский университет.

В 1924 году, по окончании университета, Четаев женится на Марии Ждановой (умершей в 36 году от туберкулеза), у них был сын Дмитрий. В 26 году он был принят в аспирантуру к профессору Д.Н. Зейлигеру и

за годы аспирантуры выполняет ряд серьезных исследований. Они связаны с именами А.М. Ляпунова, на труды которого указал ему академик В.А. Стеклов, и А. Пуанкаре, которого он взял себе за образец и работы которого им были изучены досконально. Эти два имени проходят через все творчество Николая Гурьевича.

По окончании аспирантуры ему была предоставлена на год командировка в Гёттинген для работы в аэродинамической школе Л. Прандтля. Шел 1929 год, шла коллективизация в деревне и борьба с церковью. Отец Николая Гурьевича, после закрытия церкви стал чернорабочим. Накануне командировки Четаева в «Красной Татарии» обсуждалось: зачем за границу посылают “поповича”, который “названивает на колокольне, лично крестил своего ребенка в церкви?” Профессор Д. Зейлигер ответил: “Гов. Четаев за 3 года аспирантства выполнил 9 исследований... 4 из них опубликованы в ”Записках” 2 Академий наук, Всесоюзной и Парижской”. После командировки Четаев становится доцентом и профессором Казанского университета, организует в 1930 году в университете аэродинамическое отделение, на базе которого в 1932 году организуется Казанский авиационный институт. Он читал в нем ряд курсов, был зам. директора КАИ по научной и учебной части. Организует научный семинар, из которого образовалась широко известная казанская школа по устойчивости движения.

В 40-м году по инициативе академиков Л.С. Лейбензона и С.А. Чаплыгина Четаев переводится в Москву, заведомом общей механики Института Механики АН и профессором мехмата МГУ. С началом Великой отечественной войны он снова оказывается в Казани, куда были эвакуированы Институты Академии, изучает вопросы устойчивости траектории снарядов, мин, самолета при посадке с учетом дефектов посадочной площадки. Как “свой человек” в Казани, многим помогал. В 1943 году Четаева избирают член-корреспондентом АН. С 1945 по 1953 годы он был директором Института механики. В это время Четаев поддерживает тесную связь с научными школами, которые возникли вследствие отъезда из Казани и многих ведущих членов Казанской школы, создавших научные коллективы и школы в разных краях страны: в МАИ, Свердловске, Алма-Ате, в Минск и продолжив работу школы в Казани. Четаевский семинар в ИМехе объединял работы по устойчивости движения и аналитической механике. Так, на нем А.А. Ишлинский представлял свою книгу “Теория гироскопов”.

Много сил Четаев отдавал работе в Московском университете. Когда в 1933 году был из физмата выделен мехмат, по механике было организовано кафедры: теоретической механики (А.И. Некрасов), теории

упругости (Н.Н. Бухгольц), гидродинамики (Л.С. Лейбензон), аэродинамики (В.В. Голубев). По ходатайству Некрасова в 44 г. профессором его кафедры зачисляется Николай Гурьевич. Кроме основного курса он регулярно читал спецкурс “Устойчивость движения”, на основе которого была написана известная монография. Она стала “настойной книгой инженеров и ученых, работающих в области устойчивости, а также учебником для вузов, ... в настоящее время теория устойчивости стала мощным средством решения важных задач техники и получила столько широкое распространение”. В 1951 году он начал читать курс для механиков (до того читал математикам, – считали, что его курс недостаточно прикладной). На этом курсе учились В.В.°Белецкий, Е.А.°Девянин, И.В.°Новожилов, Е.А.°Гребенников, М.Л.°Лидов, – ставшие крупными учеными-механиками. В курс вошли основные теоремы устойчивости по Ляпунову, движение твердого тела с включением частных случаев интегрируемости, подробно излагались вариационные принципы механики. Многие из этого в обычный курс ранее не включались. Так возникает современный университетский курс классической и аналитической механики.

Конец 40-х и начало 50-х годов в СССР были трудными: и для страны и для науки. По аналогии с генетикой (Лысенко, 48 г.), происходили разносы в физиологии и в органической химии (50 г.), кибернетика была объявлена лженаукой, готовился разгром физики, не состоявшийся благодаря И.В. Курчатову (сообщившему Берии и Сталину, что без квантовой механики и теории относительности бомбу сделать нельзя). В этой обстановке Николай Гурьевич, будучи директором Института механики, вел себя всегда независимо и достойно. Так, по окончании собрания на факультете по обсуждению сессии ВАСХНИЛ (дававшего “рекомендации”), на вопрос своего аспиранта: “Как ко всему этому нужно относиться?”, Четаев просто изложил ему теорию Менделя, пока они шли от здания МГУ на Моховой до Ленинского проспекта 13, где он жил. (Выводы делай сам). Как редактор журнала “Прикладная математика и механика”, он требовал, чтобы были необходимые ссылки на иностранные источники (вопреки запрету “борьбы с космополитизмом”). В списках литературы для аспирантских экзаменов обязательно были труды Пуанкаре, Уиттекера, Эйнштейна, Аппеля и других. Когда умер Эйнштейн, Четаев на семинаре попросил почтить его память вставанием. В то время это было смелые поступки.

В декабре 1953 года Николай Гурьевич подал заявление об уходе с поста директора Института по собственному желанию. Как рассказывал В.В. Румянцев, причиной этого были действия спецотдела, связанные с возросшей к тому времени засекреченностью некоторых научных тем;

он почувствовал, что его стараются от этих тематик отодвинуть. Появилась железная дверь, за которую он не мог попасть. После ухода Николая Гурьевича с должности директора институт стал чахнуть, менялись директора – в результате его расформировали.

В 1957 году Четаев становится заведующим кафедрой теоретической механики. Этот предмет часто преподавали тогда не специалисты – аэромеханики, прочнисты. Ведь механическое отделение мехмата создавалось как кузница кадров для авиационной науки, прежде всего. Четаев настаивал на том, что необходимо готовить специально кадры по теоретической механике. По новой космической тематике он привлекает на кафедру молодых энтузиастов: В.А. Егорова, В.А. Сарычева, Т.М. Энеева. Накануне своей кончины добивается зачисления Д.Е. Охоцимского, который с 1962 года он возглавит кафедру, а в 1960 г. будет избран членом-корреспондентом АН. Николай Гурьевич заведовал кафедрой теоретической механики недолго. Но он сумел заложить фундамент, на котором существует до сих пор кафедра, взрастившая целое сообщество прекрасных педагогов и ученых.

Научная деятельность Н.Г. Четаева, его вклад в развитие науки и образования были высоко оценены: он был избран членом-корреспондентом АН СССР, членом Артиллерийской Академии, получил звание заслуженного деятеля науки Татарской АССР. Награжден орденами Ленина и Трудового Красного Знамени, удостоен Ленинской премии за цикл работ по аналитической механике и устойчивости движения (посмертно).

Везде, где работал Николай Гурьевич (КГУ, КАИ, МАИ, ИМех, МГУ) его созидательная научная, педагогическая и организационная деятельность и духовое влияние оставляли неизгладимый след в судьбах людей: учеников, членов его научных школ и школ, производных от них, последователей его творческого наследия, ученых, воспитанных на его научных результатах и традициях, благородных людей, работающих для науки.

Несколько слов о нем как о человеке. В 1940 году перед отъездом в Москву Николай Гурьевич женился на Вере Александровне Самойловой, дочери известного казанского физиолога А.Ф. Самойлова. Они воспитали двух сыновей – Дмитрия (от первого брака) и Александра. Жили на Сивцевом Вражке, с родственниками в тесноте, пока Николай Гурьевич, как директор Института, получил отдельную квартиру. Вера Александровна была старшим метеорологом Главсевморпути, участвовала в экспедициях по Ледовитому океану, ее сводки погоды давали “добро” полетам на Северный полюс. За участие в Челюскинской эпопее она была награждена орденом Трудового Красного Знамени, о ней

была большая статья в центральной газете с фотографиями ее и О.Ю. Шмидта с Водопьяновым, которых тогда знала вся страна. Для Николая Гурьевича она была опорой и другом. После его смерти она сохранила весь архив. На материалах архива было издано собрания трудов Н.Г. Четаева, удостоенное Ленинской премии и курс лекций по теоретической механике (1987 г.).

Летом 1959 года Николая Гурьевича участвовал в байдарочном походе с сыном Сашей и его другом на двух байдарках по Десне от Брянска до Киева. Меня взяли для компании. Десна была выбрана из-за сомов, привлекавших Николая Гурьевича как увлеченного рыбака. Ловил он их ночью, днем спал на адмиральском посту в носу байдарки. На Преображение мы прибыли в Чернигов, были на службе в соборе, еще домонгольском. По выходе из него слушали пение слепцов-нищих “О Лазаре”, как во времена Гоголя. В Киеве посетили Киево-Печерскую лавру, тогда еще не закрытую. Жили у Богомольцев, семьи А.А.Богомольца, друзей Самойловых.

Смерть Николая Гурьевича всех ошеломила, он умер внезапно в троллейбусе по дороге домой от инфаркта. Но имя его не забыто. С 1962 года каждые пять лет собираются Четаевские конференции. Удалось так быстро ее организовать благодаря уважению к нему, усилиям учеников и Вере Александровне. Со дня смерти Николая Гурьевича прошло почти шестьдесят лет, в Казани его имя носит улица. Но главное, – его школа устойчивости движения и аналитической механики живет в трудах его учеников, научных внуков и правнуков.

### **Литература**

1. Скимель В.Н. Николай Гурьевич Четаев. – Казань: Изд-во КГТУ. 2002. 106 с.
2. Якимова К.Е., Садовая Е.В. Заметки о Н.Г. Четаеве: даты, документы, комментарии // Теоретическая механика. Сборник научно-методических статей. В. 25. – М.: Изд-во МГУ. 2004, с. 186-196.
3. Б.В. Раушенбах, Т.М. Энеев. Памяти академика Г.И. Петрова. // По кн.: Р. Бегиева-Кучемезова. «Свет звезды и свечи» к 90-летию со дня рождения Т.М. Энеева. – М.: ИПМ им. М.В. Келдыша. 2015. С. 156. // [Электронный ресурс] URL: <http://keldysh.ru/e-biblio/eneev/>.



**СЕКЦІЯ 1**  
**СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА**  
**ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ**  
**В ЕКОЛОГІЇ**

## **КОМПЛЕКС КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ТА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ОЦІНКИ АТМОСФЕРНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВІД СХОВИЩ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ**

О.В.Халченков, І.В.Ковалець

*Інститут проблем математичних машин та систем*

**Вступ.** Станом на сьогодні в Україні присутній широкий ряд джерел техногенного радіоактивного забруднення. Зокрема це відвали пустих порід при діючих та закритих родовищах та відходи переробки уранової руди. При переробці уранової руди дістається лише близько 15% радіоактивної породи, вся інша частина переходить у відвали хвостів, що без належних умов зберігання є постійно діючими джерелами викидів небезпечних радіоактивних речовин в атмосферне повітря, що створюють загрозу для життя та здоров'я різних груп населення.

Основними шляхами техногенного радіоактивного забруднення є виділення радону з хвостів та відвалів руди, підйом радіоактивного аерозолу у складі частинок пилу, та різноманітні аварійні викиди забруднення. Моделювання атмосферного забруднення від об'єктів зберігання радіоактивних відходів характеризується широким діапазоном масштабів атмосферних процесів, що представляють інтерес для дослідження (від декількох метрів до сотень кілометрів), просторовою протяжністю джерел забруднення та іншими характерними особливостями. Все це призводить до того, що комплексне і всебічне дослідження атмосферних забруднень від сховищ радіоактивних відходів вимагає використання ряду розрахункових комп'ютерних моделей та програмних засобів, що включають у себе сучасні комплексні нестационарні регіональні системи моделювання якості повітря, скрінінгові моделі атмосферного переносу, та гідродинамічні (CFD) моделі для отримання прямого рішення рівнянь гідродинаміки.

У даній роботі наведені основні програмні засоби та комп'ютерні моделі створеної обчислювальної технології, що дозволяє врахувати характерні особливості сховищ радіоактивних відходів та отримати адекватні оцінки концентрації забруднення у повітрі з врахуванням просторової неоднорідності джерел. Також наведені приклади застосування обчислювальної технології для оцінки атмосферного забруднення у околі Придніпровського Хімічного заводу (ПХЗ).

**Загальна структура моделювання атмосферного забруднення.** Моделювання атмосферного забруднення складається з таких основних етапів:



## 1. Підготовка вхідних даних

1.1 Підготовка геофізичних даних (оцінка характеристик підстилаючої поверхні, побудова розрахункової сітки; прив'язка географічних об'єктів, та ін.)

1.2 Підготовка метеорологічних даних (виміри наземних метеостанцій, виміри радіозондів, тривимірні поля мезомасштабних метеорологічних моделей, та ін.);

1.3 Підготовка інформації про джерело забруднення (параметризація джерела та оцінка його інтенсивності, географічна прив'язка джерела, апроксимація просторової конфігурації джерела, та ін.)

## 2. Моделювання переносу атмосферного забруднення

2.1 Скрінінгова оцінка масштабів забруднення (з використанням простих Гаусових моделей);

2.2 Детальне моделювання з використанням складних сучасних моделей (CALPUFF, OpenFoam, та ін.);

2.3 Внесення поточних моніторингових даних та ітераційне покращення якості моделювання;

## 3. Статистична обробка результатів та їх візуалізація.

**Використання моделі Calpuff для моделювання розповсюдження радону та радіоактивних аерозолів.** Для детального моделювання розповсюдження радону та радіоактивних аерозолів була використана Ейлерово-Лагранжева регіональна система оцінювання якості повітря Calpuff. Ця модель здатна описувати вплив нестационарних та неоднорідних метеорологічних умов, може застосовуватися в умовах складної топографії та в масштабах процесів від 0.1-1000 км, а також дозволяє враховувати радіоактивний розпад ізотопів та сухе і вологе випадіння забруднювачів.

Для підготовки топографічних даних був використаний глобальний набір SRTM з розрішенням 3 секунди, для визначення категорій землекористування використовувався глобальний набір Modis з розрішенням 15 секунд. Діагностичний розрахунок виконувався з використанням даних наземних метеостанцій та висотних полів отриманих з фінального аналізу моделі GFS. Для прогностичного моделювання модель налаштована для використання тривимірних прогностичних метеорологічних полів отриманих за допомогою мезомасштабної метеорологічної моделі WRF.

Для моделювання розповсюдження радону була використана наявна інформація про покриття та інші особливості поверхні. Це дозволило поділити територію ПХЗ на ділянки таким чином, що емісію радону в

межах кожної ділянки можна вважати близькою до постійної та однорідної. Емісія радону у межах кожної ділянки визначалася шляхом статистичної обробки результатів вимірювання емісії. Додатково для врахування впливу невиявлених джерел, при моделюванні було використане фонове значення емісії, що задавалося однаковим для всієї території заводу. Деталі моделювання та результати представлені в [1]

Для моделювання розповсюдження аерозолу, була використана параметризація [2] з внесенням поправок для врахування впливу підсітчастих об'єктів та типу покриття. Остаточна формула для джерела виглядала таким чином:

$$F_q = 3.6 \cdot (u_*)^3 \cdot C_s \cdot (1 - CLF) \cdot (1 - CF). \quad (1)$$

Де  $u_*$  - динамічна швидкість вітру (м/с),  $C_s$  - концентрація радіонукліду,  $CLF$  - коефіцієнт рівний частині джерела без емісії,  $CF$  - коефіцієнт для врахування типу поверхні. Деталі моделювання та результати представлені в [3]

**Використання моделі OpenFoam для оцінки впливу забруднених будівель на на прилеглі території.** Для врахування детальної геометрії будівель була розроблена нестационарна гідродинамічна модель реалізована в програмному комплексі OpenFoam,. Для побудови розрахункової сітки та її географічної прив'язки була використана програма GMSH та ряд розроблених програмних засобів [4]. Для діагностичного розрахунку були використані дані наземної метеорологічної станції. Джерело забруднення задавалося у вигляді:

$$F = \beta \cdot u_{\parallel} + \alpha \cdot u_{\perp}. \quad (2)$$

Де  $u_{\parallel}$  і  $u_{\perp}$  - відповідно паралельна та ортогональна компонента швидкості вітру,  $\beta = 0.3$ ,  $\alpha = 0.6$ . Використання вказаної параметризації джерела призводить до наявності подібності поля швидкості відносно незбуреної швидкості вітру. Тобто концентрації залежать виключно від напрямку вітру, але не залежать від швидкості вітру, що дозволяє значно скоротити час розрахунку середньорічних концентрацій. Деталі та результати моделювання представлені в [5]

**Висновки** Розроблена обчислювальна технологія оцінки концентрацій атмосферних забруднень внаслідок викидів радіоактивних відходів з використанням скрінінгової моделі, регіональної нестационарної моделі атмосферного переносу Calpuff, та з використанням гідродинамічної моделі розробленої в програмному комплексі OpenFoam. Створені інструменти для побудови координатно-прив'язаної неструктурованої

розрахункової сітки та сітки елементарних площинних джерел. Розроблена технологія дозволяє врахувати вплив просторової та часової неоднорідності джерел, а також проводити детальний аналіз забруднення у міській місцевості.

Реалізація скрінінгової атмосферної моделі в інформаційній системі Ecologo [6] дозволила підвищити точність дозових оцінок, також частина напрацювань даної роботи була використана при створенні системи «Повітря» для оперативного розрахунку зон уражень внаслідок катастроф техногенного характеру.

### **Література**

1 I. Kovalets, C. Asker, A. Khalchenkov, C. Persson, T. Lavrova (2017) Atmospheric dispersion of radon around the uranium mill tailings of the former Pridneprovsky Chemical Plant in Ukraine, 2017, Journal of Environmental Radioactivity, t172, pp. 173-190, doi: 10.1016/j.jenvrad.2017.03.025

2 Loosmore G. A., Hunt J.R. Dust resuspension without saltation // Journal of geophysical research, 105 (D16) – 2000 – P. 20663–20672.

3 А. В. Халченков , И. В. Ковалец , Т. В. Лаврова , С. В. Тодосиенко Моделирование атмосферного переноса радионуклидов в составе частиц пыли в окрестностях объектов хранения радиоактивных отходов // Проблемы безопасности атомных электростанций і чернобиля – 2016 вип.27 С. 19-29

4 А.В. Халченков, Создание расчетной сетки для экологических моделей на основе свободно доступных ГИС-данных. // Математические машины и системы – 2016. – №2. – С. 109 – 116.

5 А.В. Халченков, И.В. Ковалец, Использование вычислительной гидродинамической модели OpenFoam для оценки влияния загрязненных зданий на прилегающие территории // Математические машины и системы – 2014. – №2. – С. 97 – 104.

Халченков А.В. Создание расчетной сетки для экологических моделей на основе свободно доступных ГИС-данных. / А.В. Халченков // Математические машины и системы – 2016. – №2. – С. 109 – 116.

**WEB-BASED SOFTWARE SYSTEM ‘POVITRYA’ OF  
OPERATIONAL ATMOSPHERIC POLLUTION FORECASTING IN  
UKRAINE FOLLOWING TECHNOGENIC ACCIDENTS**

I.V. Kovalets , S.Y. Maistrenko, A.V. Khalchenkov , T.A. Zagreba, K.V.  
Khurtsilava , S.N. Anulich , V.P. Bespalov , O.I. Udovenko  
*Institute of Mathematical Machines and Systems Problems, Ukraine*

Introduction.

In Ukraine there does not exist operational systems which allow for forecasting and assessment of consequences of large amount of airborne releases into the atmosphere following heavy technological accidents. Applicability of the existing and officially approved methodologies by the State Emergency Service of Ukraine (SESU) and by the Ministry of Defence of Ukraine [1,2] is first of all restricted to the short duration releases, when constant meteorological conditions could be applied. Secondly even those simplified methodologies were not implemented in software products to experts from SESU responsible for emergency response. The exception was the EU nuclear emergency response system RODOS (<https://resy5.iket.kit.edu> ) which was recently implemented in Ukraine with the support from EU for emergency response in case of nuclear emergencies at the Ukrainian nuclear power plants [3]. For the assessments of air pollution following release of non-radioactive airborne pollutants systems similar to RODOS were developed in the world. The widely known examples are ARGOS [4] and NARAC (<https://narc.llnl.gov>) systems. However firstly those systems are commercial and secondly they are mostly desktop applications (similar to RODOS). This makes it difficult to render access to such system to the wide range of experts which could be interested in performing calculations in case of emergency. The web-based systems for operational forecasting of chemical's dispersion following accidents were recently developed in some works e.g. [5]. However it is reasonable to develop in Ukraine it's own system in which contemporary models are available together with those officially approved in Ukraine and which utilizes numerical weather prediction (NWP) data covering Ukraine. Therefore the goal of present work was to develop web-based system (hereafter refereed 'Povitrya' system) for forecasting of airborne pollution and consequences following technological accidents which is based exclusively on freely available software tools (GIS, database, models) and which implement from the one side simplified (screening) models officially approved in Ukraine and from another side – contemporary atmospheric dispersion models which perform calculations using numerical weather prediction (NWP)

data. This work is continuation of previous work in which only part of that 'Povitrya' system had been developed based on screening models.

Overview the development environment of the 'Povitrya' system.

Since in Ukraine there are officially approved screening models for the assessment of affected regions following accidental air pollution [1,2], those models are integrated in 'Povitrya' system as option for quick assessment of the affected regions. However if the release is of long duration (>1 hour) and if the distances to maximum concentrations are likely to be beyond 10-20 km, usage of those officially approved screening models may lead to unrealistic results. Therefore as a second option there is possibility to calculate regional scale atmospheric dispersion using CALPUFF model and data of numerical weather prediction system operating in Ukrainian Hydrometeorological Center (UHMC).

The system 'Povitrya' is implemented on the basis of using WEB-technologies. The system is developed using free software (JavaScript, PHP, DBMS, PostgreSQL, Leaflet, Turf, OpenStreetMap).

Simulation subsystem based on screening models

This part of the 'Povitrya' system is based on implementation of screening models [1, 2].

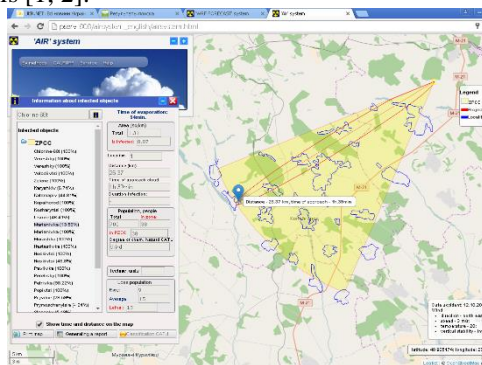


Fig. 4. Results of the screening ME model.

Forecasting subsystem based on regional-scale atmospheric dispersion models and numerical weather prediction

In case of long lasting releases and dispersion beyond 10-20 km it may be important to account for temporal variations in meteorological data and dispersion conditions. Realistic dispersion patterns could be obtained by application of the contemporary atmospheric transport models such as CALPUFF/CALMET model chain [6] and using data of numerical weather prediction systems (<http://wrf-model.org/>).

The 'Povitrya' system visualizes the results of calculations on the map. All calculations are stored in the system.

The simulated results for the hypothetical scenario of 68 tons chlorine release is shown in Fig. 1.

CALMET diagnostic meteorological model is responsible for the interaction of the CALPUFF atmospheric dispersion model and numerical weather prediction model. The system supports calculation of atmospheric dispersion from multiple sources.

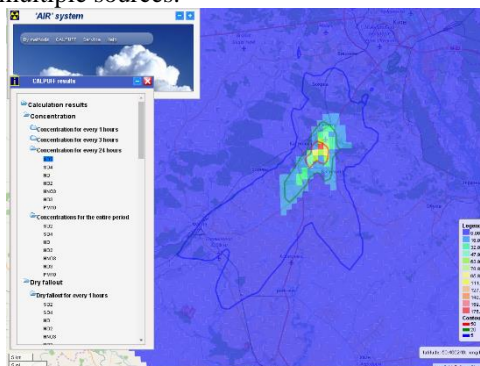


Fig.2. Calculated maximum daily concentrations of SO<sub>2</sub> in air (upper, ug/m<sup>3</sup>)

In 'Povitrya' system CALMET reads prognostic meteorological data calculated by WRF using the CALWRF utility and prepares input data for the CALPUFF model.

Fig.7 demonstrates calculated maximum daily concentrations in air of SO<sub>2</sub>.

#### 4. Conclusions.

In this work the information technology was created for forecasting of atmospheric transport of pollutants following accidents with emissions of hazardous matter, which is based on the integration of emission scenarios, atmospheric transport models of the different levels of complexity (from the highly simplified screening models to contemporary model CALPUFF), weather forecasting tools, GIS and Web-based technologies. A pilot version of the web-based software and simulation system for analysis and forecasting of air pollution in Ukraine due to technological disasters 'Povitrya' was created in which only freely available software tools (GIS, database, models) were used. The 'Povitrya' system consists of two subsystems: the first subsystem is based on highly simplified screening models officially recommended in Ukraine. For the case of regional-scale dispersion problems and long lasting releases the second subsystem was developed in which atmospheric dispersion model CALPUFF is integrated within the system, working with the data of WRF-Ukraine numerical weather prediction system. The simplified version of the 'Povitrya' system (subsystem based on screening models) was configured and installed for operative functioning of the Ukrainian Scientific Research Institute of Civil Protection DSNS of Ukraine. It is also available through Internet (<http://env.kiev.ua:88>).

The functional capabilities of the system were demonstrated by simulating the published in literature hypothetical dispersion scenario with chlorine release for which the screening models of the 'Povitrya' system produced

results comparable to other published models. The capabilities of the system were also demonstrated by simulation of air pollution following fire at oil storage facility in Vasylkiv in June 2015. The calculated airborne pollution and deposition pattern was complex due to spatial and temporal variability of meteorological fields which is possible to take into account only using contemporary dispersion models combined with NWP data. According to results of simulations the calculated concentrations of sulfur dioxide during fires reach values 5 ug/m<sup>3</sup> at distances up to 40 km from fire. In conclusion wide implementation of the 'Povitrya' system in Ukraine must increase efficiency of emergency response in case of technological accidents.

## References

1. Ministry of Emergencies of Ukraine. Method of forecasting of consequences of releases of toxic substances following accidents at industrial facilities and transport. Registered in Ministry of Justice of Ukraine 10 April 2001 за N326/5517. Available online: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0326-01>.
2. Ministry of Defense of USSR. Method of assessment of chemical situation following accidents at facilities containing toxic substances. M., 1989 [in Ukrainian].
3. Zheleznyak M.I., Kovalets I.V., Raskob W., Ievdin I. (2016) Project of adaptation of the JRODOS system for the Chernobyl Exclusion Zone. Proc. of the 1st Int. Conf. on "Nuclear Decommissioning and Environment Recovery" INUDECO 2016 (Slavutich, Ukraine, 25-27 April 2016). – 48-56 [in Ukrainian].
4. Hoe S., Schou-Jensen L., Pehrsson J. [et al.]. ARGOS CBRN information system for emergency management. Version 08. – Denmark, Brøndby: Prolog Developer Center, 2010. – 33 p. Available online: [www.pdc.dk/argos/](http://www.pdc.dk/argos/).
5. Kukkonen J. , Nikmo J. , Riikonen K. An improved version of the consequence analysis model for chemical emergencies, ESCAPE. *Atmospheric Environment*, 2017. 150: 198-209.
6. Scire J.S. Strimaitis D.G., Yamartino R.J. (1998) A user's guide for the CALPUFF dispersion model (Version 5), 1998, Earth Tech. Inc., Concord,, MA Available online: <http://www.src.com/calpuff/calpuff1.htm>.

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ГЛИБИНИ ЗАЛЯГАННЯ УЩІЛЬНЕНОГО ШАРУ ҐРУНТУ РАДІОФІЗИЧНИМ МЕТОДОМ

В. Г. Мироненко, Б.О. Антипчук

*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»*

Подальше підвищення ефективності рослинництва можливе за рахунок оперативного та ціленаправленого керування якістю виконання технологічних операцій, у тому числі і розушільненням ґрунту.

Загальний алгоритм забезпечення ефективного управління робочим процесом розушільнення ґрунту (рис.) передбачає оперативне визначення глибини залягання ущільненого шару ґрунту, порівняння визначеного значення глибини залягання ущільненого ґрунту з дійсним значенням глибини заглиблення робочого органу ґрунторозпушувача, формування управляючого сигналу на зміну глибини ходу робочого органу та зміну її в ручному або автоматичному режимі.

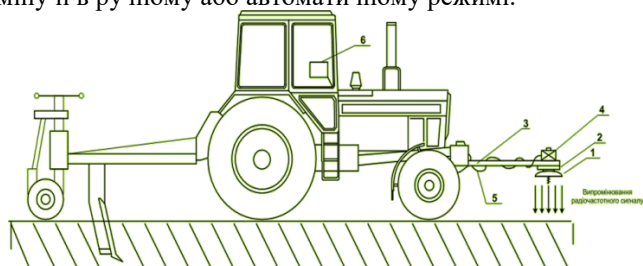


Рисунок – Схема МТА з автоматизованою системою ґрунторозпушування: 1 – первинний перетворювач глибини залягання плужної підшви; 2 – радіоприймально-передавальний пристрій; 3 – рама пристрою; 4 – датчик визначення твердості ґрунту (ультразвуковий датчик-перетворювач); 5 – система кабелів живлення та передачі інформації; 6 – блок індикації та керування.

Принцип роботи датчика глибини залягання ущільненого шару ґрунту (ультразвукового датчика-перетворювача) базується на вимірі проміжку часу з моменту випромінювання ультразвукового імпульсу до моменту його прийому після відбиття від ущільненого шару ґрунту. Із збільшенням щільності ґрунту зростає його діелектрична проникність, що провокує швидке відбиття радіохвилі. Це пояснюється тим, що під час ущільнення ґрунту вміст у ньому повітряної фази, яка має зовсім



малу діелектричну проникність, зменшується за рахунок зростання твердої фази з великою діелектричною проникністю [1,2].

Глибина залягання ущільненого шару ґрунту, що вимірюється датчиком, визначається за формулою:

$$H = \frac{ct}{2}, \quad (1)$$

де  $H$  – глибина залягання ущільненого шару ґрунту (м);  $c$  – швидкість розповсюдження звуку в ґрунті;  $t$  – час проходження сигналу від антени до ущільненого шару ґрунту і назад.

Швидкість розповсюдження звуку в твердому середовищі визначається за формулою:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (2)$$

де  $E$  – модуль пружності;  $\rho$  – щільність.

Більшість ґрунтів мають щільність від 1000 до 1500 кг/м<sup>3</sup>, а швидкість розповсюдження звуку в ґрунтах коливається в основному від 85 до 180 м/с.

Тривалість зондуючого імпульсу визначає роздільну здатність і протяжність мертвої зони по дальності. Для підвищення роздільної здатності і скорочення протяжності мертвої зони бажаним є короткий імпульс, але для підвищення відношення сигнал/перешкода потрібен зондуючий імпульс більшої тривалості. Тривалість зондуючого імпульсу знаходиться із співвідношення:

$$\frac{K_{zan}}{f_0} < J < \frac{2H_{max}}{2c}, \quad (3)$$

де  $K_{zan}$  – коефіцієнт, що визначає частоту заповнення імпульсу;  $H_{max}$  – максимальна глибина зондування;  $f_0$  – робоча частота.

Період проходження імпульсів формується таким чином, що до отримання відбитого з максимальної глибини сигналу повторне випромінювання не відбувається. Формула періоду зондуючого імпульсу така:

$$T \geq \frac{2H_{max}}{c}. \quad (4)$$

Розпушення ґрунту з оперативним визначенням глибини залягання найбільш ущільненого шару, що базується на застосуванні методу безперервного радіохвильового профілювання поля, забезпечує зменшення витрати палива до 20% та підвищення продуктивності машини приблизно на 9-10 % при збільшенні урожайності основних культур.

## Література

1. Распространение радиоволн / О. И. Яковлев, В. П. Якубов, В. П. Урядов, А. Г. Павельев; под. ред. О. И. Яковлева. – М. : ЛЕНАРД, 2009. – 496 с.
2. Сугак В. Г. и др. О противоречии данных подповерхностного зондирования теоретическим моделям диэлектрических характеристик пород грунта / В. Г. Сугак, А. В. Бондаренко, А. В. Сугак // Радиофизика и электроника. – 2012. – Т. 3(17). - № 1. – С. 19-29.

УДК 681.32:638

## СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ КОМПЛЕКСУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АЕС НА ПРИКЛАДІ ЧАЕС

А.А. Тимченко

*Черкаський державний технологічний університет, Україна*

В матеріалах доповіді розглядаються і розвиваються основні положення системного аналізу сукупності моделей атомної електричної станції відповідно до схеми:

<будова (сукупність елементів + структура)> → → <функціонування (сукупність сигналів + сукупність функцій елементів)> → <цілепокладання – технології матеріального, енергетичного та інформаційного використання>.

### **Коротка довідка по матеріалам Першої МНК INUDESCO–2016.**

Термін «Чорнобиль» розглядається в його широкому значенні, включаючи «духовний Чорнобиль», «фінансовий Чорнобиль», «економічний Чорнобиль» і т.п. (В.Г. Щербина, стор.38-48). І як завжди постають запитання: «Що і як відбулось?», «Хто винен?», «Що робити далі?». І як завжди – скільки людей, стільки і відповідей. Дійсно, проблема Чорнобилю – багатогранна та багатовимірна як в просторі так і в часі. Думається що і наступні конференції матимуть підставу для свого проведення [1].

Не на всі запитання отримано повноцінні відповіді, як від керівництва, експертів так і від спеціалістів. Відповіді можливо впорядкувати відповідно до «стапів життя» будь-якої системи включаючи «етап утилізації»:

<соціальне замовлення, вимоги часу> → <наукові дослідження, винахідництво> → <системне проектування і конструювання> → → <виготовлення, побудова, експлуатаційні дослідження> → <широке впровадження і масове використання> → <відмови, аварії та катастрофи (людський фактор)> → <ліквідація наслідків та утилізація>.

В доповіді, яка була включена в програму **Другої МНК INUDESCO–2017**, сформовані аспекти системного розгляду проблеми. Це не дає конкретних відповідей на всі питання, але дозволяє системно вивчати як внутрішні так і зовнішні властивості проблеми.

Зовнішні властивості, а саме:

*<системності розгляду> та <систематичності в часі>*

дозволяють розкривати їх через внутрішні, а саме:

*надійності та безвідмовності конструкції, оптимальності, автономності та інваріантності функціонування, відмово - забезпеченості та ефективності процесів.*

Властивість *систематичності* дозволяє розглянути проблему в часі і відповідно розкрити поняття «від і до». Крім того, розглядається всі складові проблеми ЧАЕС в цілому по схемі:

*<технічна (матеріальна) основа> → <енерго-технологічні процеси> → <інформаційно-керуюче супроводження - інформація>.*

на прикладі АЕС з урахуванням *бажань та обмежень*.

**АЕС як об'єкт системного дослідження.** Як відомо, матеріальною основою АЕС є технологічна послідовність перетворення енергій з одного виду в інший (енергетичний комплекс):

*(<реактор > + <парогенератор >) → (<турбіна > + <електрогенератор >),*

причому комплекс може мати різну потужність: від сотень до тисяч мегават: від криголама «Ленін», підводних крейсерів АПЛ до атомного літака або космічного корабля в майбутньому.

При цьому відбувається комплексне перетворення енергії на основних агрегатах та з використанням додаткових, включаючи циркуляційні насоси для створення тиску в системі. Циркуляційні насоси (їх декілька паралельно, а також додаткового включення від інших джерел енергії) підтримують відповідні рівні «пар-вода» та «вода-пар» як у сепараторі так і в реакторі.

*Техніка – енергія.* При цьому існує вислів: «який проект, такий об'єкт». А експерименти на «живій техніці» без використання технічних обмежень (наприклад, СУЗ, САЗР та ін.) надає техніці ініціативу. Так, практика показала, що не все може бути встановлено в Києві на Хрещатику або на Красній площі в Москві. Академік Александров, будучи Президентом Академії наук СРСР, що народився на Україні, дещо пожартував, коли так висловлювався. Взагалі, за Радянського союзу було дуже багато інформаційного оптимізму в житті, починаючи від «світлого майбутнього» і закінчуючи «комунізмом не за горами». Тепер дещо інші часи: «Що маємо, те маємо» як висловився в свій час президент України Кравчук.

**Конструювання та дослідження атомного реактора.** «...Як базовий реактор для ЧАЕС було взято енергоблок із реактора РВПК – 1000 електричною потужністю 1000 МВт – гетерогенний каналний реактор на теплових нейтронах, в якому сповільнювачем є графіт, а теплоносієм – вода, РВПК – реактор великої потужності каналний на відмінну від водо водяного реактора ВВЕР – корпусного типу для потреб атомного підводного флоту...»(В. Кучинський, стор.89-93). Як відомо, *проектуювання* нових реакторів базується на проведенні довготривалих експериментів, які можуть бути прискорені за рахунок використання засобів обчислювальної та моделюючої техніки.

*Енергія – інформація.* На початку 70-х років моделюючі комплекси були досить *цінновартнісні*, тому в свій час активно не створювались, незважаючи на відомі аварії, наприклад, на Запорізькій АЕС. Під час створення реакторів великої потужності виявлялись як їх паразитичні зони, де відбору тепла не відбувається так і зони, які погано піддаються керуванню. Реактори порівняно невеликої потужності (частіше всього ВВЕР) виконують роль бортових комплексів, відносно надійних, за рахунок масовості бортових АЕС їх аварії не носили такий масштабний характер. Як підтвердилось потім на Чорнобильській АЕС, ціна цього питання з економіки, виявилась значно дорожча. Ми отримали «мирний атом в кожному домі».

Як виявляється, у відношеннях *людина-машина* пасивна ініціатива *системи* завжди залишається за технікою – матеріальною складовою, а біологічна складова завжди виступає підпорядкованою, але не зовсім надійною. В плані аналізу відношення *енергія-інформація* інформаційна складова завжди є пріоритетною і носить визначальний характер на всіх етапах життєвого циклу техніки: *від наукових досліджень, проектування, побудови та експлуатації з наступним плановим зняттям з експлуатації (якщо це не аварійно).*

### **Системний аналіз моделей комплексу технічних засобів АЕС.**

Ітак, комплекс технічних засобів (КТЗ) Чорнобильської атомної електричної електростанції (ЧАЕС) з точки зору технологічної схеми є поєднання двох крупних агрегатів: парогенератора з турбогенератором. На вхід подається ядерне паливо, яке генерує пар в реакторі для подальшої подачі його в парову турбіну з турбогенератором, на виході якого приєднанні електричні генератори змінної напруги:

*<енергія ядерного палива>< енергія перегрітого пару в замкнутому контурі><механічна енергія руху валу турбіни> <електрична енергія змінного струму для загально-державної електромережі>.*

При цьому, з математичної точки зору вище сказане можливо записати в вигляді системи матричних рівнянь «вхід - вихід». Для *поелементного* опису статички систем існує система алгебраїчних рівнянь типу:  $A X = B Y$ , де  $X, Y$  – вектори виходів та входів системи,  $A, B$  – матриці коефіцієнтів, включаючи описи перетворення елементів системи та зв'язків. В свою чергу динамічні процеси в перехідних режимах описуються системою диференційних матричних рівнянь типу:  $\dot{X} = A X + B Y$ , де  $X, Y$  – вектори виходів та входів системи,  $A, B$  – матриці коефіцієнтів, включаючи описи перетворення елементів [2].

Сучасні обчислювальні комплекси, мережі ЕОМ, кластери та ін. дають можливість більш детально розглядати фізичні процеси на сучасному математичному рівні.

Згадується науково-дослідницька тема, що виконувалась на початку 70-х років для дослідження на ЦОМ типу «БЭСМ – 6» процесів керування КТЗ «АПЛ – 705», включаючи режими «повний вперед» або «стоп-машина». Математичною моделлю процесів функціонування була система алгебро-диференційних рівнянь більше 200 та більше 10 тисяч логічних змінних типу «так, ні». Ясно, що по-елементний підхід не приводить до бажаного результату, а системний підхід на той час не міг бути реалізований при тодішніх можливостях ЕОМ. Правда, при проектування та дослідженні реакторів нових типів, де було потрібно спроектувати біля 30 тисяч деталей типу «тіл кручення» та технологічних процесів їх виготовлення при «елементному підході», ЕОМ були впроваджені в умовах Інституту ім. Курчатова.

**Основні висновки.** В доповіді показано, що з точки зору теорії керування та динамічної теорії стійкості, якщо в об'єкті відсутні зворотні зв'язки(саморегулювання) і від'єднанні технічні засоби регулювання, то об'єкт втрачає стійкість і становиться *некерованим*.

В доповіді наведені також інші приклади: літак по висоті являється принципово нестійким, на підводному човні без зовнішніх від'ємних зв'язків неможливий режим «рідкий ґрунт» і атомний реактор при заміні від'ємних зворотних зв'язків на додатні або при зміні ефективності циркуляційних насосів теж втрачає свою стійкість.

Теоретичні висновки підтверджують те, що відбулося на ЧАЕС. Але дослідження з метою виявлення причин аварії продовжуються, як відомими вченими так і великою кількістю дослідників.[3]

## Література

1. «Проблеми виведення з експлуатації об'єктів ядерної енергетики та відновлення оточуючого середовища» [текст]. // Збірка матеріалів Першої МНК – INUDECO – 2016. –К.:ТОВ «Талком», – 2016.–260 с.

2. Тимченко А.А. Системний аналіз процесів зв'язків та взаємодій [текст]. / А.А. Тимченко // Вісник ЧДТУ, 2017. - №1 – С. 111 – 117.  
Під Укриттям-2 четвертий блок розбирають для захоронення [текст]. // Газета «Черкаський край», 12.05.2017.

УДК 551.468.4

## **ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВНУТРІШНЬОРІЧНОЇ МІНЛИВОСТІ ГІДРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ЗА РІЗНИХ ОБСЯГІВ СТОКУ РІЧКИ ВЕЛИКИЙ КУЯЛЬНИК**

Д.В. Кушнір, Ю.С. Тучковенко

*Одеський державний екологічний університет, Україна*

Куяльницький лиман належить до групи закритих лиманів північно-західного Причорномор'я і є унікальним водним об'єктом загальнодержавного значення, віднесеним до категорії лікувальних.

Метою роботи є оцінка, на підставі результатів математичного моделювання, впливу потенційно можливого у сучасних кліматичних умовах збільшення стоку р. Великий Куяльник на внутрішньорічну просторово-часову мінливість гідрологічних характеристик Куяльницького лиману (рівень води, температура, солоність), які обумовлюють хімічні та біологічні процеси у ньому.

Для вирішення цієї задачі використовувалась нестационарна тривимірна чисельна гідротермодинамічна модель Delft3D-FLOW [1], результати адаптації та верифікації якої до умов Куяльницького лиману опубліковані в роботі [2].

Модель Delft3D-FLOW базується на чисельному вирішенні рівняння Нав'є-Стокса для нестисливої рідини на мілкій воді у наближенні Бусінеска. Система диференціальних прогностичних рівнянь моделі складається з рівнянь руху у горизонтальній площині, рівняння нерозривності, рівнянь переносу тепла та солей, а також двопараметричної  $k-\varepsilon$  моделі турбулентності, що замикає ці рівняння. Вертикальні компоненти векторів швидкості течій розраховуються через рівняння нерозривності. Для рівняння швидкості вертикального руху береться гідростатичне наближення. Рівняння стану морської води визначається за формулою ЮНЕСКО. Тепло- та масообмін з атмосферою розраховуються в моделі з використанням напівемпіричних формул.

Кінцево-різницева апроксимація рівнянь моделі виконана на криволінійній розрахунковій сітці  $C$ -типу за класифікацією Аракави: ска-

лярні величини задаються в центрах елементарних розрахункових осередків, а нормальні компоненти швидкості течій – на їх відповідних гранях. Часовий крок рішення рівнянь обмежується умовою стабільності Куранта-Фрідрікса-Леві.

Для проведення гідродинамічного моделювання була побудована криволінійна розрахункова сітка, яка складалась з  $39 \times 270$  розрахункових осередків у горизонтальній площині (рис. 1а). Розрахункові осередки сітки мають перемінні розміри: 60-280 м вздовж повздовжньої вісі лиману та 40-210 м – у поперечному напрямку. По вертикалі задавались три розрахункових рівня у криволінійній  $\sigma$ -системі координат. Глибини в лимані (рис. 1б), приведені до позначки рівня води мінус 4,8 м у Балтійській системі висот (БС), задавались на основі плану Куяльницького лиману в ізобатах, побудованого за результатами батиметричної зйомки 2009 р.

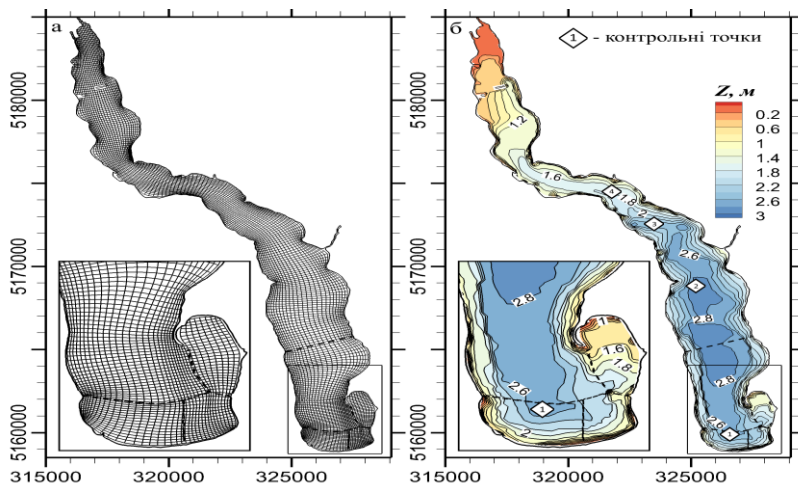


Рис.1 – Криволінійна розрахункова сітка для акваторії Куяльницького лиману (а). Батиметрія лиману та схема розташування контрольних точок для аналізу результатів моделювання (б).

Програмна реалізація чисельних рівнянь моделі дозволила врахувати під час проведення модельних розрахунків висихання-затоплення окремих мілководних ділянок ложа лиману при змінах рівня води у ньому.

Моделювалась внутрішньорічна мінливість гідрологічних характеристик в лимані на відріжку часу з 22.12.2014 р. по 01.11.2015 р. Початок періоду моделювання відповідав моменту відкриття водопропускної

гідротехнічної системи, що дозволяє поповнювати Куяльницький лиман морською водою з Одеської затоки.

При моделюванні враховувались такі прихідні складові водного балансу лиману: обсяги надходження морських вод в лиман через гідротехнічну споруду (водопропуск); прісноводний стік річок, що впадають в лиман; стік з балок та зі ставків пересипу лиману; добові суми опадів на акваторію лиману за даними спостережень на метеопосту «Одеса-Куяльник».

Крім спостережених у 2015 р. значень витрат води р. В. Куяльник, при моделюванні використовувались оцінки середньомісячних витрат природного та побутового стоку річки в лиман за умов 2015 р., розраховані за моделлю «клімат-стік».

Часова мінливість напряму та швидкості вітру, температури та вологості повітря, балу хмарності у період моделювання задавались із дискретністю 3 години за даними спостережень на ГМС «Одеса-ГМО».

Окрім гідрометеорологічних умов 2015 року, моделювання мінливості гідрологічних характеристик лиману виконувалось для різних за водністю типових років сучасного кліматичного періоду XXI ст. (1990-2030 рр.), визначених за найбільш виправданим для регіону Куяльницького лиману кліматичним сценарієм з бази даних ENSEMBLES (сценарій A1B моделі MPI-REMO Інституту метеорології ім. Макса Планка, м. Гамбург, Німеччина). Як типові за гідрометеорологічними умовами були обрані: 2018 р. – маловодний; 2025 р. – середньоводний, 2021 р. – багатоводний рік.

При розрахунках для різних за водністю типових років використовувались щомісячні значення природного стоку р. В. Куяльник, розраховані за моделлю «клімат-стік» та отримані з бази даних ENSEMBLES ряди середньодобових значень температури, відносної вологості повітря, швидкості та напряму вітру, балу загальної хмарності та атмосферних опадів.

Результати розрахунків з використанням прогностичної тривимірної гідротермодинамічної моделі Delft3D-FLOW аналізувались в 4-х обраних контрольних точках на акваторії Куяльницького лиману (рис. 16). Були отримані оцінки змін внутрішньорічної просторово-часової мінливості гідрологічних характеристик Куяльницького лиману за різних обсягів надходження до нього стоку річки Великий Куяльник.

За результатами моделювання встановлено, що:

- провадження водного менеджменту на водозборі р. В. Куяльник, реалізація різних інженерно-технічних заходів, спрямованих на збільшення стоку річки в Куяльницький лиман, будуть суттєво впливати на



його гідроекологічний режим лише у разі забезпечення надходження до лиману не менш 75% від обсягів природного стоку річки;

- збільшення природного стоку р. В. Куяльник не здатне самостійно забезпечити стабілізацію гідроекологічного режиму Куяльницького лиману без періодичного поповнення його морською водою Одеської затоки та здійснення заходів щодо стабілізації та збільшення надходження вод від інших малих водотоків, які впадають в лиман;

- за відсутності поповнення лиману морськими водами та стоком інших малих водотоків, які впадають в лиман, збільшення стоку р. В. Куяльник навіть до 75% від обсягів природного стоку здатне забезпечити стабілізацію річного циклу мінливості рівня та солоності води в лимані лише в багатоводні роки;

- в багатоводні роки температура води в лимані завжди нижча, ніж в середньоводні та маловодні; води мілководної північної ділянки лиману завжди прогріваються сильніше, ніж на більш глибоких ділянках лиману; збільшення стоку р. В. Куяльник впливає на температурний режим лиману, хоча і незначно.

### **Література**

1. Delft3D-FLOW. Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments – User Manual. Version 3.15: Посібник користувача гідродинамічної моделі Delft3D-FLOW / Deltares systems // Delft, The Netherlands. 2014. URL: [http://oss.deltares.nl/documents/183920/185723/Delft3D-FLOW\\_User\\_Manual.pdf/](http://oss.deltares.nl/documents/183920/185723/Delft3D-FLOW_User_Manual.pdf/) (дата звернення 15.04.2017 р.).
2. Тучковенко Ю.С., Кушнір Д.В. Результати чисельного моделювання внутрішньорічної мінливості характеристик гідрологічного режиму Куяльницького лиману // Укр. гідрометеорол. ж. 2016. № 17. С. 137 – 149. URL: <http://uhmj.odeku.edu.ua/uk/category/2016-uk/17-uk>.

УДК 504.4.054; 504.4.06

## **МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ УМОВ В ЛИМАНАХ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я В КОНТЕКСТІ ЗМІН КЛІМАТУ У ХХІ СТОЛІТТІ НА ПРИКЛАДІ ТИЛІГУЛЬСЬКОГО ЛИМАНУ**

О.А. Тучковенко, Ю.С. Тучковенко, Н.С. Лобода  
*Одеський державний екологічний університет*

Для оцінки впливу очікуваних у ХХІ ст. змін клімату на гідроекологічні умови в лиманах Північно-західного Причорномор'я на прикладі Тилігульського лиману використовувалась математична модель

OSENU-MECCA-EUTRO – модифікований варіант 3-D числової нестационарної гідротермодинамічної моделі MECCA (Model for Estuarine and Coastal Circulation Assessment) [1], доповнений оригінальним хіміко-біологічним блоком (евтрофікації вод), структурна діаграма якого наведена на рис. 1.

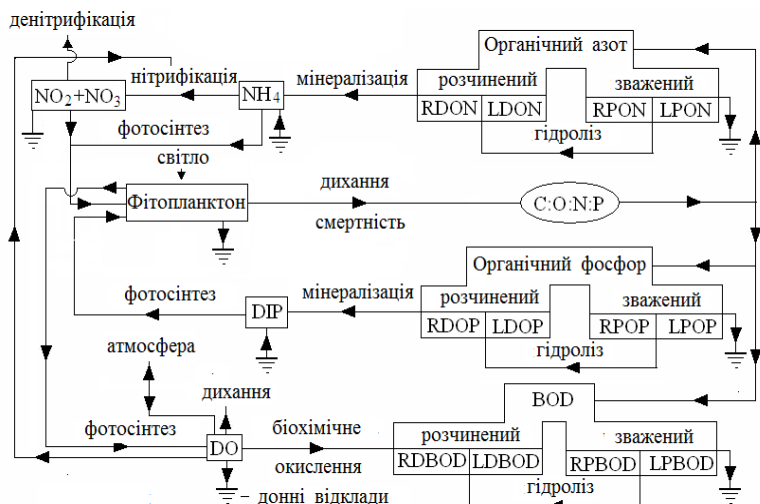


Рис. 1 – Структурна діаграма хіміко-біологічного блоку моделі евтрофікації вод

Хіміко-біологічний блок побудований на основі відомої моделі якості вод (RCA-HydroQual, 2004), з використанням параметризації окремих процесів запропонованих в моделях (CE-QUAL-ICM, 1995, WASP5, 1993). Змінними блоку є наступні гідроекологічні показники: біомаса фітопланктону, лабільний та стійкий органічний азот і фосфор у зваженій і розчиненій формах, кисневий еквівалент органічного вуглецю (BOD - біохімічне споживання кисню) в лабільній та стійкій, розчиненій та зваженій формах, мінеральні форми азоту (амонійна  $NH_4$ , нітритна+нітратна  $NO_2+NO_3$ ), фосфати (DIP), розчинений кисень (DO).

Верифікація гідротермодинамічного блоку моделі виконувалась на підставі даних спостережень за мінливістю термогалінної структури вод та рівня води в лимані, проведених у 2010 та 2012 рр. Для калібрування параметрів хіміко-біологічного блоку моделі евтрофікації вод використовувались дані гідрохімічних і гідробіологічних спостережень виконаних на акваторії Тилігульського лиману в період 2001-2011 рр.

фахівцями Інституту морської біології НАН України, а також Одеського державного екологічного університету в 2012-2015 рр. [2].

Моделювання змін гідроекологічних умов в Тилігульському лимані протягом XXI ст. виконувалось за найбільш вірогідним для регіону кліматичним сценарієм (M10) з бази даних ENSEMBLES, який відповідає глобальному сценарію A1B розрахованому за моделлю MPI-REMO Інституту метеорології ім. Макса Планка (Гамбург, Німеччина).

В результаті аналізу різницевих інтегральних кривих багаторічних коливань річних сум опадів та середніх річних температур повітря у XXI ст., за обраним регіональним кліматичним сценарієм M10, були встановлені розрахункові кліматичні періоди, які відповідають циклам коливань водності в межах водозбірного басейну Тилігульського лиману: 1990-2030 рр.; 2031-2070 рр.; 2071-2100 рр. З метою встановлення відмінностей внутрішньорічної мінливості гідроекологічних характеристик вод Тилігульського лиману, викликаних зміною кліматичних умов, для кожного з виділених кліматичних періодів XXI ст. були обрані типові за гідрометеорологічними умовами (формування стоку на водозборі лиману) роки із 25% (багатоводний), 50% (середньоводний) та 75% (маловодний) ймовірністю перевищення (забезпеченістю) надходження річкового стоку в лиман.

Середньомісячні витрати річкового стоку в Тилігульській лиман (природний та побутовий стік) у типові роки для кожного з кліматичних періодів визначені за результатами застосування імітаційної стохастичної моделі «клімат-стік» [3]. В моделі розглядається ланцюг послідовностей формування стоку: «клімат → кліматичний стік → підстильна поверхня → природний стік → водогосподарські перетворення → побутовий стік».

Виконані на базі стохастичної моделі “клімат-стік” розрахунки щомісячних об’ємів річкового стоку в лиман, а також дані щодо внутрішньорічної мінливості метеорологічних характеристик над акваторією лиману в типові, з різною забезпеченістю річковим стоком, роки для виділених кліматичних періодів, використовувались як вхідна інформація для гідроекологічного моделювання на акваторії лиману. Вважалося, що водообмін з морем відбувається протягом всього року через реконструйований з’єднувальний канал.

За результатами розрахунків мінливості гідроекологічних характеристик Тилігульського лиману у типові роки різних кліматичних періодів встановлено [4], що протягом XXI ст. слід очікувати:

- підвищення температури води на 4,4 °C у маловодні роки, 2,3-3,0 °C у середні за водністю роки та 3,7-4,9 °C – у багатоводні роки;

- середньорічні витрати води через з'єднувальний канал «морелиман» будуть зростати у бік поповнення лиману морської водою через зростання річного дефіциту прісного водного балансу лиману на 2,2-2,6 м<sup>3</sup>/с у маловодні роки, 1,3 м<sup>3</sup>/с – у середньоводні роки та 2,2-2,9 м<sup>3</sup>/с – у багатоводні роки;

- внаслідок підвищення температури води, питомої швидкості мінералізації органічної речовини, збільшення концентрацій мінеральних форм азоту, які лімітують первинне продукування органічної речовини фітопланктоном, збільшення припливу до лиману морських вод, які є джерелом мінеральних форм азоту для екосистеми лиману, збільшиться швидкість продукування органічної речовини та її концентрація в водах лиману у вегетаційний період (травень-вересень), а також потік її надходження до донних відкладів;

- буде відбуватися погіршення кисневого режиму лиману та поглиблення гіпоксії в придонному шарі акваторії влітку; найбільше погіршення кисневого режиму вод лиману відбуватиметься у маловодні роки, за умов яких температура води та концентрація органічної речовини у воді найбільші; багатоводність років у всі кліматичні періоди сприяє поліпшенню кисневого режиму водойми;

- в межах кожного з кліматичних періодів максимальні середні значення біомаси фітопланктону, концентрації розчиненої органічної речовини, амонійного і нітратного азоту мають місце у маловодні роки, а мінімальні – у багатоводні, що є слідством зменшення обсягів надходження морських вод до лиману через сполучний канал з підвищенням водності року;

- найбільш негативно кліматичні зміни протягом XXI ст. вплинуть на гідроекологічний стан північної мілководної частину лиману, де стабільність функціонування екосистеми буде порушуватись внаслідок високого рівня продукування органічної речовини;

- збільшення стоку р. Гилігул до обсягів природного стоку впливає лише на північну мілководну частину лиману і сприяє поліпшенню її екологічного стану; у багатоводні роки, коли річковий стік в лиман збільшується, цей вплив проявляється сильніше;

- гідроекологічний режим в південній частині лиману буде визначатись особливостями водообміну з відкритим морем, характер якого залежить від водності та гідрометеорологічних умов року.

Результати модельних розрахунків дозволили зробити загальний висновок, що незважаючи на значне зменшення у XXI ст. річкового стоку в лиман внаслідок впливу кліматичних змін, максимально можливе від-

новлення природного стоку, шляхом реалізації активного водного менеджменту на водозборі лиману, буде сприяти стабілізації гідроекологічного режиму Тилигульського лиману в цілому і особливо в його північній частині.

Робота виконана за фінансовою підтримкою Державного фонду фундаментальних досліджень України (конкурс Ф64).

### **Література**

1. Иванов В.А., Тучковенко Ю.С. Прикладное математическое моделирование качества вод шельфовых морских экосистем: монография / Морской гидроф. ин-т НАН Украины, Одесский гос. экол. ун-т. Севастополь: МГИ НАН Украины, 2006. 368 с.
2. Тучковенко Ю.С., Богатова Ю.И., Тучковенко О.А. Гидрохимический режим Тилигульского лимана в современный период // Вісн. Одес. держ. екол. універ., № 19, 2015. С.126-132.
3. Водні ресурси та гідроекологічний стан Тилигульського лиману: монографія / Ю. С. Тучковенко, Н. С. Лобода, О. М. Гриб та ін.; Од. держ. еколог. ун-т; за ред. Ю. С. Тучковенко, Н. С. Лободи. Одеса: ТЕС, 2014. 277 с.

Моделювання змін рівня, температури, солоності у Чорному та Азовському морях та їх впливу на навколишнє природне морське середовище згідно сценаріїв змін клімату в ХХІ столітті: Звіт з НДР заключний (наук. кер.: В.С. Мадерич) за договором № 64/14-2016. ІПММС НАН України, Од. держ. еколог. ун-т. ДР № 0116U002607, 2016. 137 с

УДК 004

### **ТУШЕНИЕ ШТАБЕЛЕЙ ЯЩИКОВ С БОЕПРИПАСАМИ МНОГООСТВОЛЬНЫМИ МОДУЛЯМИ ИМПУЛЬСНОГО РАСПЫЛЕНИЯ ОГНЕТУШАЩИХ АГЕНТОВ И ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ.**

Захматов В.Д., Бондарь А.И., Щербак Н.В.

*Державная Академия Экологической Безопасности, Киев, Украина.*

**Аннотация.**Предлагается новая импульсная технология взрывного и залпового распыления огнетушащих, защитных агентов и природных материалов моделирующая вихри, смерчи, шквалы. Реализуется эта технология с помощью уникальных, мобильных, буксируемых и стационарных многоствольных модулей, подвесных и прицельно сбрасываемых бомб, ручных распылителей для: **1-**тушения диверсионных поджогов и аварийных пожаров широкого диапазона видов, масштаба, скорости распространения; **2-**локализация радиоактивных и дезактивация

токсичных облаков и осадков; 3-очистка акватории от разливов нефти, 4-предотвращение и локализация взрывов пыли-(газо-паро)-воздушных смесей; 5-постановка свет теплозащитных и маскировочных завес; 6-остановка террористических атак и контроль массовых беспорядков. Данная техника способна решать быстро и эффективно в интересах Вооруженных Сил Украины и окружающего населения актуальную задачу тушения пожаров на складах арсеналах и базах хранения боеприпасов до их перехода в разрушительные взрывы с многочисленными жертвами и масштабным экологическим ущербом. Учитывая уникальную способность новой техники по гибко управляемому, тонкодисперсному распылению защитных порошков, гелей, жидкостей, инертных пылей, песка, грунта, грязи и пр., данная техника, при соответствующей прикладной доработке, может быть использована для эффективной защиты населения, войск и обеспечения действий войсковых частей в военный период при применении современного вооружения: атомного, высокоточного, зажигательного, термобарического, лазерного, химического, биологического, электромагнитного.

Ключевые слова: Импульсное пожаротушение, Тушение штабелей ящиков, вихревое пожаротушение, увеличение эффективности тушения пожара

Анализ последних пожаров на складах боеприпасов в Ново-Богдановке(120.000), Лозовой(около 100.000т), Сватово(3500т), Балаклея(138.000т) убедительно показывают - Вооруженные силы Украины, российская армия, где также нередки пожары складов боеприпасов, (как и армии других стран) нуждается в специальной пожарной технике - близкой к военной технике по своим ТТХ. Только такое условие по моему мнению может решить проблемы тушения пожаров в армии на качественно новом уровне. Особенно это актуально в военных конфликтах, когда применение даже самого малого зажигательного вооружения самодельных бутылок с «коктейлем Молотова» требовало наличия простой, компактных, надёжных огнетушителей и навыков тушения пожаров у практически всех бойцов «Беркута». Тем более в зонах воздействия боевого зажигательного вооружения гранат, бомб, РСЗО, тем более термобарического когда большинство солдат, оставшихся в живых столкнутся с проблемой тушения людей в горящей форме – надо сделать в первые секунды, тушения горящей техники, обеспечения эвакуации подразделений сквозь пламя из зон массовых пожаров. Совмещение в одном человеке солдата и пожарного работающего хорошо с оружием и существующей пожарной техникой нереально. Тем более нереально совмещение в военном подразделении боевой и современной

пожарной техники. Для армии пригодна только техника близкая к оружию. Рассмотрим её прототипы.

С начала 80-х годов прошлого века инициативно, а потом в рамках государственных военных и народнохозяйственных программ впервые разрабатывались ряд распыляющих огнетушащие жидкости, гели, природный песок, пыль, грунт залпами многоствольных модулей (ММ) на двухосных лафетах и ползьях. ММ были созданы, опытно-промышленно изготовлены до 100штук, достаточно хорошо испытаны на полигонах и в ряде операций по ликвидации различных последствий аварий и катастроф. В начале 1980 годов руководство МО СССР пришло к выводам о полной непригодности традиционной пожарной техники для защиты военных объектов, особенно складов, арсеналов, баз штабелированного хранения ящиков с боеприпасами, тем более в обстановке военных конфликтов. Например начальник Штаба Вооружений Сухопутных Войск генерал-лейтенант Лебедев В.К. организовал группу независимых экспертов для анализа отчета ВНИИПО за 5-летний Проект по новой системе Защиты штабелей боеприпасов. Отчет состоял из более 120стр. математических моделей процессов горения штабеля и работы различных систем гидравлической пожарной техники + описание и анализ экспериментов процесса развития горения штабеля – взрыв пороховых зарядов в гильзах начинались с 10-12минут после поджога штабеля + рекомендации: 1-соорудить рядом со штабелем резервуар не менее 5м<sup>3</sup> и над штабелем систему сухотрубов, рассчитанный на работу насосной пожарной машины, 2-организовать производство несгораемой тары, например базальтовых ящиков в количестве десятков миллионов для замены тары, хранящихся на то время более 5млн.т боеприпасов. Общий вывод группы экспертов, поддержанный ген.-лейт.Лебедевым В.К. сформулирован следующим образом: 1 для своевременного тушения пожара, (тем более диверсионного поджога с применением зажигательных составов) штабеля боеприпасов – предотвращения взрыва боеприпасов - современная техника тушения пожаров практически неприродна; 2 в условиях военных действий, когда водопроводы не работают необходима автономно работающая, не зависимо от поезда огнетушащих составов, новая техника; 3- исходя из специфики деятельности армейских объектов и войск (в мирное время под постоянными угрозами диверсионных поджогов, в военное время под угрозой применения зажигательного вооружения, создающего массовые пожары) военнослужащие должны быть обеспечены принципиально новой пожарной техникой с тактико-техническими характеристиками (ТТХ), близкими к вооружению: всепогодность, автономность,

все климатические регионы СССР, безотказность и стабильность работы после длительного хранения и нахождения в режиме ожидания, минимальное техническое обслуживание, не требующее высокой квалификации, высокая дальность до 100м и масштаб сотни кв.м. эффективного тушения, светотеплозащиты для эвакуации, воздействия. Желательна универсальность армейской техники защиты: осажение и дезактивация токсичных и радиоактивных выбросов, облаков, разливов нефти; постановка светотеплозащитных и маскировочных завес, использование как несмертельное оружие в городах и посёлках. Тогда это казалось фантастикой и не попало в заявки МО, но мы сумели пробить тему новой машины для тушения штабелей боеприпасов. Однако минимальное финансирование темы, но существенная материально-техническая поддержка, начались только после трагической гибели двух «ГПМ-54» с экипажами на крупном базе хранения близ Йошкар-Оле.

УДК 004.942

## ДИНАМІКА НАТОВПУ.МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ВЕЛИКОЇ КІЛЬКОСТІ ЛЮДЕЙ У ОБМЕЖЕНОМУ ПРОСТОРИ

Гавриленко О. В. ,Мезеря В. В., Щербатюк П. І.

*НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”*

У сучасному суспільстві проблема переміщень великих мас людей у приміщеннях є дуже актуальною.

Комп’ютерне моделювання натовпу в обмеженому просторі — це ефективний спосіб проаналізувати поведінку людей.

Гарні результати показує модель, заснована на взаємодії агентів як твердих тіл малого розміру, на які діють фізичні сили та сили психо-соціальної природи.

Основне рівняння цієї моделі має вигляд:

$$m_i \frac{d\vec{V}_i}{dt} = \vec{F}_i^{nan} + \sum_{i \neq j} \vec{F}_{ij} + \sum_m \vec{F}_{im}^{cm}$$

У це рівняння входять 3 доданки:

— Перший – це так звана «сила паніки», що зумовлена бажанням людини покинути приміщення  $\vec{F}^{nan}$ , ця сила направлена по найкоротшому шляху від поточного положення агента до найближчого виходу;

— Другий - сила взаємодії між людиною та іншими людьми  $\vec{F}_{ij}$ , що направлена в іншу сторону від агента;



— Третій - сила взаємодії між людиною та перешкодами  $\overrightarrow{F}_{im}^{cm}$  - направлена в іншу сторону від перешкоди.

Перший доданок виглядає так:

$$\overrightarrow{F}_i^{пан} = \frac{\overrightarrow{V}_i^{баж} - \overrightarrow{V}_i}{\Delta t_i}, \quad (1)$$

де  $\Delta t_i$  - параметр, що характеризує час залучення індивіда в панікуючий натовп. Сила (1) влаштована таким чином, що в разі перевищення бажаної швидкості над актуальною людина прискорюється. Як бачимо, саме невідповідність бажаної швидкості з актуальною і формує основну силу, що створює рух.

Крім сили (1), яка має психологічний характер і в загальному випадку формується незалежно від групової динаміки, в процесі переміщення на людину діють інші сили, пов'язані з взаємодією людини з іншими людьми і перешкодами. Розглянемо силу, діючу на індивіда  $i$  з боку індивіда  $j$ :

$$\overrightarrow{F}_{ij} = A \overrightarrow{n}_{ij} \exp \frac{D_{ij}}{B} + kH(D_{ij})D_{ij} \overrightarrow{n}_{ij} + kH(D_{ij})D_{ij} ((\overrightarrow{V}_j - \overrightarrow{V}_i) \overrightarrow{\tau}_{ij}) \overrightarrow{\tau}_{ij}, \quad (2)$$

де  $D_{ij} = R_i + R_j - |\overrightarrow{r}_i - \overrightarrow{r}_j|$ ,  $\overrightarrow{n}_{ij}$  і  $\overrightarrow{\tau}_{ij}$  - нормальний і тангенціальний одиничні вектори;  $A, B, k$  - параметри.

Перший доданок в (2) являє собою силу, так само як і у формулі (1), психосоціальної природи. Вона описує небажання людини вступати в занадто тісний фізичний контакт з іншими людьми. Друга і третя складові в (2) мають традиційний для молекулярної динаміки вид. Одне з них описує пружне відштовхування при лобовому зіткненні між індивідами, а друге - силу тертя при дотичному русі.

Ця модель дозволяє розрахувати деякі важливі статистичні параметри натовпу, такі як середнє та максимальне навантаження на агента, середня та максимальна швидкість, кількість травмованих агентів (таких, що перенесли навантаження, що перевищує граничне допустиме значення).

Для більш інтелектуального планування маршруту та оминання перешкод було застосовано алгоритми пошуку найкоротшого шляху на площині: хвильовий та A\*. Для коректної роботи алгоритмів цього класу їм на вхід необхідно подати дискретну матрицю, в якій координати комірок – цілі числа, але в нашій моделі полу, по якому рухаються агенти, має неперервні координати, тому ми вводимо деяку величину

«Крок сітки», яка показує скільки реального простору вміщуються в одну комірку матриці. Ми розбиваємо простір на комірки відповідно до цього кроку. Координатою комірки на реальному полі вважається центр кожної комірки. За допомогою алгоритму визначення приналежності точки багатокутника заповнюємо комірки матриці – якщо центр комірки належить перешкоді – то комірка відмічається як перешкода, і агенти будуть її уникати. Після побудови матриці для кожного агента будується найкоротший шлях до виходу.

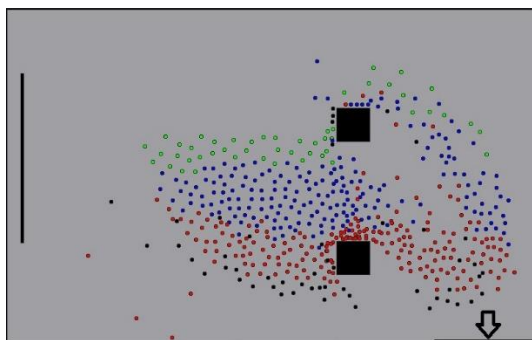


Рисунок 1 – початкова стадія руху натовпу

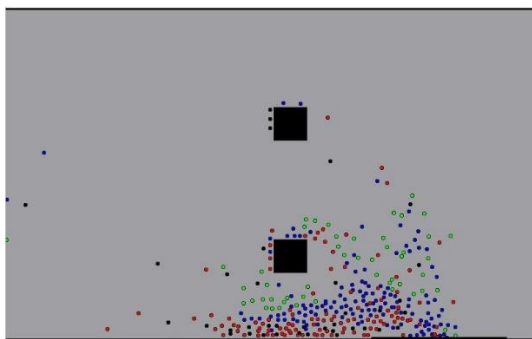


Рисунок 2 – кінцева стадія руху натовпу

На рисунках 1-2 зображені 2 кадри з симуляції у деякому приміщенні. На вказаних рисунках видно ключові особливості поведінки панікуючого натовпу.

Основною мовою програмування було обрано C++. Ця мова добре підходить для роботи із графікою та забезпечує високу продуктивність.

Основним інструментом розробки системи було обрано фреймворк Qt. Це кросплатформний інструментарій розробки програмного забезпечення (ПЗ) мовою програмування C++. Дозволяє запускати написане за його допомогою ПЗ на більшості сучасних операційних систем (ОС), просто компілюючи висхідний код програми для кожної операційної системи без його змін.

Висновки: При проведенні моделювання на різних кресленнях та при різних значеннях вхідних параметрів були наочно помічені деякі ключові тенденції у поведінці натовпу:

— агенти досить сильно сповільнюються при пересуванні вздовз перешкод — це викликано тертям між агентами та перешкодами. У цьому аспекті поведінка натовпу нагадує рух в'язкої рідини;

— При оминанні гострих кутів перешкод виникають затори та збільшується вірогідність травмування агентів;

— Великі затори біля виходів з приміщення, що сповільнюють процес евакуації, призводять до травмування. Через сильне тертя між людьми процес виходу відбувається уривчасто (групами по 3-4 людини);

— При досяганні деякої бажаної швидкості руху агентів загальна швидкість евакуації зменшується. При цьому значно зростає процент травмованих людей;

— Якщо порівняти процентне співвідношення травмованих людей, то найбільша частина травмованих серед тих груп, що мають найменшу масу та розмір тіла. Це пояснюється тим, що вони менш інертні.

## Література

1. Моделювання групової динаміки натовпу, паніка в обмеженому просторі [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://science.trajan.ru/publications/panika.pdf>

2. Моделювання поведінки натовпу у багаторівневому розгалуженому приміщенні [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://science.trajan.ru/publications/panic.pdf>

Засоби оцінки ефективності різних моделей поведінки натовпу [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/analiz/2010/01/2010-01-21.pdf>

## ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛИ ПРИ ТЕПЛОВОМ И МЕХАНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА НЕЕ

К.С.Курочка, Е.В.Комракова

*Гомельский государственный технический университет  
имени П.О.Сухого, Беларусь*

Конструктивные элементы типа сэндвич-панелей, состоящие из прочных и жестких внешних слоев, низкопрочного и легкого внутреннего слоя широко используются в различных отраслях техники, так как для них характерны высокая прочность и жесткость, небольшая средняя плотность, хорошая способностью поглощать энергию при ударных воздействиях. Кроме того, трехслойные конструктивные элементы обеспечивают хорошие звуко- и теплоизолирующие свойства, а также обладают высокой технологичностью и вибростойкостью.

В ряде случаев составные части этих конструктивных элементов подвергаются стационарному равномерному тепловому воздействию, при котором изменяются физико-механические свойства материалов слоев и возникают градиенты температуры, сопровождающиеся неодинаковым тепловым изменением размеров частей элементов. Данное явление в общем случае вызывает тепловые напряжения. Знание величины и характера действия тепловых напряжений необходимо для всестороннего анализа прочности конструкции. При этом необходимо учитывать, что тепловые напряжения в конструктивных элементах, особенно в сочетании с механическими напряжениями от внешних сил, могут привести к полному разрушению композитных тонкостенных конструкций и термовспучиванию. Кроме того, сэндвич-панели обладают следующими специфическими особенностями – резко выраженной анизотропией их механических характеристик, ослабленным сопротивлением поперечным деформациям, существенным различием механических и теплофизических характеристик слоев. Эти факторы имеют принципиальное значение, как отмечается в [1], при расчете полей перемещений и температур.

Для проведения расчетов использовалась связанная система дифференциальных уравнений, состоящей из уравнения Ламе для перемещений  $u$  :

$$\mu \Delta u + (\lambda + \mu) \text{grad div} u - \alpha_T (3\lambda + 2\mu) \text{grad} \theta, \quad (1)$$

и уравнения теплопроводности для приращения температуры  $\theta$  :

$$c \frac{\partial \theta}{\partial t} + \alpha_T (3\lambda + 2\mu) \frac{\partial \text{div} u}{\partial t} - \text{div}(k \text{grad} \theta) = f. \quad (2)$$

Здесь  $\lambda, \mu$  – постоянные Ламе,  $k$  – коэффициент теплопроводности,  $c$  – удельная объемная теплоемкость при отсутствии деформации,  $\alpha_T$  – температурный коэффициент линейного расширения.

Уравнения (1) и (2) дополняются начальными и граничными условиями. Расчет проводился на основе метода конечных элементов [2, 3]. Прикладная программа для определения полей перемещений и приращения температуры с учетом теплофизических свойств материалов [4] слоев сэндвич-панели реализована на языке высокого уровня С#.

Объектом численного исследования являлась сэндвич-панель (рисунок 1) нагружаемая распределенными по верхнему слою механическими и тепловыми воздействиями (при этом предполагалось, что в нулевой момент времени как перемещения  $u$ , так и приращение температуры  $\theta$  были равны нулю). Для упрощения расчета, ввиду симметричности рассматриваемой панели, расчет производился для 1/4 части панели. На отсекаемых частях расчетной модели были заданы условия зеркальной симметрии.

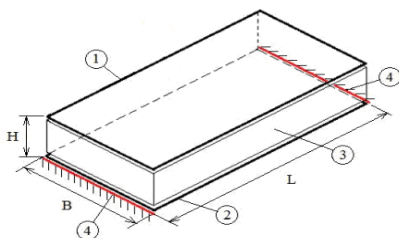


Рисунок 1 – Схема нагружения сэндвич-панели: 1 - верхний металлический слой; 2 - нижний металлический слой; 3 - внутренний слой; 4 - места закрепления

При расчетах предполагалась, что ширина панели  $B=6$  дм, а длина панели  $L$  могла быть либо 6 либо 12 дм. Материал верхнего и нижнего слоя сэндвич-панели – отожженные листы АМГ6 (химический состав по ГОСТ 4784-97) толщиной 2 мм, материал внутреннего слоя – пеноплекс (экструдированный вспененный полистирол) ТУ 5767-006-56925804-2007 толщиной либо 60, либо 100 мм. К верхнему слою панели прикладывалась комплексная нагрузка в виде равномерно распределённого давления 100 кПа (или 200 кПа) и теплового воздействия. Тепловое воздействие моделировалось путем контакта верхнего слоя сэндвич-панели с поверхностью имеющую температуру на  $60^\circ$  больше первоначальной температуры. Расчеты проводились как с учетом физической зависимости свойств материалов слоев сэндвич-панели от температуры и механического напряжения, так и без этого учета.

В результате проведенных численных исследований получены распределение температуры и перемещения для разных точек сэндвич-панели в различные моменты времени. Показано, что учет нелинейных свойств материалов приводит в ряде случаев к заметным отличиям, особенно при распределении перемещений, по сравнению с результатами полученными без учета этих свойств. Из полученных результатов также следует, что при увеличении толщины внутреннего теплоизолирующего слоя, процесс распространения тепла, вдоль нормали к слоям сэндвич-панели, резко замедляется, что свидетельствует о правильности, с физической точки зрения, проведенных расчетов.

### **Литература**

- 1 Коваленко А.Д. Термоупругость. – Киев: Вища школа, 1975 – 216 с..
- 2 Сегерлинд Л. Дж. Применение метода конечных элементов. – М: Мир, 1979 – 392 с.
- 3 Норри Д., де Фриз Ж. Введение в метод конечных элементов. – М: Мир, 1981 – 304 с.
- 4 Чиркин В.С. Теплофизические свойства материалов –. М.: Физматгиз, 1959 – 356 с.

УДК 004.51:612.881

### **МЕТОД КЛАСИФІКАЦІЇ ЗМІНИ ВИГЛЯДУ ПОВЕРХНІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОБІЛЬНОСТІ ЛЮДЕЙ ІЗ ВАДАМИ ЗОРУ**

О.Г. Жданова, М.О. Сперкач, Р.І. Кальницький

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна*

Згідно інформації Всесвітньої організації охорони здоров'я спостерігається тенденція зростання кількості людей із вадами зору. Для даної категорії людей питання мобільності є одним із ключових. Існуючі методи допомоги в пересуванні не надають можливості повноцінного безпечного пересування та орієнтації в просторі.

Більшість існуючих методів, що базуються на використанні інформаційних технологій, аналізують графічне зображення та за певним алгоритмом передають його користувачеві у вигляді тактильних відчуттів [1, 2] або аудіо сигналів [3]. Підхід, що включає повну передачу зображення, є непрактичним у використанні з огляду існуючих тактильних та звукових дисплеїв. Це пояснюється значно більшою роздільною здатністю ока в сприйнятті двовимірних зображень у порівнянні із сенсорами тиску та болю шкіри чи внутрішнім вухом.

Варто розділяти задачу забезпечення мобільності пересування на менші за розміром, щоб зменшити розмірність даних, які потрібно передавати за момент часу. У роботі [4] описано метод передачі інформації про зміну вигляду поверхні під час руху користувачем на основі вібротактильного квадратного дисплею. Використання даного підходу надає зрозумілий для користувача інтерфейс і потребує від системи можливості класифікації лише зміни вигляду поверхні.

Тому для вирішення проблеми мобільності потрібно вирішити проблему визначення зміни вигляду поверхні перед користувачем під час його руху.

Скориставшись наведеним підходом, потреба у використанні фотознімків стає значно меншою і дозволяє використовувати інші вхідні дані: відстань до поверхні перед користувачем, нахил пристрою у просторі, вектор швидкості пристрою.

Отримання наведених величин потребує значно менших затрат електроенергії та зменшує навантаження на обчислювальний пристрій, що звільняє процесорний час для обробки інформації та дозволяє використовувати значно дешевші компоненти для побудови пристрою.

Незважаючи на зменшення розмірності інформації, дане рішення не зменшує рівень інформативності вхідних даних в контексті поставленої задачі. Наведемо модель, що описує дану проблему.

Нехай є пристрій, який кріпиться до руки користувача та збирає наступну інформацію під час пересування користувачем та рухом рукою перед собою. Введемо деякі позначення:  $d$  – відстань між пристроєм та поверхнею;  $a$  – кути нахилу пристрою відносно горизонтального положення (по осям  $O_x$  та  $O_y$ );  $v$  – вектор швидкості руху пристрою в просторі (по трьом осям). Також є навчальна вибірка  $X_i = (d_i, a_i, v_i, y_i)$ ,  $i = 1..N$ , де  $y$  – категорія вигляду поверхні, до якої відноситься кортеж;  $N$  – кількість кортежів у вибірці. Всі дані впорядковані в часі та були зібрані через однакові інтервали.

Необхідно класифікувати вигляд поверхні на основі кортежів даних  $X_j = (d_j, a_j, v_j)$  на момент часу  $j = 1..M$ .

Перед вибором підходу до класифікації варто звернути увагу на декілька достатньо важливих фактів: зібрані дані із сенсорів будуть мати достатньо великий рівень зашумленості (навіть після застосування фільтрації), наявність прихованих атрибутів (такі як циклічність змін під час ходьби) та потреба виконання всіх операцій у режимі реального часу.

Останній із вище наведених фактів потребує використання точних алгоритмів оскільки, зазвичай, вони містять найменшу (із врахуванням наданої точності результатів) кількість операцій, але два перші на порядок ускладнюють процес його формування. З огляду на це, використання підходів машинного навчання є найкращим варіантом.

Усі ситуації, що можуть бути змодельовані, можна умовно поділити на дві категорії: із нерухомим пристроєм (всі компоненти вектора швидкості коливаються біля 0) та при русі. Даний поділ дозволяє відокремити ситуації із явною лінійністю від тих, у яких присутній взаємозв'язок між зміною швидкості, положення руки і відстані до поверхні.

Таким чином, лінійні ситуації можна класифікувати простою структурою у вигляді дерева прийняття рішень, побудованого аналітичним шляхом. Для нелінійної категорії оберемо метод нейронних мереж. Оскільки даний метод потребує ранжованості вхідних даних у діапазоні  $[-1; 1]$  (або  $[0; 1]$ ), у якості вхідних даних використовуватимуться не абсолютні величини, зібрані сенсорами, а їх дельти (відносно попередніх значень).

Також для підвищення точності варто додати ефект «пам'яті» – надавати вхідні дані за попередні періоди. Також можна додати на ітерації  $t$  дані за момент часу  $t+1$ . Це означає, що на момент часу  $t+1$  будуть виконуватись класифікації зміни вигляду поверхні базуючись на даних за моменти  $t-2$ ,  $t-1$ ,  $t$  та  $t+1$ .

Останній наведений підхід є допустимим за рахунок частоти можливого надходження вхідних даних від сенсорів (5-7Гц) та швидкістю реакції людини на появу подразників – затримка в 0.2 секунди є майже непомітною.

З огляду на кількість необхідних коефіцієнтів та їх вплив на роботу алгоритму (кількість необхідної пам'яті, затрати на операції із рухомою крапкою), кількість прихованих шарів зменшено до 1 із використанням функції активації ReLU, що має наступний вигляд:  $f(x) = \max(0, x)$ .

За рахунок цього можна значно зменшити кількість операцій при цьому отримавши незначне зменшення точності.

Таким чином отримаємо наступний алгоритм роботи:

Крок 1 Ініціалізувати масиви коефіцієнтів мережі.

Крок 2 Зчитати дані сенсорів, обчислити дельту відносно попередніх значень і отриманий результат записати у кінець буфера.

Крок 3 Якщо розмір буфера менше 4 – перейти на крок 2.

Крок 4 Якщо модуль вектора швидкості передостаннього елемента буфера менше  $\varepsilon_p$ , то:



4.1 Якщо дельта відстані більше, ніж  $\varepsilon_l$  – класифікувати віддалення об'єкту при нерухомому пристрої.

4.2 Інакше, якщо менше за  $\varepsilon_l$  – класифікувати наближення об'єкту при нерухомому пристрої.

Крок 5 Визначити клас зміни нерівності поверхні на основі вхідного буфера та масиву коефіцієнтів методом нейронних мереж.

Крок 6 Видалити перший кортеж із буфера.

Крок 7 Перейти на крок 2.

У процесі формування методу класифікації зміни вигляду поверхні було проведено попередні дослідження ефективності різних методів машинного навчання у вирішенні поставленої задачі.

Для дослідження ефективності розробленого методу було виконано перевірку його роботи на вибірці, що не увійшла в навчальну та тестову вибірки. Результати дослідження наведено у таблиці 1. Усі методи використовують ідентичні вхідні дані. У результатах враховано лише дані отримані класифікатором нелінійних випадків.

Табл. 1 Точність алгоритму та інших методів машинного навчання

Алгоритм	Без шуму	Шум 10%	Шум 20%
Розроблена нейронна мережа	0.91	0.89	0.8
Нейронна мережа (2 шари)	0.9	0.85	0.81
AdaBoost на основі SVC	0.85	0.81	0.78
SVC	0.8	0.8	0.72
Логістична регресія	0.71	0.65	0.58
Ліс прийняття рішень	0.6	0.55	0.54
AdaBoost на основі дерев прийняття рішень	0.52	0.48	0.46
Дерево прийняття рішень	0.31	0.30	0.26

Таким чином, описаний метод можна використовувати в якості класифікатора в тактильно-зорових системах сенсорного заміщення з огляду на достатньо високий рівень якості класифікації та порівняно невисоку обчислювальну складність.

## Література

1. Bach-y-Rita P. Vision substitution by Tactile Image Projection / P. Bach-y-Rita, C. C. Collins, F. A. Saunders, B. White, L. Scadden // Nature. 1969. — V. 221. — P. 963-964.
2. Chekhchoukh A. Vision substitution and moving objects tracking in 2 and 3 dimensions via vectorial electro-stimulation of the tongue / Abdessalem Chekhchoukh, Nicolas Vuillerme, Nicolas Glade. – 2011.

3. Meijer P.B.L. An Experimental System for Auditory Image Representations / P.B.L. Meijer // IEEE Transactions Biomedical Engineering. — 2002. — P. 112–121.
4. Кальницький Р.І. Про перетворення просторової інформації в тактильну в системах заміщення зорової інформації/ О.Г. Жданова, Р. І. Кальницький, М.О. Сперкач// Науковий огляд, 2017. – №3/35.– С.47-57.

УДК 159.98 : 316.66

## **ШЛЯХИ ДІАГНОСТИКИ ДЕФОРМАЦІЇ ОСОБИСТОСТІ СЛУЖБОВЦІВ СИЛОВИХ СТРУКТУР**

О.В. Андрієнко, В.М. Базилевич

*Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України,  
Чернігівський національний технологічний університет*

Аксіомічним є факт, що професійна діяльність займає важливе місце у житті людини, суттєво впливає на її соціальне формування та поведінку. Окремою проблемою, яка увиразнює специфіку професій типу “людини-людина” є професійна деформація. Її досліджували К. Маслач, С. Браун, В. Холдер, Дж. Коллінс, Д. Трунов та інші вчені. Глибоке та різнобічне вивчення професійної деформації особистості персоналу силових структур здійснено в роботах Ю. Александрова, С. Безносова, І. Долматової, М. Іцковича, Д. Новікова, В. Медведєва.

За систематизацією Е. Зеєра розрізняють деформацію загально- та спеціально-професійну, професійно-типологічну (деформації професійної спрямованості особистості персоналу; деформації, які виникли на ґрунті розвитку спеціальних здібностей; деформації, які обумовлені рисами характеру) та особистісні деформації.

Більшість дослідників використовують поняття “деформація”, як механізм, що пояснює продукування певної поведінки та негативних характеристик професійних груп, особистості з девіантною поведінкою, спілкування, волі, відхилень у ціннісно-мотиваційній сфері життя особистості тощо.

Залежно від підходу при розгляді феномену деформації особистості, психологи вивчають негативні зміни складових структури особистості. Соціально-психологічні дослідження цього явища вимагають використання великої батареї методів та змушують дослідника до якісного проведення дослідницьких процедур. Так Ю. Александров (2004р.) у процесі вивчення професійної деформації співробітників органів внутріш-

ніх справ використовував наступний психодіагностичний комплекс: методика виявлення ціннісних орієнтацій за М. Рокічем, опитувальник Басса-Даркі, анкетування на визначення професійної мотивації, кольоровий тест відношень, діагностика рівня емоційного вигорання В. В. Бойка, діагностика ступеня задоволення основних потреб, адаптовані варіанти кольорового тесту М. Люшера (метод кольорових виборів), прогресивні матриці Равенна, методика багатобічного дослідження особистості (МБДО). Російський дослідник М. Іцковіч (2008р.) вивчав деформацію ціннісно-мотиваційної сфери особистості пенітенціарного персоналу за допомогою “Опитувальника термінальних цінностей”, методу портретних виборів (методика Л. Сонді), методики 16PF Кеттела в інтерпретації, анкети на виявлення професійно-важливих якостей персоналу, тесту “Конструктивність мотивації”, МЦВ в інтерпретації Л. Собчик, методу кольорових метафор І. Соломіна, анкети “Задоволеність соціально-психологічним кліматом та стимуляцією професійної діяльності”. Військовий психолог О.В. Петренко (1998р.) у процесі аналізу деформації особистості офіцерів виходив із позиції “аномальних особистісних трансформацій”, провів локальне дослідження в окремо взятому військовому підрозділі та скринінг-дослідження широкого спектру характерологічних, поведінкових, а також мотиваційних особливостей вибірки військовослужбовців-офіцерів у діапазоні військових звань від лейтенанта до підполковника з вислугою в офіцерському званні від одного року до десяти років і більше. Дослідник використав семантичний диференціал Ч. Осгуда, психологічні опитувальники Т. Лірі, К. Томаса, Р. Кеттела, а також тест М. Люшера. Отже спроби учених вивчити деформацію особистості персоналу різних силових структур підкреслюють необхідність проведення комплексної оцінки діагностичного інструментарію для визначення особливостей цього феномену. У результаті досліджень аналізується велика кількість параметрів за десятками показників від кожного члена вибірки, що, в результаті потребує зменшення обсягу вибірки на прийнятних рівнях значущості граничних значень коефіцієнтів кореляції, необхідних для коректного виявлення статистичних залежностей між різними показниками.

Останнім часом у практиці психодіагностики використовують комп’ютерні програми для проведення статистичних розрахунків у психологічних дослідженнях різних явищ. Недоліком цього дослідницького методу є складність набору матриці, а також зведення висновків якісного та системного дослідження до висновків, що спираються на статистичні розрахунки. Позитивним – швидкість та зручність використання.

Зважаючи на те, що потенційна вибірка учасників діагностики може вимірюватись тисячами – швидкість отримання та обробки результатів стає одним із вирішальних факторів. Тому авторами пропонується розробка психодіагностичного інструментарію на базі існуючих веб-платформ для тестування а обробка результатів за допомогою системи статистичного аналізу даних.

До сучасних веб-платформ для тестування, що частково або повністю задовільняють вимогам до майбутньої системи можна віднести: Google форми, Quizlet, Proprofs, Kahoot!, Classmarker, Plickers, Easy Test Maker та інші. Ще однією з головних переваг використання веб-платформ є можливість доступу до них з будь-якої точки світу за допомогою комп'ютера, ноутбуку, планшету або навіть смартфона (більшість вищезазначених систем мають веб-додатки під платформи Android та IOS).

Що стосується обробки результатів, то в залежності від кількості та складності факторів, що будуть отримані в результаті збору інформації пропонується використовувати один із трьох варіантів: Google таблиці, MS Excel або професійну систему статистичного аналізу даних SPSS.

Отже, запропоновані шляхи дозволяють значно розширити можливість діагностики професійної деформації особистості.

Зважаючи на розповсюдженість явища, низка чинників професійної деформації особистості властива не тільки воєнізованим професійним спільнотам, а отримані результати досліджень цього явища можуть бути використані не тільки у силових структурах, але й в інших сферах професійної діяльності, де існує ризик виникнення професійної деформації особистості.

Реальність аномальних особистісних трансформацій серед представників окремих професійних груп робить актуальним проведення заходів психокорекції, здатних на належному рівні виконувати превентивну функцію. Але на сьогодні розробка таких заходів пов'язана з суттєвими труднощами у наслідок недостатньої діагностики проблеми. Залишаються невивченими як сутність та ключові ознаки цього явища, так і основні механізми його виникнення. Не розроблені підходи до визначення розбіжностей між процесами формування особистості професійного типу і професійної деформації особистості. У цих умовах аналіз явища професійної деформації особистості здебільшого зводиться до описових нарисів його зовнішніх ознак за результатами психологічних спостережень, а також до обговорення окремих розрізнених

патогенних чинників, специфічно властивих тому чи іншому виду діяльності.

УДК 51.74:004.94

## ПОБУДОВА СТАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ХРЕБТА ЛЮДИНИ

Кулінський В.М.

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна*

В ХХІ столітті хвороби опорно-рухового апарату стають усе більш поширеними та завдають великого клопоту у повсякденному житті людини. Для вдалої діагностики та лікування хвороб хребта людини стало завдання створити математичну модель хребта для визначення деформації хребців при їх навантаженні та їх подальшому поширенню.

Хребет складається з 23 хребцево-рухових сегментів, кожний з яких представляє рухливу ланку, що бере участь у забезпеченні різноманітних функцій хребта як єдиної функціональної системи. Хребетний стовп людини виконує такі функції: опорну, захисну і рухову. Він має Z-подібну форму з чотирма вигинами які забезпечують ресорну функцію. [1]

Метою створення моделі є побудова математичної моделі хребта людини, що правильно описує його форму, вигинаючі моменти та різучі сили для знаходження функції  $f(x)$  – відхилення хребта від вертикальної осі, при статичному навантаженні.

$$f(x) = u(x) + u_0(x), \quad (1)$$

де  $u(x)$  – деформаційна складова,  $u_0(x)$  – початкова форма.

Для побудови статичної математичної моделі хребет був представлений як гнучкий стрижень, розбитий на  $n$  блоків, що є представленням хребців разом з міжхребцевими з'єднаннями. В межах такого блоку параметри є константними [2].

Параметрами моделі є:

- форма спокою стрижня  $u_0(x)$ ;
- розподіл ваги тіла вздовж хребта ( $P_i$  – вага, що діє на  $i$ -й хребець);
- модулі Юнга хребців з урахуванням міжхребцевих з'єднань ( $E_i$ );
- моменти інерції хребців ( $J_i$ ).

Важливо було відмітити, що хребет не є неперервним стрижнем, тому параметри визначаються дискретно.

Так як початкова форма не впливає на напруженість то задача полягала в знаходженні деформаційної складової  $u(x)$  для прямого гнучкого стрижня, що є задачею Ейлера. Для її розв'язання було використано принцип мінімуму потенційної енергії.

Потенційна енергія описаної системи задається таким функціоналом від функції  $u(x)$ :

$$W(u) = \frac{1}{2} \int_0^1 E(x)J(x) \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right)^2 dx - \int_0^1 P(x)u(x) dx \quad (2)$$

Для розв'язання задачі мінімізації функціоналу використовується метод Рітца. Виходячи з принципу мінімізації потенціальної енергії ми побудували систему лінійних рівнянь (3) з якої було знайдено деформаційну складову, а отже і функцію відхилення хребта від вертикальної осі.

$$\frac{\partial W}{\partial c_r} = 0, r = 1, \dots, M \quad (3)$$

Для візуалізації результатів, розроблена програма на платформі .NET, що візуалізує роботу цієї моделі. При написанні використовувалась математична бібліотека MathNet для розрахунків та OpenGL для візуалізації.

В роботі було розглянуто побудову статичної моделі хребта людини. Візуалізація результатів дала змогу визначити небезпечну напругу на окремі хребці, а отже спрогнозувати поширення деформації хребта людини.

### Література

1. Педанченко Е.Г., Куцаев С.В. Пункционная Вертебропластика. – Киев: А.Л.Д., 2005. – 520 с.
2. Светлецкий В.А. Механика Стержней. Часть 1: Статика. – Москва: Высшая Школа, 1987. – 320 с.

УДК 334.012.64

## МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ КІЛЬКОСТІ ПІДПРИЄМСТВ В УКРАЇНІ

Л.М. Клінцов, В.І. Гур'єв.

*Чернігівський національний технологічний університет.*

Проблема моделювання динаміки кількості підприємств тісно пов'язана з оцінкою розвитку економіки України в ринкових умовах. Отримання адекватних моделей динаміки кількості підприємств, дозволить прогнозувати подальший розвиток економіки України, відслідковувати наслідки прийнятих в Україні законів і постанов які стосуються МП та міжнародної економічної ситуації.

Ряд математичних моделей для моделювання, малих підприємств МП, викладені у роботі [1], де проаналізовані різні форми математичних

моделей, для прогнозування динаміки МП. Однак в силу різких спадів та підйомів кількості МП, запропоновані форми рівнянь не можуть адекватно описувати процес зміни кількості малих підприємств у часі.

Метою даної доповіді є знаходження методики адекватного практичного опису динаміки взагалі як МП так і всієї множини підприємств України за допомогою стандартних засобів Microsoft Excel.

Візьмемо з таблиці 1 статистичні дані підприємств .

Таблиця 1. Динаміка кількості підприємств в Україні 2010-2015[2,3]

Роки	Великі підприємства	Середні підприємства	Малі підприємства
2010	586	20983	357241
2011	659	20753	354283
2012	698	20189	344048
2013	659	18859	373809
2014	497	15906	324598
2015	423	15202	327815

Для аналізу змін зробимо нормалізацію даних таблиці.

Таблиця 2 Нормалізовані данні.

Роки	Великі підприємства	Середні підприємства	Малі підприємства
2010	-0,00931	0,927142	0,548416
2011	0,67032	0,835791	0,390541
2012	1,03341	0,611784	-0,15572
2013	0,67032	0,083539	1,432684
2014	-0,8379	-1,08932	-1,19381
2015	-1,52684	-1,36893	-1,02211

Представимо дані таблиці 2 на графіку Рис.1

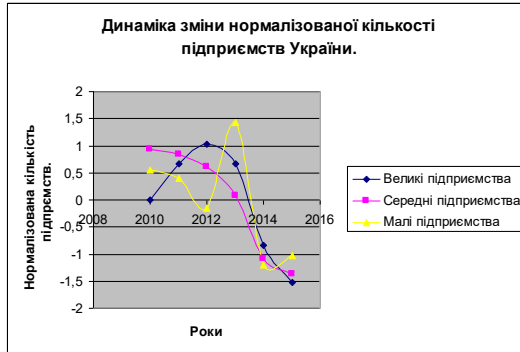


Рис 3 Динаміка зміни нормалізованої кількості підприємств України.

Як бачимо, хвилеподібний характер зміни кількості малих підприємств який діє з великою амплітудою, що не дає можливості адекватного опису динаміки стандартними засобами Microsoft Excel. Законодавство України проводить більш глибокий поділ підприємств на малі і мікропідприємства [3]. Цей поділ представлено у таблиці 3.

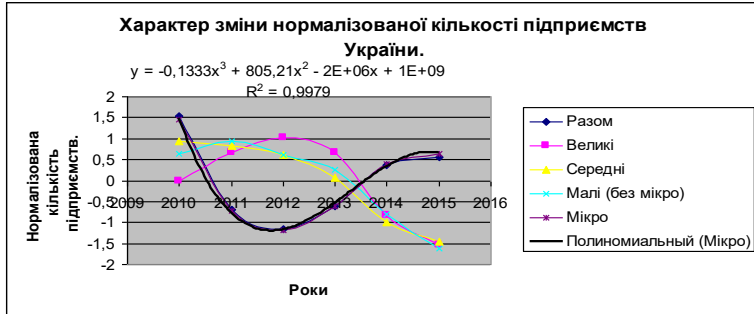
	Разом	Великі	Середні	Малі (без мікро)	Мікро
2010	2183928	586	21338	68316	2093688
2011	1701620	659	21059	71083	1608819
2012	1600127	698	20550	68103	1510776
2013	1722070	659	19210	65021	1637180
2014	1932161	497	16618	55159	1859887
2015	1974318	423	15510	47555	1910830

Проведемо нормалізацію даних таблиці 3  
Таблиця 4 Нормалізовані дані.

	Разом	Великі	Середні	Малі (без мікро)	Мікро
2010	1,530993	0,00931	0,935205	0,628418	1,465867
2011	-0,6961	0,67032	0,82129	0,929436	-0,73127
2012	-1,16476	1,03341	0,613467	0,605246	-1,17554
2013	-0,60167	0,67032	0,066348	0,269959	-0,60275
2014	0,368438	-0,8379	-0,991958	-0,80291	0,406422
2015	0,563102	-1,52684	-1,444351	-1,63014	0,637265



Представимо нормалізовані дані на графіку Рис 2.



Як бачимо з графіку рис 2 характер динаміки кількості підприємств суттєво змінився і може бути якісно апроксимований за допомогою стандартних засобів Microsoft Excel параболічним рівнянням третього порядку. При цьому, криві загальної кількості підприємств і мікропідприємств практично співпадають у нормалізованому вигляді.

Динаміка зміни великих, середніх і малих підприємств теж стала більш плавною, що дозволяє якісно описувати їх кубічними параболічними.

Для опису процесів динаміки коефіцієнтами у десятковій нотації, проведемо заміну років 2010 на 10, 2011 на 11 і т. д., також поділимо загальну кількість підприємств і мікропідприємств на  $10^6$ , створимо нову таблицю, з якої розрахуємо рівняння регресії.

Таблиця 5.

	Разом Шт. $\cdot 10^{-6}$	Великі шт..	Середні шт..	Малі (без мікро) шт..	Мікро $\cdot 10^{-6}$ шт.
10	2,183928	586	21338	68316	2,093688
11	1,70162	659	21059	71083	1,608819
12	1,600127	698	20550	68103	1,510776
13	1,72207	659	19210	65021	1,63718
14	1,932161	497	16618	55159	1,859887
15	1,974318	423	15510	47555	1,91083

Разом  $y = -0,0292x^3 + 1,1627x^2 - 15,257x + 67,647$  (2)

$R^2 = 0,9982$

Великі  $y = 4,3981x^3 - 192,41x^2 + 2688,2x - 11461$  (3)

$R^2 = 0,9552$

Середні  $y = 67,657x^3 - 2760x^2 + 35691x - 127344$  (4)

$R^2 = 0,9856$

Малі  $y = 185,1x^3 - 8358,9x^2 + 116852x - 449426$  (5)

$$R2 = 0,9916$$

$$\text{Мікро малі } y = -0,0294x^3 + 1,174x^2 - 15,412x + 68,235 \quad (6)$$

$$R2 = 0,9979$$

Висновки. Показано, що для якісного опису динаміки зміни кількості підприємств, необхідно відокремити малі і мікропідприємства. Отримані адекватні рівняння регресії для опису загальної динаміки кількості підприємств, динаміки великих, середніх, малих і мікро малих підприємств з 2010 по 2015 роки

### Література

1. Лапшин В.І., Кузніченко В.М., Стеценко Т.В. Динаміка кількості малих підприємств в Україні / Глобальні та національні проблеми економіки: Миколаївський національний університет імені В.О. Сухомлинського.-Миколаїв, Випуск 9. 2016 с 867-870.

2.Швець Г. Сучасні тенденції малого підприємництва в Україні. [Електронний ресурс] Режим доступу [http://econf.at.ua/publ/konferencija\\_2016\\_10\\_20\\_21/sekcija\\_5\\_ekonomichni\\_i\\_nauki/suchasni\\_tendenciji\\_malogo\\_pidpriemnictva\\_v\\_ukrajini/54-1-0-13](http://econf.at.ua/publ/konferencija_2016_10_20_21/sekcija_5_ekonomichni_i_nauki/suchasni_tendenciji_malogo_pidpriemnictva_v_ukrajini/54-1-0-13)

3.Вікіпедія [Електронний ресурс] Режим доступу [https://uk.wikipedia.org/wiki/Малі\\_та\\_середні\\_підприємства](https://uk.wikipedia.org/wiki/Малі_та_середні_підприємства)

УДК 681.513

### КОНЦЕПЦИЯ МОБИЛЬНОГО УЧЕБНОГО КОМПЛЕКСА

М.И. Демиденко, О В. Корниенко

*Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка, Украина*

Компания Gartner, которая является одним из лидеров по исследованиям в сфере информационных технологий, объявила, что в 2013 году продажи смартфонов впервые превысили продажи обычных телефонов.

Основными пользователями таких устройств является молодежь. Как показывает опыт, более 90% студентов имеют смартфон либо планшет. Поэтому есть возможность задействовать такие устройства в учебном процессе.

**Актуальность темы.** Обеспечение качественного проведения всех видов учебных занятий для студентов инженерных специальностей (особенно ИТ) требует серьезных капиталовложений (проектор, сеть, компьютерная техника, и т.п.). Кроме того часть студентов может использовать гаджеты во время занятий не по назначению. Следовательно, актуальной является задача задействование вычислительных мощностей мобильных устройств в учебном процессе.

**Постановка задачи** – разработать концепцию мобильного учебного комплекса, который обеспечит качественное проведение всех видов учебных занятий в любых помещениях так и за их пределами с использованием мобильных устройств студентов. Для реализации концепции мобильного учебного комплекса необходимо:

Реализовать автономную локальную сеть.

1. Реализовать средства визуализации учебного контента.
2. Реализовать средства для проведения практических и лабораторных занятий
3. Реализовать средства для контроля знаний
4. Все указанные средства должны быть независимыми от электрической сети.

В качестве мобильного Wi-Fi роутера предлагаются такие устройства:

- Tenda 3G150B (емкость аккумулятора 1500 мАч)
- Xiaomi Zmi MF855 (емкость аккумулятора 7800 мАч, функция NAS)

Тестирование сети на базе Tenda 3G150B показало, что роутер без потери скорости поддерживает до 40 подключений (без подключения WAN).

**Средства визуализации.** Основными типами контента, которые задействуются для визуализации учебного материала, являются: электронные презентации, изображения, видео, аудио. Следовательно для вещания видео, аудио, изображений можно задействовать технологию Digital Living Network Alliance (DLNA) - набор стандартов, позволяющих совместимым устройствам передавать и принимать по домашней сети различный медиа-контент (изображения, музыку, видео), а также отображать его в режиме реального времени. В качестве серверов прошли апробацию: DLNA Home Media Server (для Windows) и DLNA Server (для Android). В качестве клиентов: VLC Player (для Windows, Android, IOS) и MediaHouse (для Android).

В результате исследования получены такие результаты.

Преимущества:

- низкая нагрузка на серверное оборудование (DLNA Server, установленный на планшете, позволил вещать медиа-контент на аудиторию более 30 человек, без заметной нагрузки на устройство);
- возможность создания нескольких конфигураций сервера для разных групп слушателей;
- возможность вещания видео, аудио, изображений.

Недостатки:

- отсутствие вещания презентаций;

- отсутствие возможности масштабирования изображений на устройствах с экраном менее 3,5 дюйма.

Для демонстрации презентаций можно задействовать технологию Real Time Streaming Protocol (RTSP) – потоковый протокол реального времени – протокол, позволяющий пользователю удаленно воспроизводить поток мультимедийных данных (аудио и видео) с помощью гиперссылки и мультимедийного плеера.

В качестве серверов прошли апробацию: Open Broadcaster Software (для Windows), Screen Stream Mirroring (для Android). В качестве клиентов: VLC Player (для Windows, Android, IOS), RTSP Player (для Android)

В результате исследования получены такие результаты

Преимущества:

- средняя нагрузка на серверное оборудование;
- возможность проводить демонстрацию работы всех приложений, установленных на сервере (например проводить демонстрации выполнения программного кода для ИТ специальностей).

Недостатки:

- отсутствие поддержки протокола Android-устройствами версии ниже 4.0.

**Средства для проведения практических и лабораторных занятий.** Этот вопрос рассмотрен на примере дисциплин специальности «Компьютерные науки». Для проведения практических и лабораторных работ, на Android устройствах, по дисциплинам связанных с программированием такими продуктами:

- AIDE (среда разработки на Java);
- CppDroid (интерпретатор C/C++);
- IAssembly (интерпретатор Assembler);
- Pascal N-IDE (интерпретатор Pascal);
- Android Web Developer (интегрированная среда разработки PHP, CSS, JS, HTML, JSON) и т.д.

Для хранения методических материалов и приема результатов рекомендуется использовать протокол FTP

**Средства контроля знаний.** Поиск по <https://play.google.com> показал, что практически все приложения для тестового контроля знаний являются узконаправленными на одну или несколько предметных областей и не имеют возможности выполнять пользовательские тесты.

Для реализации концепции мобильного комплекса, разработано приложение с такими функциями:

- загрузка теста из xml файла;
- расшифровка содержимого теста;

- выбор правильного ответа;
- выбор нескольких правильных ответов;
- ввод правильного значения тестового задания;
- графическое оформление правильных и неправильных ответов;
- таймер отсчета времени на выбор ответа;
- подсчет и отображение количества набранных баллов;
- вывод результата на экран;
- отправка результата на электронный адрес преподавателю после прохождения теста.

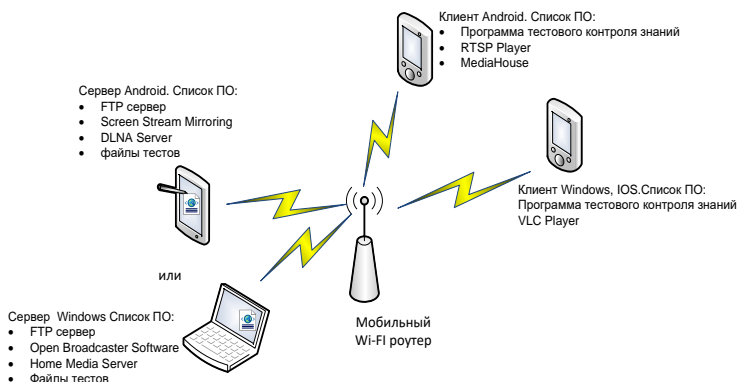


Рис. 1 Концепция мобильного учебного центра

**Выводы.** Представленная концепция мобильного учебного комплекса (рис.1) позволит организовать учебный процесс на более высоком уровне без серьезных капиталовложений. Обеспечит возможность проведения занятий за пределами ВУЗа (например, на предприятиях). Большинство рассмотренных в концепции программных продуктов являются бесплатными. По результатам проведения нескольких учебных занятий были получены такие результаты (Wi-Fi роутер. Tenda 3G150B, сервер DLNA Планшет Dex iP800-16GB, сервер RTSP Планшет Nomi C070010 Corsa).

При использовании технологии DLNA достаточно такой конфигурации Android устройства: двухядерный процессор, память 1 Гб, Android 4.0.

При использовании технологии RTSP достаточно такой конфигурации Android устройства: четырехядерный процессор, память 1 Гб, Android 5.0.

Для клиентских Android устройств: одноядерный процессор, память 512 Мб, Android 4.0.

УДК 004.415.2

## **АВТОМАТИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПРОВЕДЕННЯ ЗМАГАНЬ**

О.О.Бородіна, Р.А. Кохацький

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Україна*

Інформаційні процеси стають однією з найважливіших складових життєдіяльності людини та соціуму. На сьогоднішній день неможливо уявити організацію спортивних змагань без застосування інформаційних технологій, які забезпечує оперативний збір, передачу, зберігання та обробку великої кількості інформації.

Одним з найбільш важливих аспектів регламентації умов змагальної діяльності є обрана система проведення змагань. Від особливостей обраної системи залежать загальна тривалість змагань, кількість зустрічей, поєдинків, кіл та ін. Класичною системою при проведенні змагань з плавання є пряма система, в якій результати учасників оцінюються метричними одиницями або системою балів. В разі якщо учасники показали однаковий результат в попередніх або півфінальних запливах, приймається рішення про перезаплив. У підсумковому змаганні учасники з одним й тим же результатом ділять місце. Однак дана система формування запливів не підходить для спортсменів категорії «Мастерс» в зв'язку з тим, що формування запливів здійснюється на основі тільки попередніх результатів, які вказав спортсмен у заявці для участі у змаганні. Використання такої система не є доцільним, оскільки змагання проводяться в досить стислі терміни, що потребує миттєвого отримання результатів проведених змагань. Тому розроблена система повинна відповідати таким критеріям:

- on-line прийом заявок на участь у змаганнях;
- складання стартового протоколу;
- збереження результатів змагань в базі даних;
- надання результатів запливу з розрахунком очок FINA;
- формування рейтингу спортсмену у віковій категорії та по отриманих очкам;
- складання протоколів змагань;
- можливість редагування оформлення протоколу змагання користувачем;

– можливість розрахунку очок для командного заліку.

AICПЗ реалізована в вигляді Web-додатку. Система керування контентом забезпечує адміністраторові сайту можливість виконання наступних дій:

- створення нової заявки для участі в змаганнях;
- редагування заявки раніше зареєстрованого учасника змагань;
- формування списку поданих заявок та можливість конвертації у формати: .pdf, .xls, .csv, .html, .json;
- додавання нових дистанцій та редагування існуючих;
- додавання та редагування вікових категорій;
- автоматичне формування запливів по дистанціях, а також доступна функція ручного редагування;
- заповнення таблиці результатами після кожного запливу та нарахування очків за часом;
- формування рейтингу за віковою категорією та за отриманими очками;
- формування загального рейтингу на основі трьох найкращих результатів;

Користувачка частина представлена формою для реєстрації учасників змагань складається з наступних компонентів:

- загальної інформації про учасника змагань (рис.1) ;

reg.skazhenkarasi.com.ua

My Company

Регістрація на відкриті першість Полтавської області з плавання серед спортсменів категорії "Мастерс"

Порядок заявки

Ім'я	Прізвище	По-батькові	Дата народження
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ім'я клубу	Місто	Електронна пошта	Номер телефону
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Стать	Вікова категорія	Кількість дистанцій на 1-й день	Кількість дистанцій на 2-й день
<input type="text" value="Чоловіча"/>	<input type="text" value="25-29"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Взяти участь у естафеті  З умовами згоден  [Відкрити умови](#)

Рис.1. Загальної інформації про учасника змагань

- дистанції, які обрав учасники змагань (рис. 2) ;

Рис. 2. Дистанції, які обрав учасники змагань

- інформації про склад учасників, які прийматимуть участь у естафеті (рис. 3)

Рис. 3. Інформації про склад учасників, які прийматимуть участь у естафеті

Загальний вигляд адміністративної частини представлено на рисунку 4.



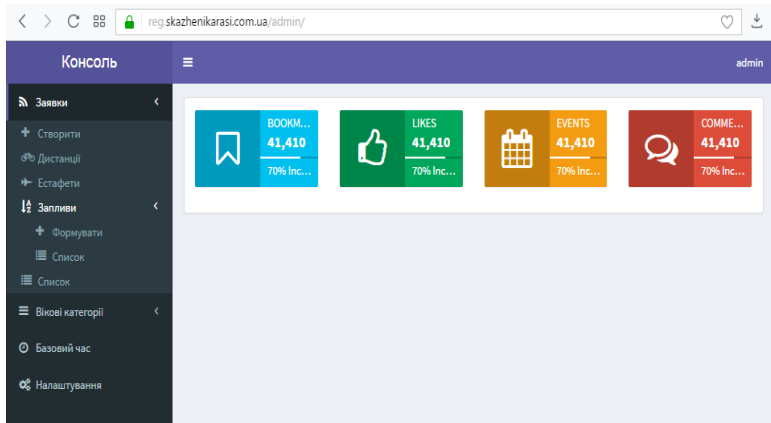


Рис. 4. Адміністративна частина АІСПЗ

Таким чином, розроблена система забезпечує швидку обробку інформації для формування необхідної документації для проведення та підведення результатів змагань.

### Література

1. V Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/2013/250/2071>

УДК 519.85.61

## ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІДДІЛЕННЯ ПОЛІКЛІНІКИ ЗАСОБАМИ ANYLOGIC

Ю.В. Бабенко

*Національна металургійна академія України*

Впровадження інформаційних технологій в різні сфери життя дає кожному з нас величезні переваги, оптимізуючи нашу діяльність і роблячи її більш ефективною. Імітаційна модель відділення поліклініки, яка запропонована в даній роботі, полегшує збір статистичних даних, за допомогою яких можна буде оптимізувати діяльність медичного персоналу та підвищити якість обслуговування пацієнтів.

У даній роботі розглянуто систему, яка надає сервісне обслуговування пацієнтів в поліклініці. У відділенні знаходиться реєстратура, що відповідає за дві операції: видачу амбулаторних карт та запис на прийом

до лікаря. У реєстратурі стоять відвідувачі. Після обслуговування кожен пацієнт йде на прийом.

Мета моделювання – дослідження ефективності системи масового обслуговування, оцінка ефективності системи, знаходження числових значень показників, що характеризують якість обслуговування системою потоку відвідувачів. Такими характеристиками є: 1. час, проведений пацієнтом в поліклініці; 2. довжина черги, яку він відстояв; 3. відсоток часу зайнятості обслуговуючого персоналу.

Структура імітаційної моделі повинна відображати структуру реальної системи масового обслуговування: заявки (пацієнти) генеруються (входять в систему), стають в чергу до обслуговуючих лікарів, а після повного обслуговування залишають систему. Характерною особливістю системи масового обслуговування є стохастична природа описання цих характеристик.

Після розробки імітаційної моделі «Polyclinic\_model» у середовищі AnyLogic [1, 2] було проведено тестування впливу таких законів розподілу як: трикутного, рівномірного та закону Коши – на роботу імітаційної моделі поліклініки. Досліджувався вплив кількості персоналу на середній час знаходження пацієнта в відділенні поліклініки та його час очікування у зв'язку з відсутністю вільного лікаря або обладнання. Як приклад на рисунку 1 наведені результати тестування трикутного закону розподілу при кількості наявних лікарів 2, 5 та 8.

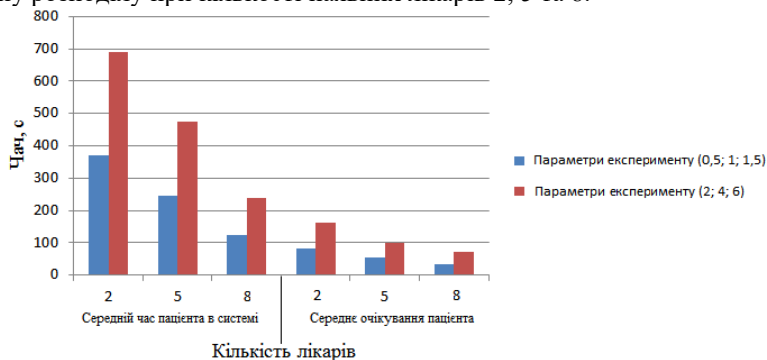


Рисунок 1 – Діаграма тестування системи «Polyclinic\_model» за трикутним законом розподілу

Розроблена імітаційна модель дала змогу оцінити продуктивність роботи відділення поліклініки в кількості проведених обстежень, та в необхідній кількості обладнання при кожному тестуванні. Модель надала статистику за кількістю обслужених пацієнтів і рівня зайнятості

ресурсів. Це дозволило виділити можливі ризики і складності при проектуванні нових відділень або модернізації існуючих, беручи до уваги показники використання ресурсів.

За математичними розрахунками визначено, що найбільш оптимальним варіантом для роботи відділення поліклініки є спільна робота п'ятеро лікарів. При цьому середній час пацієнтів в системі приймає середнє значення, а завантаженість лікарів є оптимальною. Тобто завантаженість лікарів дозволяє потрапити всім пацієнтам на обстеження. Більша кількість лікарів створює простоту їх роботи. Для роботи більш ніж п'яти спеціалістів необхідно збільшувати кількість процедурних кімнат та обладнання. Менша кількість лікарів створює великі черги і надмірну зайнятість спеціалістів.

### **Література**

1. Киселева М.В. Імітаційне моделювання систем в середовищі Anylogic / Киселева М.В.. – Екатеринбург, 2009. – 95 с.  
Корольов, А.Л. Комп'ютерне моделювання / А.Л. Корольов. - М. : БИНОМ. ЛЗ, 2013. - 230 с

УДК 519.862 + 004

## **КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

Ю.М. Лисецкий  
*ДП «ЭС ЭНД ТИ УКРАИНА»*

Развитие информационных технологий управления сложными объектами, поддержки принятия решений при их построении и функционировании, разработка систем мониторинга, распределенных информационных систем, автоматизированных информационных систем, информационно-аналитических систем и других их видов нашли свое отражение в работах зарубежных и отечественных авторов [1–6].

Признавая научную и практическую ценность этих разработок, необходимо отметить, что они в основном рассматривают вышеречисленные виды информационных систем, как программные комплексы, не уделяя должного внимания их аппаратной составляющей как необходимой и очень важной части, особенно для территориально распределенных структур. Поэтому в настоящее время отсутствует целостная концепция построения корпоративных интегрированных информа-

ционных систем (КИИС) для территориально распределенных организаций и предприятий как единого комплекса программно-аппаратных средств.

Для разработки модели КИИС инвариантной к программно-аппаратным платформам и, отрасли экономики, для которой она создается, в основу были положены следующие концепция и принципы [6].

1. Концепция единой мультисервисной сети организации, являющейся основой КИИС и обеспечивающей передачу голоса, видеоизображения и данных. Концепция мультисервисности содержит несколько аспектов, относящихся к различным сторонам построения сети [7, 8]: конвергенция загрузки сети, определяющая передачу различных типов трафика в рамках единого формата представления данных; конвергенция протоколов, определяющая переход от множества существующих сетевых протоколов к общему (как правило, IP); физическая конвергенция, определяющая передачу различных типов трафика в рамках единой сетевой инфраструктуры; конвергенция устройств, определяющая тенденцию построения архитектуры сетевых устройств, способную в рамках единой системы поддерживать разнотипный трафик; конвергенция приложений, определяющая интеграцию различных функций в рамках единого программного средства; конвергенция технологий определяющая тенденцию к созданию единой общей технологической базы для построения сетей связи, способной удовлетворять требованиям и региональных сетей связи, и локальных вычислительных сетей; организационная конвергенция, предполагающая централизацию сетевых, телекоммуникационных, информационных служб под управлением менеджеров высшего звена, что обеспечивает необходимые организаторские предпосылки для интегрирования голоса, видеосигнала и данных в единой сети.

2. Принцип универсальности – расширения предметных областей применения.

3. Принцип нейтральности к приложениям предметной области.

4. Принцип инвариантности – независимости от используемых аппаратных и программных средств.

5. Принцип стандартизации – максимальное использование промышленных программных и аппаратных средств. Это позволит существенно сократить время проектирования и внедрения создаваемых КИИС.

6. Принцип совместимости компонентов на уровне интерфейсов и протоколов.

7. Принцип интеграции компонентов КИИС с помощью каналов связи.

Данные принципы создают основу для построения КИИС в гетерогенной среде для различных отраслей экономики.



Рисунок 1 – Модель КИИС

чек зрения или уровней абстракции.

Собственно модель КИИС представляется в виде пирамиды, имеющей пять уровней и которая приведена на рис. 1.

Прикладной уровень или уровень приложений – это верхний уровень модели. Он реализован на программных средствах и определяет тип организации и отраслевую принадлежность системы. Это приложения, которые достаточно хорошо известны: ERP (Enterprise Resource Planning) для промышленных предприятий, САБ (Система Автоматизации Банка) для финансовых учреждений, OSS/BSS (Operation Support System/Business Support System) для операторов связи и т.д.

Системный уровень также реализован на программных средствах и включает в себя используемые в КИИС операционные системы (Unix, Linux, Windows и т.д.), системы управления базами данных (MS SQL, Oracle, IBM DB2 и т.д.) и системные сервисы (Exchange, Lotus, MS Active Directory и т.д.).

Инфраструктурный уровень представляет собой комплекс взаимосвязанных между собой аппаратных платформ, используемых в организации и обеспечивающих ее функционирование и поддержку существующих бизнес-процессов. К ним относятся серверы, системы хранения данных, персональные компьютеры, периферийные устройства и т.д.

Сетевой уровень – это, собственно, единая мультисервисная сеть (LAN, WAN), способная передавать голос, видеоизображения и данные.

Для удобства описания предлагается «уровневая» модель КИИС. Такая модель по аналогии с моделью Захмана [1] преследует две основные цели: с одной стороны, логически разбить все описание КИИС на отдельные уровни для упрощения их формирования и восприятия, с другой, обеспечить возможность рассмотрения КИИС как целостного объекта с различных то-

В состав сети входят такие устройства, как коммутаторы, маршрутизаторы, точки доступа, межсетевые экраны.

Физический уровень – самый нижний уровень, непосредственно осуществляющий передачу потока данных. Может быть организован на различных каналах связи: проводных (волоконно-оптические линии связи, медные провода), беспроводных (Wi-Fi, WiMAX, PPJ), спутниковых (SCPC и MCPC, DAMA, TDM/TDMA, FTDMA, MF-TDMA).

Отметим, что в предложенной модели КИИС – первые четыре уровня описывают архитектуру системы, а пятый – соответствует уже не уровню описания архитектуры, а уровню работающей организации в целом и определяет ее отраслевую принадлежность.

Таким образом, предложенные концепция и принципы создают основу для построения КИИС как единого комплекса программно-аппаратных средств для различных отраслей экономики. А разработанная модель, является основой для создания универсальной технологии построения КИИС из представленного на рынке набора промышленных программных и аппаратных средств. Предусмотренные моделью механизмы взаимодействия компонентов позволяют оперативно наращивать функциональность КИИС, интегрировать ее с другими системами. Основным преимуществом модели является ее инвариантность.

## Литература

1. Zachman J. A. [A framework for information systems architecture](#) / J. A. Zachman // IBM Syst. J. 1987. – N 26, 3. – P. 276–292.
2. Морозов А.А. Информационно-аналитические технологии поддержки принятия решений на основе регионального социально-экономического мониторинга / А.А. Морозов, В.Л. Косолапов. – Киев: Наукова думка, 2002. – 230 с.
3. Об'єктно-орієнтована моделювання при проектуванні вбудованих систем і систем реального часу / В.В. Литвинов, С.В. Голуб, К.М. Григор'єв [та ін.]. – Черкаси: Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького, 2010. – 379 с.
4. Голуб С. В. Багаторівневе моделювання в технологіях моніторингу оточуючого середовища / С. В. Голуб. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2007. – 218 с.
5. Ільїна О. П. Принципи побудови інтелектуальної інформаційної технології підтримки рішень в організації / О.П. Ільїна, І. П. Сініцин, Т. Л. Яблокова // Проблеми програмування. – 2015. – № 2. – С. 63–76.

6. Гриценко В.И., Урсатьев А.А. Распределенные информационные системы широкого применения. Концепция. Опыт разработки и внедрения / В.И. Гриценко, А.А. Урсатьев. – Киев: Наукова думка, 2005. – 317 с.
7. Шереметьев А. Мультисервисные сети / А. Шереметьев // Компьютер-пресс. – 1999. – № 1. – С. 34 – 36.
8. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб: Питер, 2003. – 864 с.

УДК 004

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИРАМИДАЛЬНОЙ СЕТИ В МОДЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧЕЛОВЕКА ПО ЕГО ЭКГ**

В.Ю. Величко, Л.А. Кизуб

*Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины  
Институт проблем математических машин и систем НАН Украины*

Диапазон проблем, решение которых может быть найдено с использованием новых технологий биометрической идентификации чрезвычайно широк: ограничить доступ к информации и обеспечить персональную ответственность за ее сохранность; обеспечить допуск к ответственным объектам только сертифицированных специалистов; защита персональных данных. Распространение мобильных диагностических платформ делает актуальным использование биометрической идентификации пациента, в первую очередь по его электрокардиограмме в 6-ти или 12-ти стандартных отведениях [1]. Особенно актуальной эта технология становится для организации эффективных телеконсультаций в парадигме домашней телемедицины [2].

В работе [3] приведены алгоритмические решения по формированию системы информационных признаков в виде управляющих точек параметрического сплайна, которые соответствуют QRS-комплексу электрокардиограммы в трех ортогональных отведениях.

В этом докладе мы представляем модельный эксперимент, в котором мы использовали информационную систему признаков из [3] в совокупности с классификатором типа «растущая пирамидальная сеть» для построения законченного алгоритма идентификации человека по его ЭКГ.

Как известно, пирамидальной сетью [4] называется ациклический ориентированный граф, в котором нет вершин, имеющих одну дугу, заходит. Вершины, не имеющие заходящих дуг, называются рецепторами,

другие вершины - концепторами. При построении сети входной информацией служат наборы значений признаков, описывающих некоторые объекты (материалы, состояния агрегата, ситуации, болезни). Рецепторы соответствуют значениям признаков. Концепторы соответствуют описаниям объектов в целом и сечениям описаний. При включении вершин в пирамиду объекта осуществляется привязка объекта к классам, определения которых представлены этими вершинами. Все процессы, связанные с построением сети, при обработке описания одного объекта локализуются в относительно небольшой части сети - пирамиде, соответствующей этому описанию.

В данной работе для построения классификатора с пирамидальной сетью использовалась система CONFOR [5]. В основу системы CONFOR положен метод индуктивного формирования понятий (CONcept FORmation), основанный на использовании растущих пирамидальных сетей. Система CONFOR работает в трех режимах: обучение, распознавание, экзамен.

Подсистема обучения осуществляет выделение закономерностей (знаний) характеризующих классы объектов [6]. Входными данными для подсистемы обучения служит выборка для обучения, включая примеры объектов, характеризующихся различными классами. Примеры объектов задаются признаковыми описаниями. Признаковое описание объекта должно включать имя, класс, к которому объект принадлежит, и набор значений признаков, характеризующих объект. Исходные данные для подсистемы обучения - закономерности характеризующих классы объектов.

Результатом работы CONFORa в режиме обучения является обобщенная модель классов объектов, включая наиболее характерные свойства этих объектов. Важной особенностью алгоритма является возможность включать в понятие признаки, не принадлежащие объектам исследуемого класса.

Подсистема экзамена предназначена для тестирования качества обучения комплекса. Входными данными для подсистемы экзамена служит экзаменационная выборка, включающая примеры объектов, которые не вошли в выборку для обучения, но известно, к какому классу они принадлежат. Выходные данные подсистемы - ее ответ относительно класса, к которому отнесен каждый объект, и статистические данные о количестве правильных, неправильных и неопределенных ответов подсистемы.

Подсистема распознавания предназначена для идентификации класса, к которому принадлежит новый объект.



В нашем исследовании в режиме обучения исходными данными для системы являются объекты выборки для обучения - QRS-комплексы, которые принадлежат классу, который исследуется (определенном пациенту). Объекты выборки для обучения представляются наборами значения признаков, координатными точками канонического сплайна, аппроксимирующей трехмерную кривую. В режиме экзамена исходными данными являются описания пациентов, которые должны быть распознаны.

Для эксперимента были зарегистрированы электрокардиограммы разных людей, функционально здоровых, в возрасте от 25 до 55 лет, мужского и женского пола. Исследования проводились в разное время суток, пациенты находились в разном эмоциональном и физическом состоянии. Для каждой персоны были зарегистрированы по 10 электрокардиограмм и выделены из каждой 90 QRS-комплексов. По каждой объект получено вектор признаков. Исходные данные в виде таблицы объект - свойство было необходимо подготовить для передачи в систему CONFOR. На этом этапе выполнялась дискретизация данных.

Далее проводилась идентификация каждого пациента. Для системы в режим обучения, подготовили выборку - для каждого из пяти участников эксперимента по 20 аппроксимированных QRS-комплексов. В режиме экзамена в систему подавали выборку из 70 аппроксимированных QRS-комплексов. Результаты идентификации высокие: у четырех из пяти пациентов 100% идентификация (табл. 1.).

Таблица 1

	Всего объектов	Правильных	Неправильных	Неопределенных
Класс 1	70	70	0	0
Класс 2	70	70	0	0
Класс 3	70	65	5	0
Класс 4	70	70	0	0
Класс 5	70	70	0	0

Для того, чтобы усложнить эксперимент, к выборке значений 70-и QRS-комплексов пациентов добавили по 10 QRS-комплексов других пациентов, на которых не обучалась система. В результате система для всех пациентов идентифицировала каждые 10 QRS-комплексов как неопределенные.

В настоящее время продолжают модельные эксперименты на большом количестве данных с участием большего числа пациентов. Используя систему CONFOR, основанный на использовании растущих пирамидальных сетей в режиме распознавания возможно решение задачи идентификации человека по ЭКГ. При наличии соответствующих

признаков проведена серія експериментів, які показують ефективність застосування цього інструмента як класифікатора для електрокардіограм.

### **Література**

1. Fainzilberg L.S. Computer Analysis and Recognition of Cognitive Phase Space Electrocardiographic Image / Fainzilberg L.S., Potapova T.P. // Proceeding of 6th International Conference on Computer analysis of Images and Patterns (CAIP-95). – Prague, 1995. – P. 668-673.
2. Vishnevskiy V. Telemedicine technologies and scientific research // Ukrainian Journal of Telemedicine and Medical Telematics. – 2006. – vol.4, №1, – P. 9-13.
3. Vishnevskiy V. Experimental Verification of Possibility of Human Identification by the Electrocardiogram / Vishnevskiy V., Romanenko T., Kizub L // Proceedings of 5 TH International Conference on Application of Information and Communication Technology and Statistics in Economy and Education. – Sofia, Bulgaria, 2015, – P. 318.
4. Gladun V. Growing pyramidal networks - the organization of memory of intellectual systems // Artificial intelligence. – 2003, No. 3, – P. 70-77.
5. Confor [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://confor.inhost.com.ua/confor2/>
6. Gladun V. Instrumental Complex of Decision-Making Support on the Basis of the Network Model of the Subject Object Field / V. Gladun, V. Velichko // Decision Support Systems. Theory and practice. – Kiev, 2012, – P. 128.

УДК 624.048–033.26:621.651

### **ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ТА РЕЖИМ ФАЗОВОГО ПОЛЯ МОДЕЛІ ЦЕМЕНТАЦІЇ ҐРУНТУ**

<sup>1</sup>Н. Сайорі, <sup>2</sup>В. Л. Седін, <sup>3</sup>Н. Е. Школьник

<sup>1</sup>Інститут механіки та інжинірингу, Франція

<sup>2</sup>Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Україна

<sup>3</sup>Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

Деякі десятиліття є звичною тривалістю великого будівельного проекту. Часто на початку такого заходу виникає потреба в побудові тунелю в пагорбі. Укріплення такої споруди є затратним і тому виникає ризик, що воно буде виконуватись надійно, починаючи тільки з певної відстані заглиблення. Це може призвести до обвалу слабо укріпленої частини споруди, обумовленому вагою дерев, що виростуть на поверхні

грунту за час виконання проекту. У такому випадку, щоб запобігти цьому, перед початком прокладання тунелю слід подбати про стабілізацію відповідної частини ґрунту. Використання цементації за тисків, що не призводять до руйнування структури ґрунту, дозволяє уникнути значного збільшення вартості прокладання тунелю. Однак відносно швидке застигання цементного розчину вимагає проведення такого закріплення у два етапи. На першому етапі можна зробити дах закріплюваною частини пагорба горизонтальним і занурити у закріплюваний ґрунт два ряди стержневих інжекторів з відстанню між рядами, що дозволяє легко зв'язати закріплені частини пористого середовища після завершення нагнітання. Числове моделювання [1] дозволяють оцінити цю відстань. Після цього прокладається тунель і встановлюються тимчасові кріплення. Після закріплення найбільш небезпечної частини тунелю слід приступити до другого етапу стабілізації, що розглядається. На ньому в дно тунелю занурюється ряд стержневих інжекторів і нагнітання виконується до тих пір поки відстані між верхніми закріпленими частинами ґрунту і нижньою такою частиною не стануть достатньо малими для того, щоб їх можна було зв'язати. Числове моделювання [1] дозволяє оцінити тривалість нагнітання на другому етапі.

Одна з постановок цього моделювання є такою. Під фундаментом інжектора зроблено довгу траншею. В'язучий інфільтрат нагнітається в такий інжектор за постійного тиску. Фронт нагнітання (крива  $\Gamma_4$  на рисунку 1) є вільною поверхнею. Метою моделювання є обчислення еволюції в часі і просторі цієї поверхні. Спочатку А. П.

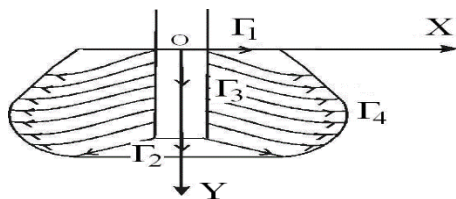


Рисунок 1. Закріплена область.

Власюк і Н. Е. Школьник отримали розв'язки, вибираючи початкове положення вільної поверхні згідно реальних умов настільки близько до  $\Gamma_3$  наскільки сучасні комп'ютери дозволяють [2]. Однак пізніше останній показав, що такий вибір призводить до неправомірності використання континуального підходу. Більше того як коригування він запро-

понував вважати, що початкове положення фронту нагнітання є положенням вільної поверхні після 120 секунд еволюції, порахованої згідно моделі [2]. Ця модифікація призвела тільки до трьох процентного зменшення часу нагнітання. Щодо кінцевих позицій фронтів нагнітань та невизначеностей в них, ця модифікація на них не впливає [1].

Метою даної роботи є числова перевірка того, що, починаючи з певного моменту часу, еволюцію просторового розподілу концентрації цементу можна моделювати задачею з вільною рухомою межею. У даній роботі представлені результати числового експерименту, основанийому на обчисленні № 1 з роботи [1],

Надалі,

$$\varepsilon_1'(t_0) = \frac{\varepsilon_1(t_0 + \tau) - \varepsilon_1(t_0)}{\tau}, \quad (1)$$

де  $\tau \ll t_0$  та  $\varepsilon_1(t_0)$  є невизначеністю в кінцевому положенні фронту нагнітання, отриманому за допомогою обчислення № 1, в якому припускається, що початковим положенням фронту є положення вільної поверхні на 120 секунди еволюції, порахованої згідно розрахунку [2].

З Таблиці 1 слідує, що існує чіткий поріг в залежності  $\varepsilon_1'(t_0)$  на інтервалі  $22 \text{ сек} < t_0 < 44 \text{ сек}$ . Оскільки в числовому моделюванні [1]  $t_0 = 120 \text{ сек}$ , то можна зробити висновок, що у випадку розрахунку № 1 [1] моделювання еволюції фронту нагнітання за допомогою задачі з вільною ухомою межею є доречним.

Таблиця 1. Залежність  $\varepsilon_1'$  від  $t_0$ .

$t_0$ (сек)	22	44	66	90	104
$\varepsilon_1'$ , %/сек	0.	0.017	0.017	0.016	0.0
	116	5	2	9	168

## Література

1. Школьник Н. Е. Застосування континуального підходу в моделях промислової цементації ґрунтів / Н. Е. Школьник // Математичні машини і системи, 2013. — No. 3. — P. 1195—1127.
2. Vlasyuk A. P. Numerical solution of a problem of giving waterside structure foundation strength / A. P. Vlasyuk, N. E. Shkolnik // Scientific Bulletin of Chelm. Section of mathematics and computer science. — 2007. — No. 1. — P. 211—222.

## **БАГАТОМОДЕЛЬНИЙ КЛАСИФІКАТОР МАСИВІВ ВХІДНИХ ДАНИХ**

Авраменко А.С.

*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького*

Використання та розробка моніторингових систем є надзвичайно важливим питанням як наукових досліджень, так і практичного застосування. Моніторингові системи дозволяють робити висновки про певні події, базуючись при цьому лише на попередні дані, отримані шляхом спостереження. Саме тому дані системи досить успішно використовують у якості систем діагностики у різних сферах життя.

Склад системи моніторингу визначається наступними чинниками: функціональне призначення, область застосування та цільові установки з переліку вирішуваних задач, функції обробки інформації, покладені на систему моніторингу і визначені користувачем.

Основним завданням моделювання в моніторингових системах є забезпечення інформацією процесу прийняття рішень. Інформація отримується в результаті моделювання властивостей об'єкта моніторингу на основі даних, отриманих в процесі вимірювання чисельних характеристик цього об'єкта.

Саме зараз такі системи використовуються і для моніторингу надзвичайних ситуацій. Проте прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій накладає ряд обмежень на технології, що забезпечують ці процеси інформацією.

Розвиток надзвичайних ситуацій є ланцюговим лавиноподібним динамічним процесом. Він полягає в різкому погіршенні стану сукупності територій, які можуть містити об'єкт чи об'єкти економіки і житлових комплексів, що призводить до катастрофічних для цих об'єктів та їх оточення наслідків. Рішення в даних ситуаціях повинні отримуватися як найшвидше. Також незадовільна прогнозованість та динамічність надзвичайних ситуацій генерує велику кількість параметрів для моделювання, частина з яких може виникнути вперше, що означає велику можливість помилки в попередньо отриманих моделях.

На сьогодні одними з перспективних систем моніторингу є системи засновані на технології багаторівневого перетворення даних, яка реалізована у вигляді інформаційної системи з ієрархічним поєднанням багатопараметричних моделей [1].

Такі моделі можуть бути синтезовані за допомогою індуктивних алгоритмів, нейронних мереж, генетичних алгоритмів та інших. В даній

технології цій системі сценарій вибору кращого алгоритму синтезу багатопараметричних моделей (АСМ) реалізовано шляхом послідовного їх випробування та вибору кращого [2].

З синтезованих моделей формується ієрархія. Моделі на кожному рівні ієрархії розв'язують локальні задачі із перетворення даних. В таких ієрархічних структурах можуть поєднуватися велика кількість моделей, від п'ятдесяти і більше.

В процесі моніторингу кризових ситуацій властивості масиву вхідних даних постійно змінюються. Тому існує велика можливість, що одна або декілька моделей можуть почати видавати не адекватні результати. Для виправлення таких «пошкоджень» проводиться заміна цих моделей з їх повторним синтезом та синтезом усіх моделей, що з ними пов'язані.

Процес синтезу усіх «пошкоджених» моделей та моделей, що з ними пов'язані займає тривалий час, приблизно 40 хвилин. Тривалість залежить від кількості моделей в структурі.

Зважаючи на те, що в умовах кризового моніторингу на обґрунтування рішень виділяється не більше 2-3 хвилин, а властивості МВД змінюються динамічно. Тому є необхідність в зменшенні часу перенавчання ієрархічної системи моделей.

В попередній роботі [3] було запропоновано покращення існуючого алгоритму шляхом класифікації. А саме, на відміну від послідовного випробування кожного із наявних АСМ із наступним вибором кращого алгоритму, було запропоновано побудувати вирішальне правило, яке забезпечить для кожного МВД вибір найбільш придатного АСМ.

Дане дослідження ґрунтується на вивченні результатів попередньої роботи та аналізу сучасних методів, які дозволяють покращити результати роботи АСМ та навчання ієрархічних систем моніторингу.

За результатами дослідження методу запропонованого в [3], виявлено, що метод має певні недоліки, а саме - погіршення показників якості змодельованих моделей. Зважаючи на те, що в структурі інформаційної системи багаторівневого перетворення даних міститься від п'ятдесяти моделей і більше, вдається досягнути значного скорочення часу адаптації структури системи до зміни властивостей МВД. Проте, у той самий час, ми не маємо можливості заздалегідь виявляти, які моделі будуть мати погіршення або покращення в порівнянні з повним перебором.

Середній результат моделювання всієї ієрархічної структури при використанні методу класифікації може навіть, у деяких випадках, бути кращим за повний перебір, а у випадку втрат точності було запропоно-

вано компенсувати їх за допомогою збільшення складності багатопланової ієрархічної структури системи. Це досягається завдяки ефекту емерджентності властивостей багаторівневих ієрархічних систем.

Отже результати моделювання кожної моделі є не передбачуваними і можуть як поліпшитись так і погіршитись, в порівнянні з повним перебором у стандартній реалізації.

Об'єктом нашого моніторингу є кризові ситуації, це накладає ряд обмежень на отримані моделі. Зокрема, для правильної інтерпретації результатів ми повинні мати довіру до результатів роботи кожної отриманої моделі, а не тільки до кінцевого результату. А так як метод запропонований у [3] отримує свої результати при не передбачуваній втраті точності моделей, тому з'являється необхідність його покращення з метою зменшення втрат точності.

Було розглянуто метод що дозволяє покращити результати моделювання шляхом використання особливостей формування МВД у багаторівневих ієрархічних системах [4].

Даний метод створює дублікати рівнів у ієрархії, що при особливостях утворення МВД дозволяє покращувати результати вже змодельованих моделей створивши багатопланову систему з дублікатів цих моделей.

Метою цієї роботи є зменшення часу перебудови структури ієрархії моделей без значної втрати точності результатів моделювання на виході системи.

Для досягнення поставленої мети було запропоновано вдосконалити метод сформульований у попередній роботі [3] та усунути його недоліки.

При вирішенні даної задачі було сформульовано наступні гіпотези:

1. Спостереження, з якими класифікатор не справився можливо використати для навчання іншого класифікатора, що буде впізнавати саме ці дані.

2. Можливо отримати кілька класифікаторів, які виконують класифікацію одного і того самого АСМ

3. Набір класифікаторів що виконують класифікацію МВД для одного і того ж АСМ можливо використовувати як експертів у питанні класифікації для даного АСМ, а результати поєднувати за допомогою методів прийняття групових рішень [5]

4. Моделі класифікаторів можливо поліпшити використавши метод адаптивного дублювання рівнів [4].

Після проведення навчання класифікаторів на етапі тестування ми отримуємо новий МВД для навчання наступного класифікатора, якщо

це можливо. Навчасмо його, а результати їх роботи поєднуємо за допомогою методу простого голосування [5].

Далі проводиться тестування поєданого рішення класифікаторів та отримується новий МВД, для якого поєднаний результат не розпізнав найкращий АСМ. Всі ці дії повторюються до отримання нового МВД, за допомогою якого вже неможливо навчити наступний класифікатор. Результатом виконання даного алгоритму є отримання сукупності моделей та особливості їх групової взаємодії.

Кожна модель отримана за даним алгоритмом є рівноправною, а отже ієрархічно вони знаходяться на одному рівні. Тому ці моделі можливо подальше покращити за допомогою методу адаптивного дублювання рівнів [4].

Для проведення дослідження було модернізовано програмний інструмент створений у [3], в якому реалізовані запропоновані покращення.

Метою дослідження було:

- Перевірка доцільності запропонованих покращень
- Подальше тестування роботи методу класифікації

Для синтезу моделей даного дослідження використані результати моніторингу захворюваності населення Черкаської області впродовж 2000-2014 років [1].

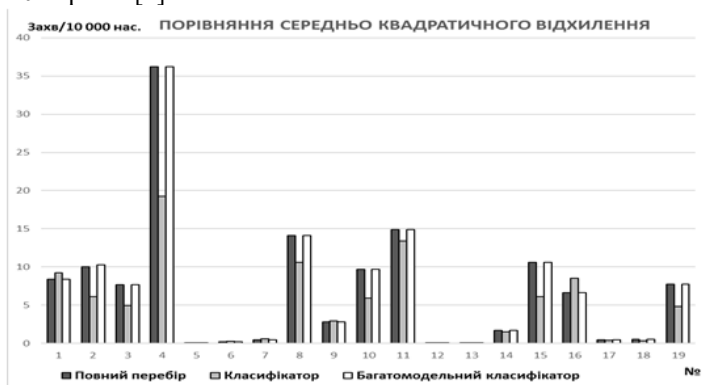


Рисунок 1. Середнє квадратичне відхилення результатів моделювання від дійсних значень захворюваності населення

На рис.1 подані характеристики моделей, синтезованих АСМ, що вибрані після їх повного перебору, після використання одномодельного та багатомодельного класифікатора МВД. Результати досліджень дозволяють зробити висновки про доцільність застосування як одномодельного так і багатомодельного класифікатора. Незважаючи на те, що



в деяких випадках одномодельний класифікатор забезпечує кращі результати моделювання, в середньому використання багатомодельного класифікатора дозволяють отримати результати моделювання, які ближче знаходяться до моделей, вибраних після їх послідовного випробування після повного перебору.



Рисунок 2. Час повторного навчання системи

При дослідженні часу навчання системи (див. рис.2) виявлено, з одномодельним класифікатором система працює нестабільно, час навчання в моделях значно різняться. Багатомодельний класифікатор дозволяє час навчання системи зменшити втричі, в порівнянні з режимом повного перебору моделей.

В результаті порівняння методів класифікації МВД шляхом повного перебору АМС, одномодельного методу із [3] та його удосконалення - багатомодельного класифікатора, виявилось, що удосконалений метод класифікації дозволяє отримати результати моделювання, що максимально схожі із результатами повного переборі моделей (різниця між похибками, в середньому, не перевищує 1,5 %). При використанні одномодельного класифікатора різниця СКВ сягає 30-40%.

Час навчання системи з використанням нового покращеного класифікатора в середньому зменшується в три рази при незначних втратах якості моделей. Зважаючи на те, що якість моделей гірша тільки в порівнянні з методом запропонованим у [3] можливо стверджувати, що поставлена мета дослідження була досягнута.

Отже, запропоновано удосконалений метод класифікації масивів вхідних даних в інформаційних системах багаторівневого кризового моніторингу. Експериментально підтверджено його переваги в порівнянні з одномодельним методом класифікації.

## Література

1. Голуб С.В. Багаторівневе моделювання в технологіях моніторингу оточуючого середовища / С.В. Голуб. – Черкаси: Вид. від ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2007. – 218 с.
  2. Голуб С.В. Застосування стратегії оптимальності при виборі алгоритмів синтезу моделей у системах багаторівневого соціоекологічного моніторингу / С.В. Голуб, П. О. Колос // Математичні машини і системи. - 2010. - № 4. - С. 127 - 134.
  3. Avramenko A.: Classification models in information systems for social and environmental crisis monitoring / Avramenko A., Golub S. // Engineer of XXI Century – We design the future: Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Bialej - Bielsku-Biala : ATH, 2016. – 928 p.
  4. Адаптивне формування дублюючих рівнів в структурі ієрархічних систем багаторівневого соціогігієнічного моніторингу / С.В. Голуб, В.Ю. Немченко // Індуктивне моделювання складних систем: Зб. наук. пр. — К.: МННЦ ІТС НАН та МОН України, 2011. — Вип. 3. — С. 41-48. — Бібліогр.: 8 назв. — укр.
- Барабаш Ю.Л. Коллективные статистические решения при распознавании. — М.: Радио и связь, 1983, —224 с., пл.

УДК 004: 791.4

### **РАЗРАБОТКА РАЗВЛЕКАТЕЛЬНОГО СЕРВИСА MANGA & ANIME GUESSING GAME С СИСТЕМОЙ ДИНАМИЧЕСКОГО НАПОЛНЕНИЯ**

О.Э. Житник, В.С. Шевкопляс, А.В. Савенко, Б.Р. Стецкевич  
*Черниговский национальный технологический университет, Украина*

Интерактивные викторины - это мощный инструмент в руках цифровых маркетологов, которые хотят собирать информацию и превращать онлайн-посетителей в потенциальных клиентов [1]. Предоставляя развлекательный интерактивный релевантный контент, а не просто спрашивая посетителей сайта, чтобы заполнить форму, бренды укрепляют отношения с их перспективами и клиентами и предоставляют что-то ценное, прежде чем запрашивать информацию взамен.

Компьютерные развлечения делают жизнь человека интереснее, насыщеннее и как следствие - это мощная экономическая сфера, приносящая огромные доходы. Многие программисты-любители - инди-разработчики - создают небольшие игровые программы. Они не обладают

современной дорогостоящей высококлассной графикой и звуковым сопровождением, но является очевидным, что крупные корпорации имеют конкурентные преимущества и у них есть возможность производства игр, ориентированных на основную массу пользователей. В такой ситуации начинающим разработчикам, которые не имеют таких же ресурсов, необходимо находить свою нишу на рынке. Оптимальным решением будет создание приложения специально под определенную группу пользователей, сузив таким образом целевую аудиторию и найдя спрос среди наиболее заядлых почитателей определенной области знаний, например, набирающей популярность во всем мире аниме.

В настоящее время существует несколько приложений, являющих собой викторины по данной тематике. Основными проблемами подобных решений являются:

- устаревшие используемые технологии;
- большинство продуктов имеет ограниченный функционал;
- значительное число проектов является мобильными приложениями, что существенно ограничивает размер целевой аудитории.

Таким образом, на базе рассмотренной выше сферы знаний – аниме – было построен развлекательный сервис. В нем пользователь имеет возможность выбирать один из предложенных режимов. Это игра, напоминающая по своему набору функций викторины. Суть игры заключается в том, чтобы выбрать из четырех вариантов ответа один правильный.

В программном решении используется сторонний функционал ресурса Shikimori [3]. Посредством использования API данного сервиса реализуется система динамического наполнения. Веб-API позволяют разработчикам создавать веб-страницы и веб-приложения, используя данные из нескольких источников сразу. Приложение, которое предоставляет API, существенно выигрывает на фоне приложений своего типа. Таким образом, реализованный сервис может заинтересовать поклонников жанра аниме и привлечь их к прохождению созданной игры.

## Литература

1. Simon O'Hagan. Let's get quizzical: What really makes a quiz fizz? [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.independent.co.uk/extras/puzzles-and-games/let-s-get-quizzical-what-really-makes-a-quiz-fizz-9020906.html>
2. Clements, J. The Anime Encyclopedia : A Guide to Japanese Animation Since 1917 / J. Clements, H. McCarthy. – Stone Bridge Press, 2001. – 545 p.
3. Shikimori API 2.0 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://shikimori.org/api/doc>

## **СЛОЖНАЯ СИСТЕМА В КАТЕГОРИЯХ ФОРМАЛИЗАЦИИ, ОБУСЛОВЛЕННОСТИ И ЭНТРОПИИ**

С.П. Алешин

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия  
Кондратюка*

Сложные системы (СС) и управление такими системами является классической тематикой, которой посвящены многочисленные исследования (Бусленко Н. П., Конторов Д.С., Дружинин В.В., Винер Н.Я., Эшби У. Р., Шеннон К.Э. и др.). При этом однозначного, универсального определения понятия сложности системы в литературе не приводится [1]. Каждый исследователь трактует данное понятие по-своему, часто попадая в дискуссии под критику оппонентов. Проблема заключается в том, что с одной стороны, полная автоматизация процессов в производстве, здравоохранении, технической диагностике и др., объективно ведет к повышению качества и экономии материальных и трудовых ресурсов, а с другой - эта процедура сдерживается ограниченными возможностями современного методологического, математического и программно-инструментального обеспечения со ссылкой на сложность объекта исследования [2]. Предлагается вариант подхода оценки сложности системы в категориях формализации, обусловленности и энтропии внутренних процессов с попыткой придания единой качественной и количественной интерпретации, что в определенной степени снижает остроту указанной проблемы.

Под понятием «сложная система» следует понимать объект, обладающий входными факторами и выходными состояниями высокой размерности со слабо формализуемыми, нечетко обусловленными взаимосвязями и высокой степенью априорной неопределенности (рис.1). Высокая размерность факторов и состояний, слабо формализованные и не четко обусловленные взаимосвязи порождают неопределенность системы, что не позволяет априори принимать эффективные решения на основе исходных данных. Для целого класса задач (диагностика, экологический мониторинг, системы безопасности и др.) [3] энтропия системы монотонно возрастает с ростом ее состояний, а при равновероятных исходах (при отсутствии априорной информации) уже при двух альтернативах энтропия стремится к максимуму, а вероятность оценки состояния к 0,5. Очевидно, что принятие решения в этих условиях (50 на 50) не конструктивно.

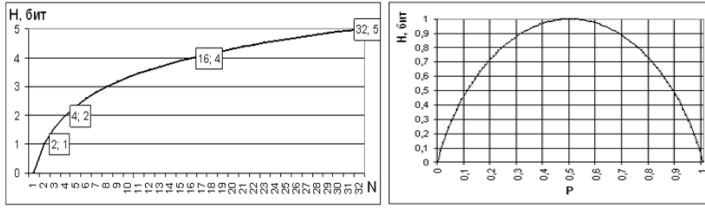


Рис. 1 Иллюстрация связи энтропии объекта с числом состояний и их априорной вероятностью

При этом неопределенность аналитически связана с вероятностью ( $p_i$ ) состояний, числом этих состояний ( $n$ ) и временем ( $t_{иссл.}$ ) их анализа:

$$\left\{ \begin{array}{l} H(X) = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \cong \log_2 n \\ V(n) \approx \frac{1}{n!}; t_{иссл.} \approx \frac{\log_2 n}{V(n)}; t_{иссл.} \approx n! \log_2 n \end{array} \right\}$$

Состояния объекта ( $\alpha$ ) обозначены номерами классов ( $k$ ) и обусловлены вектором входных факторов ( $X$ ). Они характеризуются вероятностью обусловленности состояний  $P(\alpha, X)$  и как классы могут быть, при определенных условиях, выражены композицией весовых коэффициентов ( $w$ ) искусственной нейронной сети в процессе её принудительного обучения на репрезентативной выборке практических примеров:

$$y^k(x^m) = \sum_{j=1}^H v_j (w_{j1}x_1 + w_{j2}x_2 + \dots + w_{jm}x_m + u_j)$$

где  $y^k$  - вектор состояний;  $k$ -номер класса состояний;

$(x^m)$  - вектор факторов;  $m$  - размерность входного вектора данных;

$H$  - мощность обучающей выборки;

$v_j$  - параметры нейронной сети.

При этом вносимую информация в процессе обучения конструктивно рассматривать как снятую неопределенность при оценке состояний:

$$I = Ha - H\epsilon$$

При этом количество информации, обусловленное  $i$ -м фактором, рассчитывается в виде:

$$I_i^j = \log_2(P_i^j / P^j)$$

Если в процессе принудительного обучения реализовать нагруженный метод обратного распространения ошибки [3] с оценкой градиентов сформированных функций в пространстве весовых коэффициентов нейронной сети и в пространстве множества входных факторов при определенной синхронизации этих процессов, то решается задача адаптивного поиска оптимального решения для целевых состояний объекта [4]. Так формируется математическая, алгоритмическая и инструментальная платформа конструирования СППР в широком спектре предметных областей деятельности и таким образом создается конструктивный переход от определения класса объектов к их моделированию и эффективному управлению.

**Выводы.** Определение сложной системы в категориях формализации, обусловленности и энтропии позволяет выделить класс реальных объектов (диагностика, экологический мониторинг, системы безопасности и др.), описать их как образы на языке информативных признаков, построить адекватные модели исследуемых состояний и формализовать внутренние связи в границах класса. Реализация поддержки решений в СС базируется на создании алгоритмов преодоления неопределенности её состояний с максимизацией их обусловленности входными факторами.

### **Литература**

1. Морозов А.А. Состояние и перспективы нейросетевого моделирования СППР в сложных социотехнических системах / В.П. Клименко, А.Л. Ляхов, С.П. Алёшин // Математичні машини і системи. – 2010. - № 1. - С. 127 – 149.
2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / Хайкин С. – [2-е изд.]; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
3. Алёшин С.П. Нейросетевой базис поддержки решений в пространстве факторов и состояний высокой размерности / Алёшин С.П. – Полтава: Изд. «Скайтек», 2013. – 208с.
4. Ляхов А.Л., Алёшин С.П., Бородина Е.А. Нейросетевая модификация текущего пространства признаков к целевому множеству классов. Збірник наукових праць Міжнародної наукової конференції «Нейросітьові технології і їх застосування» / під ред. проф. С.В. Ковалевського . – Краматорськ : ДДМА , 2012. – с. 93–99

**КІБЕР-СИТУАЦІЙНА ОБІЗНАНІСТЬ РІВЕНЬ ПЕРШИЙ:  
СУБ'ЄКТНО-ОБ'ЄКТНА МОДЕЛЬ КОЛЕКТИВНОГО  
ДОСТУПУ ДО ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ**

В.В. Нехай, В.В. Литвинов

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

Зростаючий і еволюційний характер кібератак і загроз в комп'ютерних інформаційних системах призвели до необхідності пошуку нових підходів і методів захисту інформації. У 1995 році була опублікована стаття керівника дослідницького підрозділу ПВС США Мика Єндслі (Mica Endsley) [1], де було наведено загальне визначення поняття обізнаності про ситуацію, яка описується наступним чином: сприйняття елементів середовища в обсязі часу і простору, розуміння їх значення і проектування їх стану на майбутнє. Застосування даної концепції може визивати багато суперечок в області захисту інформації, але одним з основних аспектів ситуаційної обізнаності є її динамічність, тобто здатність своєчасно реагувати на нові і мінливі моделі загроз, що знаходиться в прямому протиріччі з парадигмою класичної інформаційної безпеки, яка схожа на «статичну фортецю», яка захищена традиційними методами захисту: антивірусні програми, брандмауери, авторизація користувачів, резервне копіювання і відновлення, підтримка цілісності, шифрування тощо.

Традиційна система інформаційної безпеки використовує в управлінні ризиками стандартний набір елементів управління для досягнення базового рівня безпеки. Однак в динамічних умовах виникнення загроз, слід шукати новий спосіб моделювання захисту інформації, що враховує швидку зміну загроз. Очевидно, що використання концепції «Кібер-усвідомлення ситуації», «Кібер-ситуаційна обізнаність» (Cyber situation awareness) знаходиться на підйомі.

Сприйняття, розуміння, проекція поточної ситуації та оцінка можливих наслідків і відповідного реагування не може відбутися без людей - аналітики, адміністратори, оператори і т.д.

В моделі М. Єндслі представлені три рівня усвідомлення ситуації, сприйняття, розуміння і проекція, пізніше, враховуючи людський фактор і використання концепції ситуаційної обізнаності у захисті інформації, Б.Макгінес [2] та С. Онвубіка (С. Onwubiko) и Т. Оуэнс [3] виділили четвертий рівень - дозвіл.

**Рівень 1. Сприйняття.** На цьому рівні, аналітики інформаційної безпеки виявляють можливі уразливі місця в системі захисту інформації, це передбачає використання індивідуальних і незалежних інструментаріїв для моніторингу мережі. На рівні сприйняття, інформація про статус, атрибути і динаміку відповідних загроз, як з боку внутрішнього так і зовнішнього середовища, дозволяє розширити класифікацію інформації в значимі уявлення, які є основою для наступних рівнів: розуміння, проєкції і дозволу [4].

**Рівень 2. Розуміння.** На цьому рівні аналітики інформаційної безпеки використовують ряд інструментів, методів, для агрегування, аналізу, узагальнення і зіставлення окремих частин доказів загроз та втручань в інформаційну систему. Таким чином, розуміння представляє собою сценарій поточної ситуації який реалізується шляхом визначення значимості отриманих доказів втручань та загроз, що підлягають моніторингу.

**Рівень 3. Проєкція.** На цьому рівні експерти з питань інформаційної безпеки прогнозують можливі методи і види атак на інформаційну систему. Здатність аналітика зробити точний прогноз на майбутнє може бути підвищена за рахунок використання потужних систем моніторингу і технологій, які здатні виявити і передбачити закономірності виникнення майбутніх подій, як приклад, використання системи раннього попередження, що дозволить поліпшити планування і використання профілактичного контролю для запобігання можливих ситуацій.

**Рівень 4. Дозвіл.** На цьому рівні фахівці з інформаційної безпеки можуть рекомендувати і здійснювати адекватний контроль і приймати відповідні контрзаходи, необхідні для зменшення чи усунення ризиків, пов'язаних з функціонуванням комп'ютерних інформаційних систем.

Модель інформаційної безпеки, яка є формальним вираженням політики безпеки (математичне, схемотехнічне, алгоритмічне тощо), включає в себе вибір і обґрунтування базових принципів архітектури захищених комп'ютерних систем, що визначають механізми реалізації засобів і методів захисту інформації, на основі інформаційних потоків у системі.

Визначення інформаційних потоків у комп'ютерній інформаційній системі можна здійснити на основі суб'єктно-об'єктної моделі комп'ютерної системи в механізмах і процесах колективного доступу до інформаційних ресурсів запропонованою професором Гайдамакіним М.О. [5].

Основними положеннями суб'єктно-об'єктної формалізації комп'ютерних систем (КС) в аспекті безпеки інформації є:

1. У КС діє дискретний час.



2. У кожен фіксований момент часу  $t_k$  КС представляє собою скінченну множину елементів, яка ділиться на дві підмножини:

- підмножина суб'єктів доступу  $S$ , під якою розуміють активну сутність КС, яка може змінювати стан системи через здійснення процесів над об'єктами, в тому числі, створювати нові об'єкти і ініціювати створення нових суб'єктів;

- підмножина об'єктів доступу  $O$ , під якою розуміють пасивну сутність КС, процеси над якою можуть в певних випадках бути джерелом створення нових суб'єктів.

У моделі передбачається наявність априорно безпомилкового механізму розрізнення активних і пасивних сутностей, а також передбачається, що в будь-який момент часу  $t_k$ , в тому числі і в початковий, множина суб'єктів доступу не порожня.

3. Користувачі КС представлені одним або деякою сукупністю суб'єктів доступу, що діють від імені конкретного користувача.

4. Суб'єкти КС можуть бути створені з об'єктів тільки іншим суб'єктом (активною сутністю).

Активна сутність суб'єктів доступу полягає в їх можливості здійснювати певні дії над об'єктами, що об'єктивно призводить до виникнення потоків інформації. Виходячи з цього, центральним положенням суб'єктно-об'єктної моделі є наступне: всі процеси безпеки в КС описуються доступами суб'єктів до об'єктів, що викликають потоки інформації, під яким розуміють довільну операцію над об'єктом  $o_j$ , що реалізується в суб'єкті  $s_m$  і залежить від об'єкта  $o_i$ . Потік може здійснюватися у вигляді різних операцій над об'єктами - читання, зміна, видалення, створення тощо.

Слід зауважити, що потік завжди ініціюється (породжується) суб'єктом доступу. На цій підставі вводиться центральне в політиці і моделях розмежування доступу поняття: доступом суб'єкта  $s_m$  до об'єкта  $o_j$  – називається породження суб'єктом  $s_m$  потоку інформації між об'єктом  $o_j$  – і деяким(и) об'єктом  $o_i$ .

Формальне визначення поняття доступу дає можливість засобами суб'єктно-об'єктної моделі перейти безпосередньо до опису процесів безпеки інформації в захищених КС. З цією метою вводиться множина потоків  $P$  для всієї сукупності фіксованих декомпозицій КС на суб'єкти та об'єкти в усі моменти часу (множина  $P$  є об'єднанням потоків за всіма моментами часу функціонування КС).

З точки зору процесів безпеки, що трактуються як стан захищеності інформації в КС, множина потоків  $P$  розбивається на дві непересічні підмножини  $P_N$  і  $P_L$ :

$$P = P_L \cup P_N,$$

$$P_L \cap P_N = \emptyset,$$

де,  $P_L$  – множина потоків, що викликаються легальними (безпечними) доступами;

$P_N$  – множина небезпечних потоків в КС, що порушують стан захищеності інформації (конфіденційність, цілісність, доступність інформації тощо).

На основі множини потоків дається поняття, яке складає основу формалізації політики розмежування доступу в моделях безпеки: правила розмежування доступу суб'єктів до об'єктів є формально описані потоки, що належать множині  $P_L$ . Дане визначення завершує основні положення суб'єктно-об'єктної моделі КС, на методологічному підґрунті якої будується більшість моделей розмежування доступу, що виражають підходи, принципи і механізми правил розмежування доступу (політику розмежування доступу), а також формальні їх специфікації (самі моделі розмежування доступу). З огляду на те, що дане визначення не конкретизує і не деталізує конкретних механізмів фільтрації потоків на небезпечні і безпечні, можна говорити, що суб'єктно-об'єктна модель КС інваріантна щодо будь-якої прийнятої в КС політики безпеки.

Таким чином, основні аспекти безпеки, будь то фізична безпека або кібербезпека, полягають у контролі доступу до КС, моніторингу оточуючого середовища і повинні забезпечувати реагування на випадки несанкціонованого доступу.

У новій парадигмі інформаційна безпека може бути представлена як ситуаційна обізнаність про оточуюче середовище і адекватне реагування на рівень виявленої загрози.

Ситуаційна обізнаність в Cyber Security є не який-небудь один продукт – це філософія, яка повинна бути реалізована шляхом розумного використання методів і процесів, які охоплюють мережу інформаційних систем.

## Література

1. Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems, Human Factors, 1995, 37(1), pp. 32-64 [http://uwf.edu/skass/documents/HF.37.1995-Endsley-Theory\\_000.pdf](http://uwf.edu/skass/documents/HF.37.1995-Endsley-Theory_000.pdf)
2. McGuinness B. and Foy L. A Subjective Measure of SA: The Crew Awareness Rating Scale (CARS). Proc. of the First Human Performance, Situation Awareness and Automation Conference, Savannah, Georgia, 2000
3. Onwubiko, C. & Owens T.J. Review of Situational Awareness for Computer Network Defense. In C. Onwubiko and T.J. Owens (Eds.) Situational

Awareness in Computer Network Defense: Principles, Methods and Applications. 2011.

4. Salerno J., Hinman M., and Boulware D. "Building a Framework for Situation Awareness", AFRL/IFEA, AF Research Lab., Rome, NY 13441-4114, USA, 2004.

5. Гайдамакин Н.А. Теоретические основы компьютерной безопасности: Учебное пособие/ Н.А. Гайдамакин. – Екатеринбург. 2008, – 212 с

UDC 004

## **HUMAN BEHAVIOR MODELING IN GROUPS**

S.V.Lytvyn, L.K. Svetenok

*Chernihiv National University of Technology*

An American sociologist, professor W.I. Thomas put forward the theoretical premise that states: 'If men define situations as real, they are real in their consequences'[1]. Nowadays this statement is known as Thomas Theorem. The theorem helps understand the interactions within a society. Moreover it can be applied to almost all social processes.

The first part of the theorem demonstrates that people react not only to some objective peculiarities of the situation, but also – and sometimes mainly – to the meaning which the situation brings to them. So when people add some extra meaning to a situation, their behavior that follows and some of its consequences are determined by this added meaning.

Applied to groups, the theorem can be modified in the following way: 'Designating a group as real, makes it real in its consequences. Even if groups are not real, they may nonetheless have important interpersonal consequences if people define them to be real' [2, p.16]. That means that any collection of single individuals becomes a true group when its members, or other people outside the group, consider this gathering to be a group.

After this slight shift in perceiving, a lot of changes of psychological and interpersonal character take place. They are important for members of the group as well as for non-members because it causes changes in perceiving. For instance, if people feel uncertain about themselves and the correctness of their beliefs, they start identifying with the group and its goals, valuing the importance of membership, and feeling bonded to the group. When members feel they are part of a group they share its values and beliefs, and they are more willing to accept the consequences of outcomes at the group-level. For example, in one experiment researchers repeatedly told women working in isolation that they were nonetheless members of a group, the women accepted

this label and later rated themselves more negatively after their 'group' failed [3].

The mentioned above principles can be used in many ways to model human behavior in groups. One of the brightest examples that can be observed in everyday real life – is provoking and developing ethnical conflicts. In such situations there is usually division into in-groups and out-groups. Then the task is to demonstrate that all in-groups as 'good' people and all out-groups as 'bad' ones. The 'extreme' shades of human personal qualities are used for this purpose. For instance, if in-groups are generous, out-groups are automatically considered wasteful, if first are thrifty, latter are miserly etc.

Knowing the principle of Thomas Theorem and some possible ways of its use to model human behavior one can perceive life in more realistic and adequate way. It's also easier to avoid manipulations of politicians, advertising etc.

### References

1. *The child in America: Behavior problems and programs*. W.I. Thomas and D.S. Thomas. New York: Knopf, 1928. - p. 572.
2. *Group Dynamics, Fourth Edition* / Donelson R. Forsyth. – Thomson Learning, Inc., 2006. – p.16.
3. *Group Dynamics, Fourth Edition* / Donelson R. Forsyth. – Thomson Learning, Inc., 2006. – p.15

УДК 004

## ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ ВТОРИЧНЫМИ ОТХОДАМИ НА ГСП «ЧЕРНОБЫЛЬСКАЯ АЭС»

Е.Е. Вторникова

*Одесский национальный политехнический университет, Институт энергетики и компьютерно-интегрированных систем управления,*

Радиоактивно-загрязненные воды (РЗВ), образующиеся при эксплуатации объекта «Укрытие» (ОУ), характеризуются повышенной концентрацией органических соединений (ОС) и наличием трансурановых элементов (ТУЭ), что не позволяет выполнить их переработку на оборудовании спецводоочистки № 4 (СВО-4) ГСП ЧАЭС. При определенном достижении значений концентраций ТУЭ и органических соединений в этих водах не позволит в будущем перерабатывать их на заводе по переработке жидких радиоактивных отходов (ЗПЖРО) [1].

На сегодняшний день на ГСП ЧАЭС реализуется «Проект №U4.01/11С. Объект «Реконструкция системы обращения с радиоактивно-загрязненными водами и жидкими радиоактивными отходами в

части создания промышленной установки по очистке воды и жидких РАО от ТУЭ и ОС на ГСП ЧАЭС»» [3].

Краткое описание промышленной установки по очистке воды и жидких РАО от ТУЭ и ОС

Целью создания ПУО ЖРО - является очистка воды ОУ, радиоактивно-загрязненных вод НБК и кубового остатка ГСП ЧАЭС от органических соединений до уровней, позволяющих в последующем перерабатывать эти отходы на ЗПЖРО, а также снизить концентрацию ТУЭ до уровней, позволяющих осуществить в будущем приповерхностное захоронение конечного продукта ЗПЖРО. Также в процессе работы данной установки будут образовываться вторичные радиоактивные отходы (РАО) с повышенным содержанием ОС и ТУЭ.

Технологическая цепочка очистки радиоактивной воды и кубового остатка с содержанием ОС и ТУЭ представлена на рисунке 1.

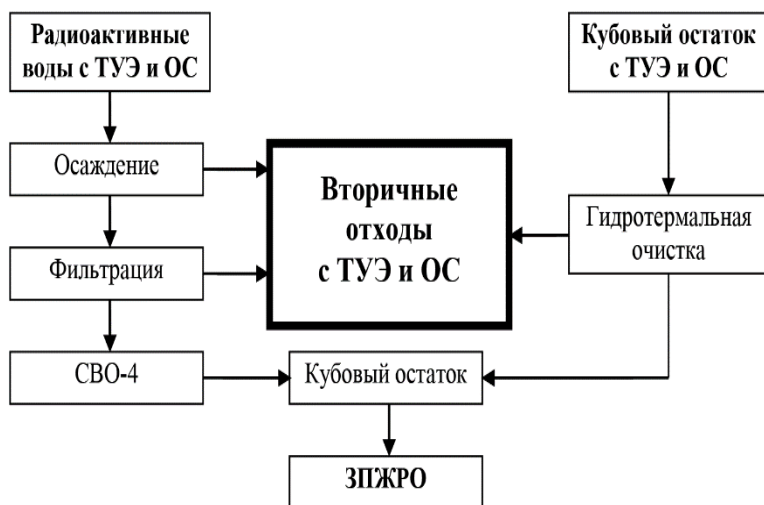


Рисунок 1 – Технологическая цепочка очистки радиоактивной воды и кубового остатка с содержанием ОС и ТУЭ [3]

Технология очистки основана на применении:

- метода осаждения с последующей механической фильтрацией для радиоактивно-загрязненных вод;

- метода гидротермальной очистки - для кубовых остатков.

Технологический процесс очистки будет сопровождаться образованием и накоплением радиоактивных вторичных отходов. Ожидается,

что вторичные отходы будут соответствовать низко-, среднеактивным долгосуществующим (НСА ДСО) РАО.

Текущее состояние в области обращения с вторичными РАО

В настоящий момент на ГСП ЧАЭС отсутствует апробированная технология обращения с вторичными РАО, поэтому в 2015 г. на ГСП ЧАЭС было разработано «Концептуальное техническое решение о создании узла обращения с радиоактивными вторичными отходами промышленной установки очистки воды и жидких РАО ЧАЭС от ТУЭ и ОС».

В рамках предлагаемого концептуального решения необходимо:

- рассмотреть возможные варианты обращения с радиоактивными вторичными отходами промышленной установки очистки воды и жидких РАО ЧАЭС от трансурановых элементов и органических соединений;

- провести анализ имеющейся инфраструктуры ГСП ЧАЭС с целью оптимального размещения упаковок с радиоактивными вторичными отходами для временного хранения [5].

Текущее состояние объектов временного хранения длительносуществующих и высокоактивных (ДСО и ВАО) на ГСП ЧАЭС.

Согласно законодательства Украины, РАО, характеризующиеся как ДСО и ВАО, должны быть захоронены в глубоких геологических формациях. Но в рамках «Общегосударственной программы обращения с радиоактивными отходами» создание хранилища в геологических формациях планируется не ранее 2035 года [6].

Существующих, на ГСП ЧАЭС, мощностей рассчитанных на прием ДСО и ВАО, недостаточно для приема всего прогнозируемого объема таких отходов. С учетом сроков ввода в эксплуатацию объектов, проведения работ и интенсивности образования РАО, можно предположить, что отсеки для хранения ВАО будут заполнены в 2020 г., а отсеки для хранения НСА-ДСО - в 2025 г.[2].

На сегодняшний день на ГСП ЧАЭС реализуется проект «Строительство установок обращения с радиоактивно загрязненными материалами и РАО на Чернобыльской АЭС». В рамках данного проекта планируется создание временного хранилища ДСО и ВАО в машинном зале первой очереди, однако данным проектом не предусмотрено хранение вторичных отходов образующихся в процессе работы ПУО ЖРО [4].

Существующие хранилища на ГСП ЧАЭС требуют материальных затрат на продление их эксплуатации.

Выводы:

1. На ГСП ЧАЭС отсутствует апробированная технология обращения с вторичными РАО.

2. Одним из важных требований к узлу обращения с радиоактивными вторичными отходами – это соответствие радиоактивных вторичных отходов критериям приемки для их дальнейшей обработки, хранения (захоронения).

3. Содержание ТУЭ во вторичных отходах накладывает дополнительные требования к дальнейшему обращению с отходами как долгосуществующими.

4. Хранение вторичных отходов нецелесообразно в существующих на ГСП ЧАЭС хранилищах из-за их ограниченного объема и срока эксплуатации.

Таким образом, размещение всего объема планируемых радиоактивных вторичных отходов требует дальнейших исследований мест их хранения как НСА ДСО РАО.

Целью дальнейшего исследования является рассмотрение возможных технологий обработки радиоактивных вторичных отходов и выбор площадки для их временного хранения.

### **Литература**

1. Программа обращения с радиоактивными отходами на площадке ГСП «Чернобыльская АЭС», 2ПР-С.

2. Программа реализации этапа окончательного закрытия и консервации блоков №1,2,3 Чернобыльской АЭС, 14ПР-С.

3. Проект №У4.01/11С. Объект «Реконструкция системы обращения с радиоактивно-загрязненными водами и жидкими радиоактивными отходами в части создания промышленной установки по очистке воды и жидких РАО от ТУЭ и ОС на ГСП ЧАЭС».

4. Будівництво установок поводження з радіоактивно-забрудненими матеріалами та РАВ на Чорнобильській АЕС. Технік-економічне обґрунтування. Том 1, Пояснювальна записка, Частина 2. Технологічні рішення. 30-222.201.001-ПЗ02.

5. Концептуальное техническое решение о создании узла обращения с радиоактивными вторичными отходами промышленной установки очистки воды и жидких РАО ЧАЭС от трансураниевых элементов и органических соединений.

6. Стратегия обращения с длительносуществующими и высокоактивными твердыми радиоактивными отходами на этапах прекращения и снятия с эксплуатации энергоблоков ЧАЭС и преобразования объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему

## УЗАГАЛЬНЕНИЙ ЛАНГАНЖЕВИЙ ЧИСЕЛЬНИЙ МЕТОД ДЛЯ ЗАДАЧ ПРЕТВОРЕНЬ СТАНУ РЕЧОВИНИ

Бровченко І.О.

*Інститут Проблем Математичних Машин і Систем НАНУ, Україна*

В роботі розглядаються стохастичні процеси, що можуть вважатися марківськими та до яких можна застосувати рівняння Колмогорова [1] для опису розподілу ймовірностей перебування речовини в декількох можливих станах. Чисельні лагранжеві методи моделювання таких процесів розробляються для використання в задачах переносу неконсервативних домішок. Розглядаються випадки, коли частинка, що рухається у водному середовищі може змінювати свій стан. Наприклад, крапля нафти, що може рухатись у складі поверхневої плівки, або у вигляді диспергованих крапель в товщі води, або прилипнути до дна або до берегової лінії. Це може бути хімічна або радіоактивна речовина, що може адсорбуватись на намулах, або органічних речовинах. Або частинки можуть зникати внаслідок хімічних реакцій, випаровування або радіоактивного розпаду. Всі наведені стани можна розглядати як різні фази перебування одної частинки, що представляє собою певну кількість речовини. Частинка може змінювати стани свого існування в деякі моменти часу з деякими ймовірностями. Якщо в будь-який момент часу ймовірність переходу в інший стан для речовини не залежить від попередньої історії перетворень речовини, то такий процес є марківським, та до нього може бути застосована теорія стохастичних рівнянь марківських процесів.

Нехай деяка система має скінчений набір дискретних станів  $S_1, S_2, \dots, S_n$ . Ставиться задача визначити ймовірності  $p_i(t)$  перебування системи в кожному з можливих станів в кожний момент часу. Ймовірність переходу визначається щільностями переходу:

$$\lambda_{ij} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{p_{ij}(\Delta t)}{\Delta t} \quad (1)$$

де  $p_{ij}(\Delta t)$  - ймовірність переходу зі стану  $i$  в стан  $j$  за час  $\Delta t$ .

Такі системи прийнято зображати графами. Приклад такого графа показаний на рис. 1, тут зображена система, що може перебувати в трьох станах  $S_1, S_2, S_3$ , напрямки переходу позначені стрілочками, а щільності ймовірностей символами  $\lambda_{ij}$ .



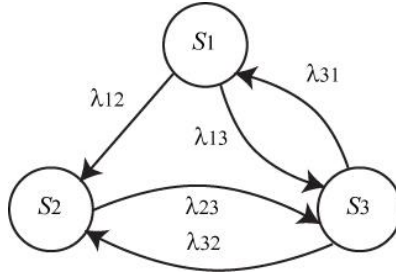


Рис. 1 Приклад графу неперервного марківського процесу

Тоді з означення щільності переходу можна вписати систему диференціальних рівнянь, що описують ймовірності перебування системи з кожному стані. Для графу на рис. 1 така система має вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{\partial p_1}{\partial t} &= \lambda_{31} p_3(t) - \lambda_{13} p_1(t) - \lambda_{12} p_1(t) \\ \frac{\partial p_2}{\partial t} &= \lambda_{12} p_1(t) + \lambda_{32} p_3(t) - \lambda_{23} p_2(t) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\frac{\partial p_3}{\partial t} = \lambda_{13} p_1(t) + \lambda_{23} p_2(t) - \lambda_{31} p_3(t) - \lambda_{32} p_3(t)$$

Система (2) є системою рівнянь Колмогорова [1] для розподілу ймовірностей між можливими станами системи. Розв'язок цієї системи  $p_i(t)$  з початковими умовами  $p_i(0) = p_{i0}$  визначає розподіл ймовір-

ностей перебування в кожному стані системи, причому  $\sum_{i=1}^3 p_i(t) = 1$ .

Якщо відомо, що система перебуває в деякому стані  $S_i$ , тобто в деякий момент часу  $t_0 = 0$   $p_i = 1, p_j = 0, j \neq i$  ймовірність залишитися в

цьому ж стані через час  $\Delta t$  дорівнює  $p = p_i(\Delta t)$ , а значить ймовірність  $q$  змінити свій стан буде дорівнювати:

$$q = 1 - p_i(\Delta t) \quad (3)$$

Загальний вигляд рівняння Колмогорова для системи з  $n$  можливих станів:

$$\frac{dp_i}{dt} = \sum_{j=1}^n \alpha_{i,j} p_j, \quad i = \overline{1, n} \quad (4)$$

Це система лінійних однорідних звичайних диференціальних рівнянь. Така система є інтегрованою в елементарних функціях або квадратурах. Нехай  $p_{i0}, i = \overline{1, n}$  - початкові умови для системи (2). Позначимо  $p = p_{ij}(\Delta t)$  ймовірність переходу зі стану  $i$  в стан  $j$  за час  $\Delta t$  при умові, що в початковий момент часу система знаходилася в положенні  $i$ , тобто  $p_{i0} = 1, p_{j0} = 0, j \neq i$ . Тоді, щоб повністю визначити ймовірності всіх можливих переходів частинки необхідно отримати  $n$  розв'язків системи (2) з початковими умовами  $p_{i0} = 1, p_{j0} = 0, j \neq i$  для кожного  $i = \overline{1, n}$ . Таблиця з  $n^2$  функцій  $p_{ij}(\Delta t)$  повністю визначає ймовірності всіх можливих фазових переходів частинки. Таким чином, задача моделювання фазових переходів частинки зводиться до визначення коефіцієнтів рівнянь Колмогорова, що описують відповідні фазові перетворення та до методів розв'язку системи таких рівнянь.

Для деяких окремих випадків рівнянь, що описують процеси радіоактивного розпаду та адсорбції-десорбції на багатофракційних намулах було отримано аналітичні розв'язки. Отримані результати використані в чисельній лагранжевій моделі переносу радіонуклідів [2]. Було отримано оцінки точності розв'язку рівнянь фазових перетворень лагранжевими методам в залежності від кількості частинок, що беруть участь у моделюванні. Побудовано загальний алгоритм, та отримано аналітичні вирази для середньоквадратичного відхилення від точного розв'язку для задачі про радіоактивний розпад та адсорбцію-десорбцію на однофракційних намулах. Отримані результати використані для чисельного розв'язання задач про розповсюдження радіонуклідів при гіпотетичних аваріях в Жовтому морі та для моделювання наслідків аварії на АЕС Фукусіма [3,4,5].

### Література.

1. Колмогоров А.Н. Об аналитических методах в теории вероятностей // УМН. 1938, 5(5), с. 5-41
2. Бровченко І.О., Мадерич В.М. Багатофазна лагранжева модель дисперсії радіонуклідів у водному середовищі // Сборник трудов конференции Моделирование-2016. - 2016. - С. 99-102
3. Бровченко І.О. Модель міграції радіонуклідів у донному шарі // Прикладна гідромеханіка, 2016, Том 18 (90), № 1. с. 3-10

4. Maderich V., Brovchenko I., Dvorzhak A., Ievdin I., Koshebtsky V, Periañez R. Integration of 3D model THREETOX in JRODOS, implementation studies and modelling of Fukushima scenarios. // Radioprotection, -2016.-51 pp. 133-135

5. R. Periañez, R. Bezhenar, I. Brovchenko, C. Duffa, M. Iosjpe, K.T. Jung, T. Kobayashi, F. Lamego, V. Maderich, B.I. Min, H. Nies, I. Osvath, I. Outola, M. Psaltaki, K.S. Suh, G. de With, Modelling of marine radionuclide dispersion in IAEA MODARIA program: Lessons learnt from the Baltic Sea and Fukushima scenarios // Science of The Total Environment, Volumes 569-570 (2016) 594-602

УДК 532

## **ВПЛИВ НЕОДНОРІДНОСТЕЙ ДОННОЇ ТОПОГРАФІЇ НА ГРАВІТАЦІЙНІ ТЕЧІЇ. МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ТА СТРУКТУРИ ПРИДОННОЇ ВОДИ З НИЗИНИ ФІЛЬХНЕРА**

Терлецька К. Мадерич В. Бровченко І.

*Інститут проблем математичних машин і систем, Україна*

Специфічною особливістю моря Веделла є формування антарктичної придонної водної маси (АПВ) за рахунок зимової конвекції на шельфі. За оцінкою Locarnini et al. (1993) більше половини АПВ, що заповнює значну частину абіссали Світового океану, надходить саме з цього моря. Глибинні води моря Ведделла (ГВВ) формуються в результаті декількох взаємодіючих механізмів конвекції: (1) шельфовій конвекції над відносно мілководним (до 500 м) шельфом в південно-західній частині моря, (2) глибоководної конвекції в ополонках, (3) трансформації шельфових вод під шельфовим льодовиком Ронне-Фільхнера на півдні моря.

Придонна течія в низині Фільхнера формується в результаті складного гідро термодинамічного процесу. Солоні і холодні води, що мають температуру замерзання океанської води  $T=-1.9^{\circ}C$  і які утворилися в районі шельфового льодовика Ронне, опускаються у западину під льодовиком на глибини до 1900 м, де температура танення льоду вища, тому льодовик знизу тоне і вода стає більш прісною, потім вода повертається через протоку між островом Беркнера, піднімаючись вздовж нижньої поверхні льодовика, температура води стає нижчою, ніж локальна температура замерзання морської води, лід наростає, виділяється розсіл і в кінці кінців формується придонна більш холодна водна маса (ЛВ) що є більш прісною, ніж та, що втікає, яка потім витікає через низину Фільхнера. Сила Коріоліса відхиляє цю гравітаційну придонну течію на

захід. Наявність підводних хребтів на материковому схилі може направити потік в глибинну частину моря Ведделла, звідки ГВВ через протоки в морі Скоша підживлюють ААПВ. Лабораторні експерименти та спостереження в океані показали можливість декількох режимів гравітаційних течій: ламінарний, який спостерігався в лабораторії і для якого характерний баланс між силою плавучості, силами тертя і Коріоліса, вихоровий в якому вихори з вертикальною віссю розвиваються за рахунок нестійкості та хвильовий, коли в шарі розділу між гравітаційним потоком та оточуючою водою за рахунок нестійкості виникають хвильоподібні збурення. В роботі негідростатична модель використовується для моделювання ідеалізованих течій, які були створені в лабораторії (Wählin et al., 2008) для різних режимів та в присутності каньона та хребта. Експерименти (Wählin et al., 2008) проводилися на великій платформі Cogiolis (Grenoble) з діаметром 13 метрів, що обертається з періодом  $T=60$  сек, який відповідає параметру Коріоліса  $f = 0.21 \text{ сек}^{-1}$ . Похила платформа, що має розміри 8 м x 2.5 м утворює кут  $6^\circ$  ( $s = \tan \alpha = 0.1$ ) із горизонтальною площиною. Каньон/хребет має завширшки 16 см та 10 см заввишки/завглибшки. Джерело більш густої по солоності рідини розміщується на відстані 25 см від шельфу. Розміри отвору 2,5 см x 20 см. Басейн заповнений водою, що має глибину  $D = 0.35$  м. Обсяг солоні води, що витікала із отвору = 10 літрів на годину, значення густини  $\Delta\rho = 4.3 \text{ кг м}^{-3}$ . Моделювання проводилося для трьох конфігурацій: (а) гладкий схил; (б) схил з одним хребтом; (в) схил з двома хребтами. Моделювання продемонструвало, що наявність модельного хребта призводить до перенаправлення потоку вод поперек схилу, хоча частина води перетікає через нього і продовжує поширюватися у вихровому режимі. При цьому вихрова структура потоку змінюється в порівнянні з випадком гладкого дна. У той же час посилюється зсув швидкості і перемішування в струмені, що розповсюджується вздовж хребта. Два паралельних хребта також призводять до перенаправлення потоку вод поперек схилу. Два хребта ефективно блокують поширення придонного течії вздовж схилу. При цьому з навітряного боку кожного з хребтів виникає ланцюжок вихорів невеликого розміру. Цей ефект не спостерігався в розрахунках і в лабораторному експерименті з одним хребтом. У цілому, поведінка потоку в вихровому режимі над хребтом з характерним масштабом багато меншим радіусу деформації істотно відрізняється від поширення вихорів над дном з плавними змінами рельєфу. Результати чисельного дослідження впливу підводних хребтів на гравітаційні течії на схилі лабораторного масштабу і на потік трансфо-

рмованих під льодовиком Ронне-Фільхнера вод у море Уедделла показали наявність помітного ефекту підводних хребтів в напрямку придонних потоків поперек схилу. У той же час інтенсифікація цього потоку в околиці хребта збільшує перемішування вод, що опускаються.

### **Література**

1. *Wåhlin A. K., Darelius E., Cenedese C. et al.* Laboratory observations of enhanced entrainment in dense overflows in the presence of submarine canyons and ridges // *Deep Sea Res.* I.- 2008. -55.-P. 737-750

УДК 532.517

## **РЕКОНСТРУКЦІЯ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ЧОРНОГО МОРЯ В РЕЗУЛЬТАТІ АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС**

Р.В. Беженар, В.С. Мадерич

*Інститут проблем математичних машин і систем, Україна*

В даний час Чорне море є другим у світі за концентрацією радіоактивного стронцію  $^{90}\text{Sr}$  та та третім за концентрацією радіоактивного цезію  $^{137}\text{Cs}$ . Історично основними джерелами забруднення Чорного моря були глобальне випадіння радіонуклідів в результаті випробувань атомної зброї всередині ХХ століття та аварія на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС) 1986 року. З часом кількість радіонуклідів в морі зменшується за рахунок радіоактивного розпаду і витоку в Середземне море через Босфорську протоку. Але оскільки період напіврозпаду  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  становить близько 30 років, а потік через Босфор малий, порівняно з об'ємом Чорного моря, то зменшення концентрації радіонуклідів в морі відбувається дуже повільно. Отже, завдяки географічному положенню і малому обміну водою з Середземним морем, Чорне море залишається одним з найбільш забруднених морів у світі за вмістом антропогенних радіонуклідів.

Метою даної роботи є реконструкція радіаційного забруднення Чорного моря, починаючи з середини минулого століття. Для цього використовувалась камерна модель Poseidon [1], особливістю якої є можливість проведення одночасного розрахунку концентрації радіонуклідів у воді, донних відкладеннях і морських організмах. В даний час модель Poseidon інтегрована в Європейську систему з ядерного аварійного реагування RODOS, але Чорне море там представлене у вигляді дуже спрощеної системи. В результаті даної роботи створена детальна 3-вимірна система комірок Чорного моря. Оскільки в басейні річок, які впа-

дають в Чорне море діють 37 блоків АЕС, це складає потенційну небезпеку додаткового забруднення моря. Тому покращення опису Чорного моря в рамках системи RODOS є актуальним завданням.

Модель Poseidon описує морське середовище як систему камер, що включають товщу води, донні відкладення і морські організми. Кожна з камер в моделі може містити будь-яку кількість вертикальних шарів води, забезпечуючи, таким чином, тривимірність системи. Перенос розчинених радіонуклідів між камерами описується потоками води, які відповідають процесам адвекції і дифузії. Незалежно від кількості шарів води, кожна камера містить 3 шари донних відкладень. Для опису накопичення радіонуклідів в морських організмах використовується динамічна модель, яка складається з різних ланцюжків живлення для поверхневих і донних організмів. Детальний опис моделі Poseidon приведений в роботі [2].

Об'єм і середня глибина камер в новій детальній системі для моделі Poseidon розраховувалися на основі розподілу глибин, доступних в Європейській моделі океану NEMO [3]. Нова система камер для Чорного моря складається з 50 морських камер та 2 камер, що описують притік води з річок Дніпра і Дунаю (Рис 1). Для опису вертикальної структури розподілу активності в морі камери були поділені на чотири вертикальних шари: поверхневий (глибиною 25 м), приповерхневий (від 25 до 100 м), середній (від 100 до 500 м) і глибинний (від 500 м до дна). На рис. 1 глибоководні камери, що містять всі 4 вертикальні шари, позначені голубим кольором, мілководні камери з 1 або 2 шарами – білим, а камери з 3 вертикальними шарами – косими голубими полосками. Потоки води між камерами були отримані за допомогою усереднення 3-вимірних течій за 10 років (2005 – 2014) з цієї ж моделі.

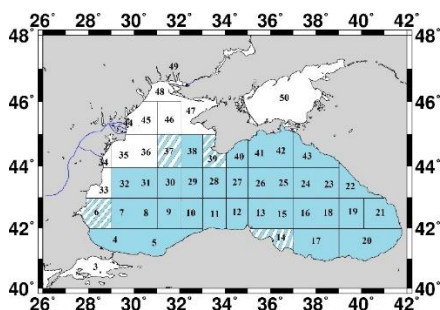


Рис. 1. Нова система камер Чорного моря для моделі Poseidon  
Величина глобального випадіння  $^{137}\text{Cs}$  на камери Чорного моря була сформована на основі щорічних даних густини випадіння на поверхню

планети між 40 і 50 градусами північної широти [4]. Що стосується випадіння після аварії на ЧАЕС, то згідно з оцінками [5] атмосферне випадіння на поверхню Чорного моря в травні 1986 року склало 1700-2400 ТБк  $^{137}\text{Cs}$ . Розподіл даного випадіння між камерами було здійснено на основі карти забруднення поверхневого шару Чорного моря [6]. Притік  $^{137}\text{Cs}$  з водами річок Дніпра і Дунаю становив всього 26 ТБк протягом 1986-2000 років. Забруднення Чорного моря  $^{90}\text{Sr}$  в результаті аварії на ЧАЕС було значно меншим [5], тому в даній роботі воно не розглядалося.

Порівняння результатів моделювання з вимірами концентрації  $^{137}\text{Cs}$  у поверхневому шарі різних камер представлено на рис. 2. Видно, що модель відтворює максимум, пов'язаний з атмосферним випадінням після аварії на ЧАЕС, та його розчинення протягом наступних років. Також отримане добре узгодження результатів моделювання з вимірами для донних відкладень (рис. 3) і морських організмів (рис. 4).

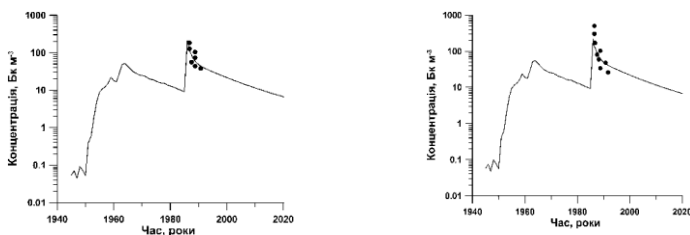


Рис. 2. Концентрація  $^{137}\text{Cs}$  у верхньому шарі води в південно-західній частині Чорного моря (камера 6) і біля Севастополя (камера 39)

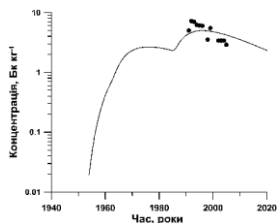


Рис. 3. Концентрація  $^{137}\text{Cs}$  в донних відкладеннях в західній частині Чорного моря (камера 33)

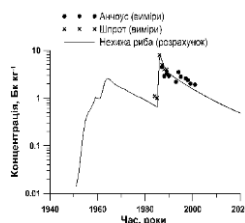


Рис. 4. Концентрація  $^{137}\text{Cs}$  в нехижій поверхневій рибі в західній частині Чорного моря (камера 34)

За весь період спостережень не було здійснено жодного детального дослідження вмісту  $^{137}\text{Cs}$  в Чорному морі. Всі оцінки базуються на ос-

нові вимірювань, переважна більшість яких проводилася у поверхневому шарі Чорного моря на дуже обмеженій території. За допомогою моделювання отримано значення концентрації радіонуклідів у всьому морі за період з 1945 року по теперішній час. Маючи реальні значення концентрацій, можна оцінити вміст радіонукліду в Чорному морі та визначити його потоки в Середземне море, які є важливими при моделюванні переносу радіоактивності в ньому.

Дана робота виконувалася за підтримки проекту Фонду фундаментальних досліджень України Ф68/12779 "Перенос радіоактивності між забрудненими донними відкладеннями і морським середовищем після аварій на АЕС Фукусіма і Чорнобильській АЕС".

### **Література**

1. Lepicard S., Heling R., Maderich V. POSEIDON-R/RODOS models for radiological assessment of marine environment after accidental releases: application to coastal areas of the Baltic, Black and North Seas // *Journal of Environmental Radioactivity*, 2004. – Vol. 72. – P. 153-161.
2. Bezhenar R., Jung K.T., Maderich V., Willemsen S., de With G., Qiao F. Transfer of radiocaesium from contaminated bottom sediments to marine organisms through benthic food chain in post-Fukushima and post-Chernobyl periods // *Biogeosciences*, 2016 – Vol. 13. – P. 3021-3034.
3. NEMO, v3.4. Nucleus for European Modelling of the Ocean, режим доступу: <http://marine.copernicus.eu/>.
4. UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation. Exposures of the public from man-made sources of radiation. In: *Sources and Effects of Ionizing Radiation*. United Nations, New York, 2000.
5. Egorov V.N., Povinec P.P., Polikarpov G.G., Stokozov N.A., Gulin S.B., Kulebakina L.G., Osvath I.  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in the Black Sea after the Chernobyl NPP accident: inventories, balance and tracer applications // *Journal of Environmental Radioactivity*, 1999. – Vol. 43. – P. 137-155.
6. Stepanets O.V., Komarevsky V.M., Borisov A.P., Karpov V.S., Chudinovskikh T.V., Batrakov G.F., Ereemeev V.N. Distribution of artificial radionuclides in the Black Sea and Mediterranean Sea in 1989-1990 // *Physical Oceanography*, 1993 – Vol. 4., No 5 – P. 417-423.



## РОЗУМІННЯ РИЗИКУ У НОВОМУ ЗАКОНІ ПРО ОЦІНКУ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ

А.О. Демиденко

*Інститут проблем математичних машин і систем НАН України*

Сендайська рамкова програма по зниженню ризику лих на 2015–2030 гг. проголосила необхідність «более глубокого понимания риска бедствий во всех его аспектах, связанных с характеристиками воздействия, уязвимости и опасности» в зв'язку з розширеним розумінням екологічної безпеки і екологічних ризиків, що були сформульовані в рамках роботи IPCC - Міжурядової панелі зі змін клімату. Необхідність переосмислення екологічної безпеки і ризиків викликана тим, що уряди і бізнес звикли підходити до управління екологічними ризиками на основі реактивних заходів постфактум, так, як діяли після таких аварій, як Лав Канал, Бхопал, Севезо, Чорнобиль, коли припускалось, що все повернеться в нормальне русло після кризи - підхід, який не відповідає виникаючим екологічним ризикам від порівняно повільних змін клімату. При цьому звично надається увага лише вірогідності загроз змін і, на відміну від управління радіаційними ризиками, не звертається увага на вплив цих змін.

Такий підхід йде від радянської традиції розглядати екологічні ризики на основі концепції «нульового ризику» для здоров'я людини, коли – безпека розуміється, як відсутність ризиків і небезпеки для людей. Ця парадигма досі закріплена у відповідних базових українських законах. Так в Законі про охорону навколишнього природного середовища (1990 рік) визначено: «Екологічна безпека є такий стан навколишнього природного середовища, при якому забезпечується попередження погіршення екологічної обстановки та виникнення небезпеки для здоров'я людей», а поняття «техногенної безпеки» визначено в Кодексі цивільного захисту, як – «відсутність ризику виникнення аварій та/або катастроф».

Ці закони передбачили лише критеріальний або якісний підхід до оцінки впливів та управління безпекою в Україні, коли передбачається управління лише одним компонентом ризику - загрозою, викликанною станом - довкілля або захисту, відповідно. Можливість управління ризиком шляхом змін впливу навіть не передбачається. В ДБН з оцінки впливу на довкілля ризик визначається лише через ймовірність – як «ступінь імовірності певного негативного впливу на навколишнє середовище, який може відбутись в певний час або за певних обставин від

планованої діяльності». Тобто відкидається залежність ризику від впливу, вважається, що вплив буває тільки двох видів – нормативний (нешкідливий для довкілля) і понаднормативний (шкідливий, причому незалежно від величини впливу). А основою екологічного управління досі вважається контроль дотримання лімітів та гранично допустимих нормативів забруднення довкілля, додержання яких начебто забезпечує високий рівень ефективності управління. Зрозуміло, що оптимальне моделювання досягнення цілей екологічного (на відміну від радіаційного) управління в таких умовах неможливе.

Дивно, але ця радянська парадигма виявилася дуже живучою, що зайвий раз доводить слушність заклику Сендайської платформи. Так, в щойно підписаному, незважаючи на запеклу боротьбу, Президентом законі "Про оцінку впливу на довкілля" написано, що закон «спрямований на запобігання шкоди довкіллю, гарантування екологічної безпеки». Тобто радянська концепція «нульового ризику» продовжує панувати в голові осіб, що приймають рішення, навіть через 25 років після розпаду СРСР.

В чому проблема застосування такого підходу до екологічного менеджменту? Покажемо на прикладі, наведеному на круглому столі з подолання наслідків Чорнобильської катастрофи в НІСД 5 квітня 2016, де в черговий раз згадувалося про велику шкоду від чорнобильського законодавства, що встановлювало критерій відселення по стану довкілля - щільності поверхневого радіаційного забруднення, а не по можливій отриманій дозі. В чому була неефективність? В тому, що для досягнення цілі – зменшення отриманої дози, була обрана найбільш неефективна стратегія дій. В результаті колосальні громадські кошти (нагадаю – 12% від фонду зарплати!) були використані без значного ефекту зменшення дози, якого можна було досягти зменшуючи не загрозу, а вплив. Наприклад, за рахунок відмови від виробництва та споживання свого молока. Більше того, ці заходи (виплати переселенцям та відвідувачам зон) створили стимул отримання більшої дози, замість її зменшення. Кількість претендентів на виплати значно зросла, ще більше зменшуючи ефективність обраної стратегії. У багатьох склалося враження, що авторів такого законодавства цікавило не стільки досягнення результату - зменшення впливу на населення, найдешевшим способом, скільки вибивання фінансування з центру за допомогою стратегії дотримання критеріїв поверхневого забруднення найдорожчим (якщо вдасться) способом.

Те саме стосується положень українського внеску до Паризької угоди (Intended Nationally-Determined Contribution (INDC) of Ukraine to a New Global Climate Agreement), де Україна зібралася переходити на

безвуглецевий розвиток (проте збільшуючи викиди CO2!?), не передбачивши жодних направлених на зменшення впливу змін клімату заходів з адаптації – було заявлено, що це тому, що в Україні є гроші лише на боротьбу зі змінами клімату, а на адаптацію – не вистачає.

ІРСС зробила важливий внесок в розуміння згаданого вище розуміння управління ризиками і розширене розуміння безпеки. Щодо ризиків, то ІРСС запропонувала розглядати ризик, як добуток множників –



(ризик)=(вірогідність) x (вплив), де вплив, в свою чергу, є добутком або перетином (експозиції) та (вразливості), що суттєво збільшує операційність управління ризиками, оскільки зменшення будь якого з множників до нуля – усуває ризик. Для, наприклад, ризику природних катастроф ІРСС визначає множники так – множник hazard, як вірогідність загрози, що може вплинути на населення і нерухомість; множник vulnerability, як вразливість, що характеризує чутливість населення і нерухомості до руйнування; та множник exposure, як експозицію – погано сплановане середовище (наприклад, будівництво в зоні повеней), бідність, екологічну деградацію, що посилюють амплітуду взаємодії множників і, відповідно, ризики.

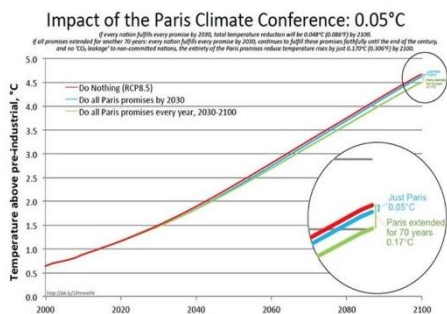
Такий підхід пропонує нове визначення безпеки, як дотримання соціально прийнятних рівнів ризиків в смислі ймовірності змін та їх потенційних наслідків - економічних, екологічних, соціальних впливів, і балансування цього проти очікуваних вигод підвищення безпеки. Це допомагає



упевнитись в тому, що рівень змін ризику внаслідок тих чи інших дій враховує соціальні цінності і що ці дії є пропорційними до величини ризику. Саме тому підхід, заснований на ризику, дозволяє визначати області високого, неприйняттого ризику, де дії мають бути пріоритетовані.

Окремо треба сказати і про внесення каузальності в поняття безпеки. В розширеному завдяки ІРСС розумінні безпеки відмінність екологічної від людської і суспільної безпеки полягає в тому, що об'єктом екологічної безпеки є екосистеми (а не людство чи суспільство), під ризиком знаходиться sustainability/сталість розвитку (а не виживання людини), а от загрозою екологічній безпеці є саме людство (а не природа чи формально встановлені нормативи, однакові від Владивостока до Бреста).

ІПСС прямо вказало, що пом'якшення наслідків змін клімату (mitigation) спрямоване, головним чином, на зменшення загрози від змін клімату в енергетиці, а адаптація, головним чином, - на зменшення впливу змін клімату у водному секторі. Цікавий приклад застосування такого підходу наведений в аргументації тих американських вчених, що підтримують вихід США з Паризької угоди. Суть аргументів наступна: аналіз затрати-вигоди (cost benefit analysis) американської INDC каже, що витратити в наступні 25 років \$1 Trillion на пом'якшення глобального потепління на менше ніж 0.2<sup>0</sup>С (див малюнок з The Washington Post, June 1, 2017) не є ефективним витрачанням грошей. Значно ефек-



тивніше витратити третину цієї суми на адаптацію до збільшення інтенсивності та частоти посух та паводків, будуючи додаткові водосховища, дамби, протипаводкові споруди, десалінізаційні заводи, берегозахисні споруди. Як вони стверджують,

адаптація, а не пом'якшення, є економічно раціональним рішенням в існуючих дуже невизначених умовах.

Оскільки в останніх змінах до Водного Кодексу «управління ризиками затоплення ... спрямоване» лише «на запобігання», а не на адаптацію, виглядає, що старе розуміння ризику поки залишається і в управлінні паводками.

УДК 004.94+630

## ВАЛІДАЦІЯ ГЛОБАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ОЦІНКИ

М.І. Густі, І.А. Охремчук

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Згідно визначення Товариства інтегральної оцінки (TIAS) інтегральна оцінка – це наукова мета-дисципліна, яка інтегрує знання про проблемну сферу і робить ці знання доступними для суспільного навчання

і процесів прийняття рішень [1]. Інтегральна оцінка є важливим елементом аналізу складних соціально-економічно-екологічних систем для підтримки прийняття рішень на міжнародних переговорах. Зокрема, інтегральна оцінка широко використовується при розв'язанні глобальних проблем навколишнього середовища. Для інтегральної оцінки використовують певний клас комп'ютерних моделей, або комплекси моделей – моделі інтегральної оцінки. Особливістю таких моделей є моделювання взаємопов'язаних процесів у таких сферах як економіка, навколишнє середовище, енергетика та інших важливих сферах для розв'язання конкретної проблеми. Крім того, важливим компонентом моделей інтегральної оцінки є можливість симуляції впровадження заходів для розв'язання проблеми (наприклад, оподаткування емісій парникових газів) та оцінки ефективності цих заходів.

Валідація моделей інтегральної оцінки є необхідною для довіри учасників переговорів до запропонованих варіантів розв'язку проблем, оцінки затрат на впровадження можливих заходів та відповідних ризиків. З іншого боку, не існує, або практично не можливо отримати безпосередні вимірювання параметрів складних соціально-економічно-екологічних систем. В якості вхідних даних та даних для порівняння з результатами моделювання часто виступають статистичні дані, дані отримані на основі дистанційного зондування землі та обмеженої кількості наземних досліджень, експертні оцінки, результати інших обчислень, або моделювання. Крім того, моделі інтегральної оцінки включають моделювання суспільних процесів, які є погано структурованими.

Моделі інтегральної оцінки є складними комп'ютерними моделями, які включають в себе компоненти моделювання біофізичних та економічних процесів, а також поведінки людей. Ці компоненти можуть бути об'єднані в одній моделі (менш детально, наприклад, AIM/CGE (Asia-Pacific Integrated Assessment/Computable General Equilibrium) [2], International Futures (<http://pardee.du.edu/node/484>)), або у вигляді комплексу зв'язаних між собою більш детальних моделей (наприклад, комплекс моделей інтегральної оцінки Міжнародного інституту прикладного системного аналізу [3]). Враховуючи те, що компоненти моделей об'єднані і виникають зворотні зв'язки, валідація окремих компонентів моделей не буде гарантувати валідації моделі (чи комплексу моделей) в цілому. Загальноприйнятим є твердження, що валідація моделі тісно пов'язана з призначенням моделі. Nguyen (2005) [4] аналізуючи праці, в яких розглядають валідацію IAM, виділяє такі проблеми валідації моделей цього типу:

- Відсутність загальноприйнятих визначень таких понять як валід-

ність моделі, валідація моделі і критеріїв валідності моделі (філософська проблема);

- складність моделей інтегральної оцінки (методологічна проблема);

- участь людей (психологічна проблема);

- нестача і відсутність даних спостережень (проблема даних);

- високий рівень агрегації (проблема відкритості системи).

V.Hughes [5], один з розробників моделі International Futures, використовує концепцію верифікації-валідації та акредитації (VVA). Розрізняють валідацію концептуальної моделі (або валідацію структури моделі - перевірка того, що теорії та припущення, які використано у концептуальній моделі, є раціональними, враховуючи призначення моделі), валідацію поведінки моделі (або операційну валідацію – перевірка того, що поведінка результатів моделювання має достатню точність відповідно до призначення моделі), валідацію даних (перевірка того, що дані, необхідні для розробки моделі та проведення модельних експериментів є адекватними та коректними) та верифікацію (перевірка того, що концептуальна модель переведена у комп'ютерну модель коректно, без помилок) [6] (Рис. 1).

Враховуючи вищенаведені проблеми валідації складних моделей, такі моделі, практично, не валідують. В тому числі це стосується моделей інтегральної оцінки в сільському господарстві [7] та лісовому господарстві. Натомість, визначають, чи модель підходить для певних цілей, - «акредитація» згідно [6] і чого притримується V.Hughes [5] при валідації моделі International Futures. Така «акредитація», в тому числі, може відбуватись через процес використання моделі у різних проектах із залученням до рецензування моделі та результатів моделювання незалежних експертів, замовників результатів аналізу з використанням моделі та зацікавлених осіб (тих, кого можуть стосуватись результати моделювання, чи політичні рішення, на які можуть вплинути ці результати моделювання) [5, 7, 8].

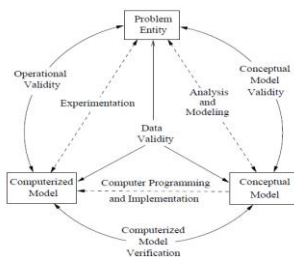


Рис. 1. Схематичне зображення процесу моделювання за [6].

При наявності відповідних даних «спостережень» порівнюють результати моделювання з цими даними. При наявності інших моделей проводять порівняння результатів різних моделей як для істичного періоду так і майбутнього періоду (наприклад, [9, 10]). Також важливо проводити дослідження чутливості моделі до зміни окремих параметрів (для визначення тих параметрів, які мають суттєвий вплив на результат моделювання, а також вимірювання цього впливу), а також, при можливості, аналіз поширення похибок в моделі (наприклад, методом монте-карло). Валідація складної моделі – це тривалий процес, а будь-які вдосконалення моделі вимагають повторення процедур валідації (окремих, чи всіх, в залежності від суттєвості змін).

Отже, моделі, які використовують для проведення інтегральної оцінки, у більшості випадків, є складними комп'ютерними моделями, або комплексами взаємопов'язаних моделей, які, серед іншого, включають моделювання екологічних, економічних та соціально-політичних процесів. У зв'язку з складністю моделей, а також відсутністю достатньої кількості даних вимірювань, такі моделі валідують у процесі їх застосування, наукових публікаціях і багатоетапного рецензування експертами та користувачами як самих моделей так і результатів моделювання. В результаті цього процесу у користувачів виробляється певний рівень довіри до результатів моделювання, що дозволяє використовувати ці результати для підтримки прийняття рішень.

## Література

1. Defining Integrated Assessment. Website of The Integrated Assessment Society. [Online]. Available: [http://www.tias.uni-osnabrueck.de/integrated\\_assessment.php](http://www.tias.uni-osnabrueck.de/integrated_assessment.php), accessed 27 April 2017
2. Fujimori S., Hasegawa T., Masui T., et al. SSP3: AIM implementation of Shared Socioeconomic Pathways// *Global Environmental Change*. - Vol 42, 2017. – p. 268-283
3. Fricko O., Havlik P., Rogelj J. et al. The marker quantification of the Shared Socioeconomic Pathway 2: A middle-of-the-road scenario for the 21st century// *Global Environmental Change*. - N 42, 2017.- p. 251-267
4. Nguyen T.G. A methodology for validation of integrated assessment models with an application to coastal-zone management in South-West Sulawesi. Dissertation to obtain the doctor's degree at the University of Twente, Enschede, The Netherlands, 2005
5. Hughes B. Assessing the Credibility of Forecasts using International Futures (IFs): Verification and Validation. Working paper 2006.06.20. Pardee Center for International Futures, Josef Korbel School of International Studies,

University of Denver, Denver, CO, 2006

6. Sargent R. Verification, Validation, and Accreditation of Simulation Models. Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference, J.A. Joines, R.R. Barton, K. Kang, and P.A. Fishwick, eds., 2000 [online] Available: <http://www.informs-sim.org/wsc00papers/009.PDF>. Accessed 27 April 2017
7. Britz W., Van Ittersum M., Lansink A.O., Heckelei T. Tools for Integrated Assessment in Agriculture. State of the Art and Challenges// *Bio-based and Applied Economics*, 2012. - N 1(2). - p. 125-150J.P.
8. Van der Sluijs A way out of the credibility crisis of models used in integrated environmental assessment// *Futures*, 2002. - N 34 (2). -p. 133-146
9. Popp A., Calvin K., Fujimori S. et al. Land-use futures in the shared socio-economic pathways// *Global Environmental Change*, 2017. - N 42. - p. 331-345
10. Kindermann G., Obersteiner M., et al. Global cost estimates of reducing carbon emissions through avoided deforestation// *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2008. - Vol. 105(30), pp. 10302-10307

УДК 532.5

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕК ДНЕПР И ПРИПЯТЬ В СЛУЧАЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС В ЗИМНИЙ ПЕРИОД**

А. Пилипенко\*, А. Бойко\*\*, М. Железняк\*\*\*.С. Кивва\*,

\* *Институт проблем математических машин и систем НАН Украины*

\*\*\* *Институт радиоэкологии, Университет Фукусима, Япония*  
\*\* *Университет Зиген, Германия*

Выпадение радиоактивных загрязнений на снег в результате аварийных ситуаций на АЭС может вызвать значительно большее загрязнение речных систем, чем в случае выпадений на грунт, при котором происходит фиксация основной части выпавших радионуклидов в почве. В работе представлено развитие модели поверхностного смыва радионуклидов с водосборов в реки RETRACE-R системы поддержки принятия решений при радиационных авариях (СППР) JRODOS для ситуаций атмосферных аварийных выпадений на снежный покров. Разработанная для таких задач модель RETRACE-RS тестируется на примере гипотетического сценария загрязнения водосбора реки Припять в случае аварии на Чернобыльской АЭС зимой 1987 года и последующего



смыва радионуклидов в речную сеть при весеннем снеготаянии. Дальнейшее распространение радионуклидов по реке Припять и вниз по течению через Киевское водохранилище по реке Днепр рассчитывалось обновленной версией одномерной речной модели RIVTOX-SV системы. JRODOS [1] Гидравлический модуль RIVTOX-SV основан на численном решении уравнений Сен-Венана, и связанные с ним модули адвективного диффузионного переноса, описывают транспорт взвесей и радионуклидов в речных системах. Результаты расчета по гипотетическому сценарию зимней аварии 1987 года сопоставляются с результатами расчета реализовавшегося в весенний паводок 1987 года смыва в результате снеготаяния в речную сеть радионуклидов, выпавших на грунт в результате Чернобыльской аварии апреля 1986 года. Оба сценария «реализованный - загрязнение под снегом» и «гипотетический - загрязнение на снегу» рассчитывались по фактическим полям выпадений  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  апреля 1986 года.

Для моделирования были использованы ГИС-данные о моделируемой области, карта загрязнений Чернобыльской зоны отчуждения из базы данных Украинского научно-исследовательского института сельскохозяйственной радиологии [2], данные гидрометеорологических наблюдений за 1986-1987 годы, а также данные радиологических измерений, представленные в рамках проекта МАГАТЭ VAMP [3].

Модель смыва радионуклидов, выпавших на почвы водосборов RETRACE-R СППР RODOS [4] в каждой ячейке водосбора рассчитывает в единицу времени количество смываемых радионуклидов как произведение плотности выпадений на интенсивности осадков (снеготаяния) и на эмпирический коэффициент смыва, значения которого определялись по обработке данных мониторинга различных речных систем после Чернобыльской аварии. Рассчитанный таким образом поток радионуклидов из каждой расчетной ячейки переносился с использованием ГИС подсистемы СППР RODOS в ближайший к расчетной ячейке водосбора элемент русла речной сети, как боковая приточность для модели руслового переноса радионуклидов RIVTOX-SV. Модель RIVTOX-SV применяется для расчета распространения радиоактивного загрязнения в реках Припять и Днепр и в Киевском водохранилище.

Модель RETRACE-RS рассчитывает смыв радионуклидов с ячейки водосбора, на снежный покров которой произошло выпадения плотностью  $D$ , в предположении, что происходит растворение выпавших радионуклидов в водном столбе тающего снега высотой  $h_s$ , Соответственно, концентрация радионуклидов в талой воде вычисляется как  $C = D/h_s$  и а поток радионуклидов с талой водой с ячейки водосбора может быть

рассчитан через мгновенную водоотдачу при снеготаянии  $M$  по формуле:

$$J = C M S = D S M / h_s, \quad (1)$$

здесь  $J$  – поток радиоактивного загрязнения из расчетной ячейки (Бк/сек),  $D$  – плотность радиоактивного загрязнения в ячейке (Бк/м<sup>2</sup>),  $S$  – площадь ячейки,  $M$  (м/сек) – интенсивность водоотдачи при снеготаянии,  $h_s$  (м) – водный эквивалент высоты снежного покрова. При этом для оценки интенсивности водоотдачи  $M$  в процессе снеготаяния используется метод температурного индекса [5].

В рамках исследования впервые для больших загрязненных водосборов было проведено тестирование цепочки моделей смыва радионуклидов с почв водосбора в речную сеть на основе RETRACE –R и последующего переноса радионуклидов в русле RIVTOX-SV. Результаты расчетов по реализовавшемуся сценарию паводка 1987 года неплохо согласуются с данными измерений (рис .1) в период прохождения пика паводка. Однако, результаты моделирования заметно ниже данных измерений в предшествующий пик паводка периоды в Чернобыльской зоне в связи с тем, что в расчетах не учитывалось радиоактивное загрязнение водосбора Припяти выше по течению Чернобыльской зоны отчуждения.

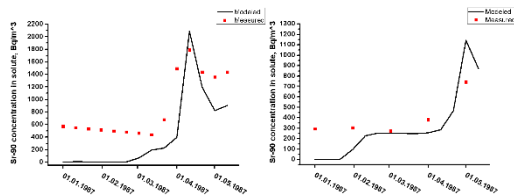


Рис. 1: Сравнение рассчитанной концентрации стронция-90 и данных измерений в р. Припять – г. Чернобыль (слева) и в Киевском водохранилище перед плотиной Киевской ГЭС - г. Вышгорода (справа) в период весеннего паводка 1987 г

Модель RETRACE–RS использовалась для расчета гипотетического сценария выпадения загрязнения 1986 года на снежный покров 1987 и последующего формирования весеннего половодья по метеоусловиям 1987. .

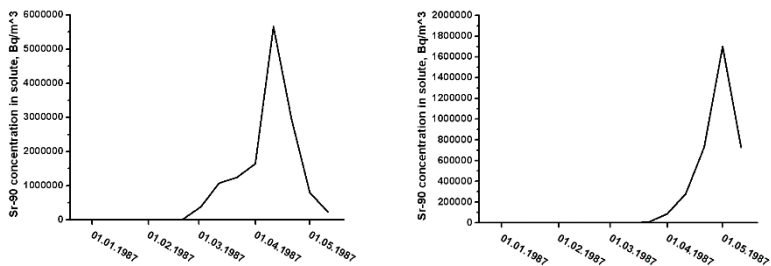


Рис. 2: Рассчитанная концентрации стронция-90 в р. Припять – г Чернобыльь (слева) и в Киевском водохранилище перед плотиной ГЭС - г. Вышгорода (справа) для гипотетического сценарии зимней аварии на ЧАЭС 1987 г .

Результаты расчетов (Рис 2) могут рассматриваться как «оценка сверху» для концентраций радионуклидов в воде с учетом сделанного в модели предположения, что почва промерзает до формирования снежного покрова и поэтому стекание загрязненной воды по промерзшей почве происходит без фиксации в ней радионуклидов. Такая консервативная модель расчета зимней аварии дает концентрациям в воде Припяти и Днепра, которые в несколько тысяч раз превосходят величины концентраций в период реального весеннего паводка 1987

**Выводы.** На примере данных загрязнения водосбора реки Припять в Чернобыльской зоне отчуждения, динамики полей снежного покрова и метеоситуации 1987 года продемонстрированы возможности нового модуля СППР РОДОС для расчета максимально концентраций радионуклидов в речных системах при аварийных радиоактивных загрязнениях снежного покрова. Впервые по гидрометеорологическим данным весенних паводков на р. Припять после Чернобыльской аварии проведено тестирование модели смыва радионуклидов с загрязненных почв при снеготаянии СППР РОДОС.

### Литература

1. Zheleznyak M., Kivva S., Ievdin I., Boyko O., Kolomiets P., Sorokin M., Mikhalskiy O., Gheorghiu D.. (2016) Hydrological Dispersion Module of JRODOS: renewed chain of the emergency response models of radionuclide dispersion through watersheds and rivers. Radioprotection, 1-4, pp. 129-131
2. Zheleznyak, M., Blaylock, G., Gontier, G., Konoplev, A., Vojtsekhovich, O., (1995.). Modeling of radionuclide transfer in rivers and reservoirs: validation study within the IAEA CEC VAMP Program. International Symposium on Environmental Impact of Radioactive Releases, IAEA, Vienna (8-12).

3. Kashparov, V.A., Lundin, S.M., Zvarych, S.I., Yoshchenko, V.I., Levchuk, S.E., Khomutinin, Y.V., Maloshtan, I.M. and Protsak, V.P., (2003). Territory contamination with the radionuclides representing the fuel component of Chernobyl fallout. *Science of the Total Environment*, 317(1), pp. 105-119.
  4. Zheleznyak, M., Potempski, S., Bezhenar, R., Boyko, A., Ievdin, I., Kadlubowski, A. and Trybushnyi, D. (2010) Hydrological dispersion module of JRODOS: development and pilot implementation – the Vistula river basin. *Radioprotection*, 45 ( 5 ), pp. 113-122.
- DeWalle, D. R., Rango, A. (2008). *Principles of snow hydrology*. Cambridge University Press.

УДК 517.957

## **ІНТЕРФЕЙС «ГІДРОС» СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПАВОДКІВ НА РІЧКАХ СІРЕТ І ПРУТ**

О. Михальський, Є. Євдін

*Інститут проблем математичних машин та систем*

**Вступ.** З 2014 року в рамках європейського проекту EAST AVERT проводиться розробка прогностичних гідрометеорологічних моделей і системи прогнозування зон затоплень на найбільш важливих ділянках прирічкових частин басейнів річок Сірет і Прут для Чернівецького обласного центру з гідрометеорології ДСНС України і Дністрвсько-Прутського Басейнового управління водних ресурсів. В роботі описано розвиток і впровадження програмної оболонки ГІДРОС цієї моделюючої системи.

**Архітектура програмної оболонки “Гідрос”.** Програмна система складається з Обчислювального сервера (Обчислювача) для безпосереднього виконання математичних обчислень, Управляючого сервера (або Менеджера) для організації доступу до бази даних, забезпечення обміну даними між різними компонентами системи, збору інформації з інших компонентів системи, Клієнта для збору вхідної інформації, візуалізації результатів і повідомлень та системи управління базами даних (СУБД) для зберігання результатів розрахунків, конфігурацій користувача та завантажених даних вимірювань. Ця система заснована реалізований в середовищі JAVA архітектурі системи JRodos, яка розроблена в ІПММС НАН України і УЦЕВП в проєктах ЄС координуваних Карлсруе Інститутом Технологій.

Управляючий сервер є основним компонентом системи, який забезпечує взаємодію між собою усіх інших компонентів, контролює та

направляє потоки даних між частинами системи. Це єдиний компонент системи, який має зв'язок з усією рештою компонентів, які, в свою чергу, контактують тільки з ним. Менеджер відсилає запити до баз даних, видає команди на запуск обчислювальних моделей, надає їм вхідні дані з різних джерел (наприклад, з графічного інтерфейсу клієнта, бази даних), слідкує за станом задач та реагує на їх зміну, передає вихідну інформацію відповідним адресатам (графічному інтерфейсу користувача, геоінформаційному модулю клієнта, базі даних).

Горизонтальне масштабування розробленої архітектури підтримується на рівні обчислювача. В цьому контексті масштабування означає можливість додавання до системи нових вузлів, нодів, серверів, процесорів для збільшення загальної продуктивності.

Система розроблена з використанням Java версії 6, середовище виконання Java-програм (Java Runtime Environment, JRE) входить до інсталяційного пакету системи, таким чином жодної додаткової установки та спеціального конфігурування JRE виконувати не потрібно.

В якості системи управління базами даних система використовує СУБД з відкритим кодом PostgreSQL 8.4. Це єдине зовнішнє програмне забезпечення, що необхідно встановити для успішного запуску системи. Якщо організація вже має встановлену СУБД PostgreSQL версії 8.2 або пізніше, вона може бути використана для роботи системи після додаткової конфігурації Сервера.

**Інтерфейс системи “Гідрос”.** Графічний інтерфейс користувача на Клієнті має сучасний зовнішній вигляд і є зручним інструментом для зв'язку з оператором. Основний інтерфейс реалізований у вигляді статичного вікна з декількома компонентами, такими як навігатор проєктів, панель повідомлень, центральна панель та панель властивостей.

Центральна панель містить декілька закладок, які служать для представлення / візуалізації різних типів даних (скалярні значення, карта, графіки, таблиці, тексти, гістограми тощо) та відображення графічного інтерфейсу моделі для заповнення вхідних параметрів. Вкладка з картою, на відміну від інших вкладок, не може бути закрита і призначена для візуалізації геопросторових даних, у тому числі: Цифрових даних про місцевість в якості фонових карт (карта висот),

Річкової мережі, гідрологічних постів, метеорологічних станцій, меж водозборів

Наступні джерела даних можуть бути використані для завантаження на карту в системі:

Файли у форматі ESRI .shp або GeoTIFF, які повністю завантажуються до оперативної пам'яті Клієнта;

Результати просторового запиту до геоінформаційної бази даних PostGIS / PostgreSQL. В загальному випадку, це дані, розмір яких не дозволяє завантажувати їх цілком в оперативну пам'ять Клієнта, однак відносно невеликі дані також можуть бути завантажені з бази даних;

Результати запиту до WMS-сервера, сервера Google Maps, OpenStreetMap, що відправляється при зміні видимої області, масштабу;

Графічний інтерфейс також має необхідний набір засобів для роботи з картою, серед яких є можливість зміни масштабу, прокручування видимої області, зміни проекції, вимірювання відстані, виділення об'єктів, перегляду атрибутивної інформації обраного об'єкту, друку або збереження в якості картинки поточного стану карти.

Система підтримує три мови: англійську, російську та українську, яка може бути змінена в налаштуваннях, що доступні з верхнього меню та зберігаються в профілі користувача.

Система відображає останні результати роботи моделі чисельного прогнозу погоди WRF, гідрологічної моделі «опали-стік», двовимірної моделі розрахунку зон затоплень. Інтерфейс моделі WRF відображає :

- Поле опадів;
- Поле температури повітря;
- Поле вітру;
- Поле вологості повітря.

Навігатор проектів типу WRF має наступну деревовидну структуру:

- Карти
- Опали
- Температура повітря
- Вітер
- Вологість повітря

Акумуляована кількість опадів по під водозборам за 6. 12. 24 години

- Графіки та таблиці
- Опали
- Температура повітря
- Вітер
- Вологість повітря

Карти можна анімувати. Додатково біля слайдеру, що керує анімацією, розміщується випадаючий список усіх дат прогнозу для швидкого переходу до відповідного кроку прогнозу.

Інтерфейс гідрологічної прогностичної моделі відображає:

Проект “Синоптика” відповідає візуалізації останнього прогнозу погодних даних, а проект “Гідрологія”, відповідно, призначений для перегляду прогнозу рівнів та витрат на водозборах р.Прут та р.Сірет.

Прогнозні часові ряди витрат та рівнів відображаються у табличному та графічному вигляді.

Інтерфейс двовимірної моделі розрахунку зон затоплень дає змогу користувачу розраховувати та проводити картографічний аналіз зон затоплень під час проходження повеней на річках. Ця модель також була налаштована на р. Дніпро в районі міста Києва (від нижнього б'єфу Київського, та до верхнього б'єфу Канівського водосховища) та на р. Дністер в межах м. Могилів-Подільський.

Моделюючі системи з інтерерфейсами програмної системи "ГІДРОС" впроваджені та проходять тестову експлуатацію в Чернівецькому обласному центрі гідрометеорології ДСНС України і Дністрвсько-Прутському Басейновому управлінні водних ресурсів. м Чернівці





**СЕКЦІЯ 2**  
**СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА**  
**ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ**  
**У ВИРОБНИЦТВІ**

**ВИЗНАЧЕННЯ ГРОШОВОЇ ОЦІНКИ НЕЯКІСНИХ  
ПАСАЖИРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ НА ПІДСТАВІ  
ДАНИХ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ  
ФУНКЦІОНУВАННЯ РЕЙСУ МАРШРУТУ МІСЬКОЇ  
ПАСАЖИРСЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ**

О.Є. Сокульський, К.Ю. Гілевська, Н.М. Васильцова, Д.Л. Пачнко  
*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»*

*Національний транспортний університет*

*Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління*

В роботі [1] сформульовані показники якості обслуговування пасажирів, як сукупність показників, що відображують порушення прав пасажирів при користуванні маршрутом міської пасажирської транспортної системи (МПТС) у ринкових умовах, а саме:

1) сумарна кількість пасажирів, яким було відмовлено у посадці в пасажирський транспортний засіб (ТЗ), що працювали на маршруті протягом доби, внаслідок їх переповнення;

2) сумарний час чекання пасажирів ТЗ, пов'язаних з порушеннями розкладу руху;

3) сумарні пасажиро-кілометри, що були зроблені на перегонах маршруту з порушенням комфортності поїздки (з перевищенням максимального коефіцієнту заповнення салону ТЗ).

Як наслідок, ми маємо справу з трьома показниками зі різними розмірностями, що заважає визначити єдиний узагальнений показник, який характеризує ступінь порушення прав пасажирів на маршрутах МПТС внаслідок неякісно наданих транспортних послуг.

Для вирішення задачі пропонується при імітаційному моделюванні функціонування маршруту МПТС використовувати уявні ТЗ з пасажиромісткістю, що дорівнює не максимальній, а нормативній, яку пропонується встановити в розмірі 75% від паспортної. Така ємність може бути компромісом між економічними інтересами перевізника та комфортними умовами перевезення пасажирів. В такому випадку всі порушення перейдуть в показник середнього часу перебування пасажирів на зупинці.

Інші вихідні дані для моделювання отримуємо наступним чином. Часові мітки прибуття пасажирського ТЗ на зупинки зчитуємо з даних су-

путникової системи моніторингу комунального транспорту [2]. Пасажиropотоки та імовірності виходу пасажирів визначаємо на підставі даних обстеження маршруту.

Сумарні втрати часу пасажирями на маршрутах МПТС внаслідок порушення їх прав можна оцінити як добуток кількості перевезених пасажирів на різницю між середнім часом чекання пасажирями на зупинці за результатами моделювання та середнім нормативним часом. В якості таких нормативів пропонуються наступні: середній час чекання пасажирських ТЗ в годину «пік» - 5 хвилин, в інший час доби - 10 хвилин.

Визначення вартості втраченого часу має складний характер, оскільки включає ряд чинників, фактичне значення яких або невідоме, або його дуже важко визначити. Перебування пасажирів у дорозі є втратою робочого або вільного часу громадянина.

Існуючи підходи до вартісної оцінки втраченого (понад нормованого) робочого та вільного часу базуються на оцінках [3]:

- 1) національного прибутку, який створений за одну людино-годину;
- 2) середньої заробітної плати людини за годину;
- 3) пасажиром свого часу при виборі пасажирського ТЗ для пересування;
- 4) виходячи з гіпотези об'єктивної залежності суспільного виробництва від культурно-освітнього рівня населення;
- 5) виходячи з зниження продуктивності праці пасажирів на основному виробництві внаслідок транспортного стомлення.

Використання такої економічної оцінки однієї втраченої пасажиро-години дає можливість порівнювати якість роботи між будь-якими рейсами бідь-яких маршрутів МПТС.

## Література

1. Логачов Є.Г. Визначення та використання вартісної оцінки неякісних транспортних послуг, що надаються перевізником на маршруті МПТС / Є. Г. Логачов, О. Є. Сокульський // Вісник Нац. транспорт. університету. – 2011. – № 24, ч. 2. – С. 183–188.
2. Логачов Є.Г. Визначення якості обслуговування пасажирів на маршрутах МПТС на підставі даних супутникової системи моніторингу комунального транспорту / Логачов Є.Г., Сокульський О.Є., Чумакевич В.О., Гілевська К.Ю. // Зв'язок – 2013. - № 2. – С. 69-72.
3. Вакуленко К. Є. Управління міським пасажирським транспортом : навч. посібник / К. Є. Вакуленко, К. В. Доля ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 257 с.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ НАРУШЕНИИ СПЛОШНОСТИ

Радченко С.Г., Лапач С.Н.

*НТУУ «Киевский политехнический институт им. И.Сикорского», г. Киев, Украина*

Композиционные материалы находят все более широкое применение при создании летательных аппаратов, обеспечивая высокие прочностные, жесткостные, усталостные и весовые характеристики. Специфика изготовления композиционного материала заключается в том, что он получается непосредственно в процессе изготовления детали. Высокие механические свойства деталей определяются оптимальными конструктивно-технологическими факторами получения композиционных материалов. В частности, их механические характеристики зависят от направления укладки и количества слоев армируемых волокон. В процессе эксплуатации композиционные материалы могут подвергаться импульсным нагрузкам и их механические свойства будут изменяться.

Изучение свойств композиционных материалов путем теоретического анализа затруднительно ввиду сложности механизмов происходящих явлений, многообразия влияния, случайных составляющих некоторых факторов в исходных материалах, нелинейного характера изменений их механических свойств. Эффективным подходом является экспериментально-статистический с использованием теории планирования эксперимента и регрессионного анализа.

При использовании регрессионного анализа необходимо обеспечить корректные условия решения задачи: ортогональность эффектов в модели и устойчивость оцениваемых коэффициентов. Структура определяемой модели исследователю в большинстве случаев не известна [1, с.87–111].

Целью исследования является получение математических моделей, описывающих влияние конструкторских и технологических факторов изготовления деталей из композиционных материалов на их механические свойства при нарушении сплошности.

В формальной записи постановка задачи имеет следующий вид:

$$\hat{y}_w = f_w(X_1, \dots, X_k),$$

где  $\hat{y}_w$  –  $w$ -тая функция цели (зависимая переменная), которую необходимо моделировать;

$X_1, \dots, X_k$  – факторы (независимые переменные);

$k$  – общее число факторов.

Содержательная постановка задач по факторам и функциям, которые исследуются, была проведена специалистами по композиционным материалам и эксплуатации полученных из этих материалов изделий.

В работе используется расширенная концепция ортогональности получаемой модели: план эксперимента, структура модели и структурные элементы модели ортогональны друг к другу. Ортогональная структура многофакторной статистической модели позволяет получить статистически независимые оценки коэффициентов моделируемой функции. Такая структура может быть определена однозначно со статистически значимыми коэффициентами. Нормирование ортогональных эффектов позволяет получить максимально устойчивую структуру модели и, следовательно, ее коэффициентов. Решаемая задача будет корректно поставленной. Построенные модели позволяют провести анализ влияния изучаемых факторов на моделируемые функции [1, 2].

В соответствии с целью работы, выбранным методом исследования, качественным и количественным характером управляемых факторов был выбран регулярный многофакторный план  $2^3 \times 4^3 / 32$  (3 фактора на 2 уровнях, 3 фактора на 4 уровнях, 32 опыта). План обеспечивает ортогональность всех главных эффектов; план близок к критерию  $D$ -оптимальности.

Факторами, влияющими на критерии качества композиционных материалов, были выбраны следующие:

$X_1$  – наличие защитного слоя СВМ, П<sub>3</sub>; уровни: нет, есть.

$X_2$  – наименование слоя со стороны входа ударника  $C_{вх}$ ; уровни:  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ .

$X_3$  – наименование слоя со стороны выхода ударника  $C_{вых}$ ; уровни:  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ .

$X_4$  – количество слоев в одном направлении (типа  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ),  $K_{0,90}$ ; уровни: 1, 2, 3, 4.

$X_5$  – количество слоев в одном направлении (типа  $+45^\circ$ ,  $-45^\circ$ ),  $K_{45}$ ; уровни: 1, 2, 3, 4.

$X_6$  – разбиение плана эксперимента на ортогональные блоки; уровни: 1, 2, 3, 4.

Помимо конструктивных и технологических факторов в эксперимент был введен блоковой фактор (разбиение эксперимента на ортогональные блоки). Это позволяет существенно уменьшить или исключить влияние источников неоднородностей на результаты, полученные в виде математических моделей.

В качестве механических характеристик композиционных материалов были выбраны следующие:

$y_1$  – предел прочности при растяжении  $\sigma_b$ , кгс/мм<sup>2</sup>;

$y_2$  – модуль упругости при растяжении  $E_{\text{раст}}$ , кгс/мм<sup>2</sup>.

Структуры получаемых многофакторных статистических моделей  $\hat{y}_1$ ,  $\hat{y}_2$ , не известных исследователю, выбирались из элементов структуры модели полного факторного эксперимента [1, с. 92]:

$$\prod_{i=1}^k (1 + x_i^{(1)} + x_i^{(2)} + \dots + x_i^{(s_i-1)}) \rightarrow N_{\Pi},$$

где 1 – значение фиктивного фактора  $x_0 \equiv 1$ ;

$x_i^{(1)}, x_i^{(2)}, \dots, x_i^{(s_i-1)}$  – ортогональные контрасты факторов  $X_i$ ;

$s_i$  – число различных уровней фактора  $X_i$ ;

$k$  – общее число факторов,  $1 \leq i \leq k$ ;

(1), (2), ..., (s<sub>i</sub>-1) – порядок контрастов фактора  $X_i$ ;

$N_{\Pi}$  – число структурных элементов полного факторного эксперимента, равное числу опытов эксперимента.

Все эффекты выражаются в виде ортогональных нормированных контрастов.

Статистические модели  $\hat{y}_1$ ,  $\hat{y}_2$  были рассчитаны с использованием программного средства «Планирование, регрессия и анализ моделей» (ПС ПРИАМ), разработанного на кафедре технологии машиностроения НТУУ «КПИ» [3].

Полученные статистические модели необходимо проверить по критериям качества: на адекватность, устойчивость, информативность, статистическую эффективность [1, с. 67–80].

Статистический анализ моделей показал, что дисперсии воспроизводимости однородные.

Модели  $\hat{y}_1$ ,  $\hat{y}_2$  статистически значимые, т. е. несут полезную информацию. Коэффициенты множественной корреляции  $R$  равны 0,9676 и 0,9690 соответственно и статистически значимые. Критерии Бокса и Веа равны 4 и 5, т. е. высокосignificant. Доля рассеивания, объясняемая моделью, составляет 0,9353 и 0,9389 для  $\hat{y}_1$ ,  $\hat{y}_2$ .

Проверка адекватности моделей по  $F$ -критерию показала, что модели адекватно описывают результаты экспериментов. Средняя относительная ошибка аппроксимации составляет 4,55 % и 14,10 %, средняя

абсолютная ошибка аппроксимации 1,68 и 1,21 соответственно. Проверка устойчивости моделей с использованием числа обусловленности  $\text{cond}$  показала, что модели высокоустойчивы:  $\text{cond} = 1,68$  для  $\hat{y}_1$  и  $\text{cond} = 1,21$  для  $\hat{y}_2$ .

Все критерии качества построенных моделей соответствуют наилучшим возможным.

Модели позволяют использовать их для анализа влияния факторов, прогнозирования свойств получаемых деталей, поиска оптимальных конструкций деталей.

Использование концепции планирования эксперимента и формализованного получения структуры модели в исследовании механических свойств композиционных материалов при нарушениях сплошности полностью подтвердило высокую эффективность такого методологического подхода.

С разработанными методами моделирования и полученными результатами можно ознакомиться в [4, 5].

### **Литература**

1. Радченко С. Г. Методология регрессионного анализа : монография / Радченко С. Г. – К. : «Корнійчук», 2011. – 376 с.
2. Математическое моделирование прочности болтовых соединений композиционных материалов типа углепластиков / С.Г. Радченко, С.Н. Лапач, А.З. Двейрин, Е.Т. Василевский / Открытые информационные технологии: сб. науч. тр. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2014. – Вып. 63. – С.61–71.
3. Лапач С.Н. Планирование, регрессия и анализ моделей PRIAM (ПРИАМ) / Лапач С.Н., Радченко С.Г., Бабич П.Н. // Каталог программные продукты Украины. К.: 1993. С. 24–27.
4. Лаборатория экспериментально-статистических методов исследований (ЛЭСМИ). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nt.org/sp/lesmi>
5. Сайт кафедры «Технология машиностроения» Механико-машиностроительного института Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tm-mmi.kpi.ua/index.php/ru/1/publications/>

## **ЩОДО МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГІС З ВІДКРИТИМ КОДОМ QGIS У ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ.**

Гречанінов В.Ф., Лопушанський А.В.

*Інститут проблем математичних машин і систем НАН України  
м. Київ, Україна*

Розвиток системи управління Збройними Силами України є першою із стратегічних цілей у Державній програмі розвитку Збройних Сил України на період до 2020 року [1]. Надання органам управління всіх рівнів надійного доступу до геопросторових даних, їх відображення та використання для розрахунків, аналізу та моделювання є основним призначенням геоінформаційних систем (ГІС) у військовій сфері. З використанням ГІС будуються практично всі військові інформаційні системи, що дає можливість візуалізації, недоступної для паперових карт, картографічної інформації відповідно до вимог користувача.

В останній час серед публікацій щодо інформаційних технологій все більше уваги приділяється програмному забезпеченню з відкритим вихідним кодом, яке має дозвіл на модифікацію та вільно поширюється на некомерційній основі, зокрема географічній інформаційній системі QGIS (раніше відомій як "Quantum GIS").

QGIS є проектом Open Source Geospatial Foundation з 2007 року, його веде активна група добровольців-розробників, яка регулярно випускає оновлення та виправлення. Цей додаток використовується на міжнародному рівні в академічному або професійному середовищі [2].

За допомогою QGIS можна створювати, редагувати, візуалізувати, аналізувати та публікувати геопросторову інформацію в операційних системах Windows, Mac, Linux, UNIX. QGIS має гнучку систему розширень, яку можна створювати на мовах C++ і Python та велику кількість плагінів, що розширюють можливості базової версії.

У відповідних публікаціях зазначається, що QGIS, як і більшість інших вільних програмних засобів, не досягають за своїми можливостями до їх комерційних аналогів [3] [4] [5] [6].

Порівнюючи з програмними продуктами ArcGIS від компанії ESRI (США) визначаються такі основні недоліки QGIS: не локалізована документація, що потребує від користувача знання англійської мови; більш складний, недостатньо інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що заважає роботі початківцям; ArcGIS for Desktop рівня функціональності Advanced має кращі можливості для аналізу даних, тривимірного моделювання, створення готових до друку карт і атласів професійної якості;



каталог географічних даних ArcGIS Online надає тисячі наборів підготовлених базових карт, даних уряду США та міжнародних організацій щодо клімату, етнографії, океанографії тощо.

Але варто звернути увагу на те, що треба чітко розуміти, визнаючи сучасні економічні реалії, в доступній зорі перспективі широке впровадження ArcGIS в Україні проблематичне, враховуючи досить високу вартість ліцензії ArcGIS та зусилля, які спрямовуються на боротьбу з використанням піратського програмного забезпечення.

Стосовно документації, можливо зазначити те, що постійно збільшується чисельність користувачів QGIS, як в цілому у світі, так і в Україні. Відповідно, в мережі Інтернет зростає кількість статей, коментарів на тему QGIS та відповідей на питання, що виникають при роботі з цією ГІС. До того, тим фахівцям, які працюють з інформаційними технологіями, у тому числі й військовослужбовцям, англійську мову знати необхідно, хоча б на рівні читання технічної документації.

Джерел відкритих географічних даних у мережі Інтернет доволі багато, хоча деякі з них давно не оновлювались, а деякі дуже специфічні [7]. Це такі глобальні бази, як: <https://www.openstreetmap.org/>, <http://www.naturalearthdata.com/>, <http://gadm.org/home>, <http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home>, <http://geodata.grid.unep.ch> тощо, де можна взяти дані у масштабі цілого світу чи необхідної країни [7].

QGIS в даний час швидко розвивається та скорочується її відставання від ArcGIS у функціональності. У той же час, у більшості випадків не потрібні можливості ArcGIS for Desktop рівня функціональності Advanced. Так, наприклад, схему маршруту військової колони, фотоплан району розміщення військової частини чи збірну таблицю наявності топографічних карт на визначену територію не обов'язково створювати з якістю професійного атласу.

На жаль, ArcGIS та QGIS не сумісні на рівні проєктів (створених електронних карт). Проєкти QGIS формату .qgs є відкритими файлами XML, які можуть редагуватися іншими програмами, навіть текстовими редакторами. Але проєкти ArcGIS формату .mxd є двійковими (бінарними) файлами, що читаються/записуються лише бібліотеками ArcGIS. Структура файлів .mxd не розкривається у документації. На сьогодні відсутні якісні, здатні вірно передавати символи, підписи тощо, конвертори проєктів ArcGIS у відкриті формати даних. Відповідно, взаємодія між ArcGIS та QGIS обмежена можливістю обміну географічними даними.

Це є суттєвою перешкодою для застосування QGIS у ЗС України. Розвиток ЗС України планується здійснюватися на основі прийнятих в

НАТО принципів і стандартів з метою досягнення взаємосумісності частин та підрозділів ЗС України з силами Північноатлантичного Альянсу. Армії країн - членів НАТО переважно використовують лінійку програмних продуктів ArcGIS, що, відповідно, сприяє вибору її в якості базової ГІС для ЗС України.

Таким чином, поки не будуть розроблені надійні інструменти конвертації між проектами QGIS та ArcGIS, остання буде беззаперечним основним інструментом військових для роботи з географічними даними. Але, враховуючи перспективи розвитку програмного забезпечення з відкритим вихідним кодом, фахівцям ГІС все ж доцільно, де це можливо, працювати з QGIS та сприяти розширенню її використання, у тому числі й у військовій сфері.

### **Література:**

1. Державна програма розвитку Збройних Сил України до 2020 року визначає стратегічні напрямки військової реформи [Електронний ресурс] : – Режим доступу : <http://www.mil.gov.ua/news/2017/05/16/derzhavna-programa-rozvitku-zbrojnih-sil-ukraini-do-2020-roku-viznachae-strategichni-napryamki-vijskovoї-reformi>.
2. Офіційний сайт QGIS на українській мові, [Електронний ресурс] : – Режим доступу : <http://qgis.org/uk/site/>.
3. Смірнов Я., Чому я люблю QGIS тільки на словах, або відкриті ГІС в навчальному процесі [Електронний ресурс] : – Режим доступу : <http://www.50northspatial.org/ua/chomu-ya-lyublyu-qgis-tilky-na-slova-h-abo-vidkryti-gis-v-navchalnomu-protsesi>.
4. 27 Differences Between ArcGIS and QGIS – The Most Epic GIS Software Battle in GIS History [Електронний ресурс] : – Режим доступу : <http://gisgeography.com/qgis-arcgis-differences/>.
5. Nicholas Duggan, QGIS v ArcGIS [Електронний ресурс] : – Режим доступу : <http://www.xyht.com/spatial-itgis/qgis-v-arcgis/>.
6. ArcGIS vs QGIS – 10 Most Important Differences Between ArcGIS and QGIS [Електронний ресурс] : – Режим доступу : <http://monde-geospatial.com/arcgis-vs-qgis-10-most-important-differences-between-arcgis-and-qgis/>.
7. Новгородова Г., Дайте дані. Джерела відкритих геоданих [Електронний ресурс] : – Режим доступу : <http://www.50northspatial.org/ua/dajte-dani/>

## ДВОСТОРОННЄ ОЦІНЮВАННЯ КОРЕНЯ ФУНКЦІЇ НА ПРИКЛАДІ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНОГО ОБСЯГУ ВИПУСКУ ПРОДУКЦІЇ МОНОПОЛІСТОМ

Ю.В. Коляда, Т.О. Рожок

*Київський національний економічний університет  
імені Вадима Гетьмана, Україна*

Числові методи знаходження кореня функції мають широке застосування в економіко-математичному моделюванні, зокрема, у задачі поведінки монополіста на ринку [1]. Використано метод дотичних, який потребує обчислення похідної функції – моделі.

Цей недолік усунуто у методі Стеффенсена [2, с. 161]:

$$x_{k+1} = \frac{x_k \varphi(\varphi(x_k)) - \varphi^2(x_k)}{x_k - 2\varphi(x_k) + \varphi(\varphi(x_k))}, \quad (1)$$

де  $x_k$  – оцінка кореня функції  $f(x)$  на  $k$ -тій ітерації,  $\varphi(x) = x - f(x)$  – проста ітерація,  $f(x)$  – значення функції у точці  $x$ .

У модифікації [3, с 1328] методу січних представлено двосторонню процедуру оцінювання шуканого кореня:

$$x_{k+1} = \frac{z_k f(x_k) - x_k f(z_k)}{f(x_k) - f(z_k)}, \quad z_{k+1} = \frac{x_{k+1} f(x_k) - x_k f(x_{k+1})}{f(x_k) - f(x_{k+1})}, \quad (2)$$

де  $x_k, z_k$  – оцінки кореня функції  $f(x)$  на  $k$ -тій ітерації, причому  $f(x)$  набуває в цих точках протилежних за знаком значень,  $f(x)$  – значення функції у точці  $x$ . В такому разі кожен крок процедури (2) рівноцінний двом ітераціям за методом січних.

На базі зазначених алгоритмів розроблено гібридний метод двостороннього оцінювання кореня функції, що передбачає застосування в кожній ітерації одного кроку за методом (1) і одного – за методом (2):

$$z_k = \frac{x_k \varphi(\varphi(x_k)) - \varphi^2(x_k)}{x_k - 2\varphi(x_k) + \varphi(\varphi(x_k))}, \quad x_{k+1} = \frac{z_k f(x_k) - x_k f(z_k)}{f(x_k) - f(z_k)}, \quad (3)$$

де  $z_k$  – проміжна точка, що є результатом кроку за методом Стеффенсена,  $x_k$  – оцінка кореня функції  $f(x)$  на  $k$ -тій ітерації, що є результатом кроку за методом Краутстенгла,  $f(x)$  – значення функції у точці  $x$ .

Запропонований нами адаптивний числовий алгоритм (3), поєднуючи сильні сторони методів (1) і (2), характеризується так: а) на відміну від методу дотичних, не потребує обчислення похідної функції; б) по

відношенню до методу хорд і обчислювальної схеми (2), не вимагаються дві точки початкового наближення; в) надає двосторонній процес обчислень, що збігається до шуканого кореня; г) фактично демонструє більшу швидкість збіжності до шуканого кореня, ніж алгоритм (1).

Правда, адаптивний числовий алгоритм (3), як і всі відомі ітеративні методи, збігається до найближчого до початкового наближення кореня.

З метою апробації запропонованого алгоритму розглянемо його застосування для вирішення задачі монополіста, наведеної у [1]. Нехай крива граничного доходу від випуску додаткової одиниці продукції описується наступною функцією [1, с. 220]:

$$MR(x) = A - 2Bx + 3Cx^2 - 4Dx^3, \quad (4)$$

де  $MR(x)$  – граничний дохід при наявному обсягу випуску продукції  $x$ ,  $A, B, C, D > 0$  – коефіцієнти полінома.

Крива ж граничних витрат на випуск додаткової одиниці продукції описується наступним чином [1, с. 221]:

$$MC(x) = E - 2Fx + 3Gx^2, \quad (5)$$

де  $MC(x)$  – граничні витрати при наявному обсягу випуску продукції  $x$ ,  $E, F, G > 0$  – коефіцієнти полінома.

Слідуючи прикладу з [1], ми використовуємо наступні значення коефіцієнтів для поліномів (4) і (5):

$$A = 5.6, B = 2.7, C = 0.62, D = 0.05, E = 2.0, F = 0.3, G = 0.02. \quad (6)$$

Тоді функція граничного прибутку від випуску додаткової одиниці продукції монополістом набуває наступної форми:

$$П(x) = MR(x) - MC(x) = -0.2x^3 + 1.8x^2 - 4.8x + 3.6, \quad (7)$$

де  $П(x)$  – граничні прибутки (збитки) при обсягу випуску продукції  $x$ .

Задача монополіста полягає в тому, щоб знайти оптимальний обсяг випуску продукції, при якому різниця між його доходами та витратами буде максимальною. Оскільки граничний прибуток є похідною від прибутку за обсягом випуску продукції, то вирішення задачі монополіста зводиться до знаходження коренів функції  $П(x)$ .

В якості точок початкового наближення використовуємо  $x_0 = 1.9$  та  $z_0 = 1.0$ , в яких функція (7) набуває значень  $f(x_0) = -0.394$  та  $f(z_0) = 0.4$  відповідно. Циклічно застосовуючи кожен із алгоритмів (1) – (3) до ітерації, на якій нев'язка функції стає меншою за вибрану похибку  $\varepsilon = 0.000001$ , отримуємо наближені значення її кореня, представлені у таблиці 1.

Таблиця 1

Результати знаходження кореня функції (7) за методами (1) – (3)

№ ітерації	Метод Стеффенсена	Метод Краутстенгла		Гібридний метод	
	$x_0$	$x_0$	$z_0$	$z_0$	$x_0$
0	1.9	1.9	1.0	–	1.9
1	5.727302	1.453515	1.044936	5.727302	1.156461
2	5.458213	1.302673	1.261402	1.247976	1.266178
3	5.194824	1.26815	1.267943	1.267943	1.267949
4	4.964812	1.267949	1.267949	...	...
5	4.80664	...	...	...	...
6	4.741476	...	...	...	...
7	4.732217	...	...	...	...
8	4.732051	...	...	...	...

Як видно з таблиці 1, гібридний (адаптивний) метод (3) двосторонньої оцінки кореня функції забезпечує найбільшу швидкість збіжності до шуканого кореня в розглянутому прикладі. Варто підкреслити, що кожна ітерація методів (2) і (3) складається з двох кроків, що необхідно враховувати при порівнянні обчислювальної продуктивності наведених алгоритмів. Окрім того, в різних задачах пошуку кореня розглянуті алгоритми можуть демонструвати різну швидкість збіжності.

Очевидно, що функція (7) має три принаймні комплексні корені. Але отримавши достатнє наближення одного з них, можна відносно просто знайти інші два корені. Інтегруванням функції (7) за змінною  $x$  з інтервалом  $[0, a]$ , де  $a$  – кожен із дійсних коренів, можна визначити глобальний екстремум функції, і, отже, значення оптимального обсягу випуску продукції монополістом.

На підставі отриманих результатів можна зробити висновок, що запропонований алгоритм (3) представляє значний потенціал для вирішення задач оптимізації в багатовимірному просторі, цільова функція яких представлена декількома змінними із декількома аргументами. Це викликає потребу у подальших дослідженнях в області застосування та модифікації числових ітеративних методів знаходження кореня функції для вирішення різних прикладних задач.

### Література

1. Tönu Puu, “Attractors, Bifurcations, & Chaos: Nonlinear Phenomena in Economics”. – Springer Science & Business Media, 2013. – 549 p.
2. Островский, А.М. Решение уравнений и систем уравнений : пер. с англ. Л.З. Румшиского, Б.Л. Румшиского / [Текст] / А.М. Островский; Изд-во иностранной лит-ры. – М.: 1963. – 220 с.

3. Краутстенгл, Р. Об одном итерационном методе нахождения простого корня уравнения  $f(x)=0$  [Текст] / Р. Краутстенгл // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. – Изд-во Академии наук СССР, 1998. – Вып. 8. - №6. – с. 1327-1329.

УДК 372.862:614.84

## ДОСВІД РОЗРОБКИ МОДЕЛЕЙ І ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З БЕЗПЕКИ

Бегун<sup>1</sup> В.В., Волошин<sup>2</sup> О.Ф., Гречанинов<sup>1</sup> В.Ф  
1) ПММС НАН України, 2) КНУ імені Тараса Шевченка

**Вступ.** Швидкий розвиток інформаційних технологій (ІТ) призвів до суттєвих змін у підготовці фахівців. Доступність інформації у мережі інтернет, вікіпедії та ін. змінює психологію навчання, змушує викладачів шукати шляхи перетворення доступної інформації у знання за спеціальністю студента. Сучасний відомий та вже проторений шлях – це створення так званих «стартапів» або інкубаторів бізнесу [1]. Безумовно, це добре, але потреба фінансової підтримки стартапа робить не зовсім зручним цей метод в Україні. Як правило, такий підхід розповсюджено (використовується) іноземними компаніями, особливо ІТ напрямку. В Україні найчастіше, фірми відбирають студентів для майбутньої роботи ще з перших курсів, тобто, фактично, отримуємо, що наші ВНЗ навчають фахівців для іншої країни, більш багатой, за кошти державного бюджету.

**Постановка задачі.** Розробка моделей та програмного забезпечення (ПЗ) з безпеки має важливі особливості, деякі з них описані нижче. Ситуація (обставини) щодо їх розробки також неоднозначна, вона складніша навіть за самі процеси. Впровадження нової концепції [2,3] управління безпекою поки що не затребуване, попри рішення Уряду, з боку держзамовників, ДСНС тощо. Але, розуміючи, що на шляху до ЄС країні потрібні будуть ці роботи, у нашому інституті вже зараз виконується низка наукових робіт цього напрямку: методи моделювання небезпечних об'єктів та процесів різної природи, створення ситуаційних центрів з повною інформаційною підтримкою осіб, що приймають рішення (ОПР), моделювання розповсюдження у повітрі та воді хімічно та радіаційно небезпечних речовин, створення гарантоздатних систем управління, оцінки ризиків небезпечних об'єктів та критичної інфраструктури, автоматизація навчання персоналу та інше. Згадані Постанови Кабміну з впровадження нової концепції управління безпекою на основі РОП також розроблялися за безпосередньої участі ПММС.

Стосовно розробки ПЗ в цих умовах, було прийнято рішення апробації роботи можливих моделей на різних мовах програмування на волонтерських засадах. До робіт залучалися студенти кваліфікаційного рівня магістр кафедри моделювання складних систем факультету кібернетики КНУ імені Тараса Шевченка (МСС) та студенти ФІОТ НТУУ КПІ ім. Сікорського. Цей досвід, ми вважаємо позитивним, як для моделювання процесів безпеки, так й для сучасного навчання. Шлях випробуваний на кафедрі МСС протягом 3 років, надає студентам, крім знань та вмінь, ще й можливість робити більш свідомий вибір та розширення можливості вибору майбутньої діяльності.

**Короткий опис особливостей моделей з безпеки.** Встановлення припустимого ризику, розрахунок ризику, що загрожує людині від діяльності небезпечних об'єктів з урахуванням всіх ймовірних сценаріїв аварій, стану захисного обладнання та навченості персоналу, відкритість та прозорість питань безпеки, відповідне страхування становлять суть ринкового механізму регулювання безпеки [4-6]. На цей час розроблено багато алгоритмів не тільки розрахунків ризику, а й управління ним. Звичайно у світовій практиці, до вирішення питань безпеки допускаються фахівці, що мають достатній рівень знань, умінь та навичок управління ризиком. В сучасних умовах складних і небезпечних технологій, навчання фахівців стає частиною загального процесу підвищення безпеки, важливою складовою управління безпекою. Тому в Україні виникла потреба вивчення принципів і алгоритмів регулювання безпеки. Для порівняння, у розвинених країнах були розроблені навчальні посібники ще наприкінці минулого століття [7], які, нажаль, в Україні відомі тільки фахівцям ядерної галузі. У нашому суспільстві ці принципи, тобто РОП, ще не отримали достатнього розвитку. Це сталося з причин недостатньої підтримки питань безпеки сферою освіти й науки та незацікавленістю суб'єктів безпеки і високим рівнем корупції [8]. Оскільки Україна орієнтується на шлях європейської і євроатлантичної інтеграції, зрозуміло, що крім загально науково обґрунтованих принципів сучасних методів управління безпекою, слід враховувати особливі принципи запобігання ризиків, з урахуванням чинних стандартів, тобто методів ідентифікації та аналізу ризиків, як це робиться в більшості країн Європи.

Основою будь-якого наукового методу управління безпекою є моделювання відповідних систем і процесів. Моделювання процесів і систем безпеки можна робити за якісними і кількісними методиками. Якісний аналіз передбачає виявлення джерел та причин ризику процесів, проєктів і робіт, ідентифікації зон та видів ризику, визначення практичної ко-

ристі та можливих негативних наслідків, добре описаній у міждержавному стандарті ГОСТ 27.310-95 [9]. Кількісний аналіз, це процес отримання числових значень окремих ризиків із визначенням ймовірних (можливих) втрат. Основні методи кількісних розрахунків також стандартизовані ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 [10], де наведені практичні рекомендації з вибору моделі. Міждержавний стандарт ГОСТ 12. 3.047.98 наводить велику кількість детерміністичних моделей аварійних процесів. На побудову імовірнісних моделей складних систем існує методика [11], але, на жаль, нічого з перерахованого не застосовується у практичній діяльності та не вивчається. Звісно, програмного забезпечення будь яких методів оцінок ризиків теж не існує. Усяка модель має бути реалізована у комп'ютерному виді, мати відносно простий інтерфейс вводу параметрів, використовувати ГІС та інтернет технології.

**Можливі шляхи швидкого навчання та переходу на новітні принципи управління безпекою.** Питання змісту навчання з безпеки в нашій країні до цього часу ґрунтовно не вирішено, що зумовлено рядом причин. Одна з них в тому, що наука освіти з безпеки не в повній мірі відслідковує нагальні потреби з безпеки сучасного суспільства. Для вірного розвитку цього процесу та вмілого запобігання небезпекам потрібне упередження в освіті! Маємо нову виробничу функцію – оцінка безпеки та запобігання ризику, яка властива усім видам економічної діяльності [6]. Але, як вже відмічалось, жоден ВНЗ України, крім атомної галузі, не готує фахівців що мають компетенції виконання цієї виробничої функції.

Шлях №1. В університетах країн Європи створюють студентські колективи для вирішення виробничих проблемних завдань у різних галузях, так звані «інкубатори бізнесу» (ІБ) або інноваційні парки. Ці «бізнес – інкубатори» працюють над створенням комерційних компаній (стартапів). Стартап - це компанія, яка створена для комерціалізації, в даному випадку, результатів наукових досліджень університетів, Сам університет, з різних причин, цього зробити не може. Тому, університет, у якого є розробки, інтелектуальна власність, може просто увійти в стартап, або підписати з ним договір щодо комерціалізації результатів досліджень. Далі має бути розвиток, підтримка, зокрема, залежно від теми, від уряду, спрямовані на те, щоб продати результати проекту. Замість стартапу можна спробувати знайти велику компанію, яка візьме ці результати і буде працювати над їх втіленням у життя. Багато вже відомих компаній вийшли з університетів. Наприклад, «Google», який свого часу був стартапом, а зараз одна з найбільших ІТ-компаній світу. Потрібні бажуючі це робити, вмілі організатори, здатні управляти цим процесом, і результат прийде.



Шлях № 2. Це фінансування наукових досліджень в університетах урядом, підприємцями і регіональною владою. Можна розглядати не тільки прямі замовлення на наукові розробки. Можливо, внести деякі уточнення до оподаткування, іншими способами зменшити витрати робіт над науковими проектами. Це дозволить значно покращити співпрацю між бізнесом та університетами. Компаніям така співпраця дасть наукові проекти, які не впроваджувалися. Вони будуть розроблені за допомогою випускників, аспірантів, докторантів, професорів. Компанії можуть проводити конкурси з оплатою у вигляді грошей або престижних стажувань. Студенти ж, працюючи з компаніями, можуть реально визначити свої можливості, зрозуміти, на чому необхідно зосередити зусилля, а, можливо, переорієнтуватися на інші, споріднені, напрямки роботи.

Шлях № 3. На хвилі останніх подій можна спробувати робити досить багато програм разом із різними країнами. Поки Україна на слуху, з нами готові говорити. Необхідно швидко зробити великий крок до співпраці із зарубіжними компаніями, університетами і т. ін. Отже, на думку авторів, кращим принципом організації такого навчання є створення робочих студентських колективів для вирішення завдань галузі, або прийом студентів в робочі колективи виробництв для вирішення завдань управління безпекою з одночасним навчанням у ВНЗ. Досвід діяльності ІБ в університетах Європи підтверджує сказане вище і, на наш погляд, саме такий напрямок вищої освіти має бути в нашій державі, котра обрала європейський шлях розвитку. «ІБ» повинні отримувати державну та галузеву підтримку, підтримку бізнесу, що в підсумку принесе користь як майбутнім фахівцям, так і бізнесу, і державі в цілому.

Шлях по якому пройшли ми з кафедрою МСС можна розглядати як апробацію можливостей та виявлення проблем як процесів моделювання та розробки ПЗ, так й навчання. Студентам, що вже мають достатню підготовку в якості учбових завдань давалося завдання розробки ПЗ оцінки одного типу ризику якоїсь небезпеки. Тип небезпеки, метод розрахунків та мову програмування обиралися студентами самостійно за спеціалізацією та власним інтересом. Для обмеження (зменшення) об'єму робіт дозволялося робити демо-версію ПЗ. Виконано достатня кількість лабораторних, курсових та навіть дипломних магістерських робіт. Як показав досвід, усі детерміністичні моделі згаданого стандарту легко перетворюються у відповідне ПЗ (студенти роблять програми у якості лабораторних робіт). До речі, для більшості моделей цього стандарту ПЗ розроблено як для систем Windows, Linux, так й для Android. Тобто, скажімо, наслідки розливу цистерни небезпечної речовини є мо-

жливість порохувати як на стаціонарних комп'ютерах, так й на смартфонах. Порівняльно легко застосовуються ГІС програмування. Спроба розробки ПЗ для імовірнісного моделювання поки не дістали успіху, хоча окремі процедури, такі, як розробка дерева відмов, визначення мінімальних перерізів, представлення інформації користувача були виконані. Поки що не розроблено ПЗ й для якісного моделювання на основі міждержавного стандарту [9], на наш погляд, з причин великих невизначеностей методик.

Таким чином, доведено, що при належній організації співпраці ВНЗ з провідними підприємствами є завжди велика кількість реальних завдань. Приєднання студентських ресурсів для їх вирішення під наглядом викладачів вирішує цілий ряд питань: ознайомлення студентів з проблемами виробництва, професійне самовизначення майбутніх фахівців при детальному ознайомленні з передбачуваною роботою, рішення задач у багатьох варіантах, зацікавленість студентів у навчанні за професією і, що ще дуже важливо, - зменшення витрат виробника з одночасним підвищенням якості роботи, а також матеріальна підтримка студентів. Насамперед необхідна співпраця у сфері наукових досліджень. Університетам має бути вигідно комерціалізувати результати своїх наукових досліджень, робити таким їх здобуток, щоб можна було продавати і заробляти на цьому гроші.

Закон України «Про освіту» відкриває для цього необхідні умови. Так, відповідно до Закону України «Про освіту» одним з основних принципів освіти є інтеграція з наукою і виробництвом. У ст. 42 написано, що вища освіта забезпечує фундаментальну, професійну та практичну підготовку. А в ст. 45 говориться, що науково-дослідна робота є складовою частиною підготовки фахівців, і здійснюється за договорами, контрактами, замовленнями і ін. Для цього створюються наукові, науково-виробничі підрозділи, об'єднання, асоціації, різні центри, парки та інші формування. У ст. 64 записано, що заклади освіти мають право укладати договори про співробітництво, встановлювати прямі зв'язки з установами системи освіти зарубіжних країн, міжнародними організаціями, фондами тощо.

**Висновки.** Необхідно творчо підходити до удосконалення підготовки випускників ВНЗ, в тому числі використовуючи сучасні європейські форми. Щодо навчання з безпеки, воно повинно мати найвищий пріоритет, бо безпека – важлива складова життя людини. Втрата освіти з безпеки може призвести до притуплення важливого інстинкту – інстинкту самозбереження, а в масштабах країни до втрати державності. Навчання з безпеки потребує оновлення відповідно до вимог сучасного суспільства. Науковцям потрібно орієнтувати у цьому напрямку органи

влади і суспільство, освіту тощо. Україні давно варто приєднатися до сучасних світових систем управління безпекою на основі новітньої методології та інформаційних технологій.

### **Література**

1. В.В. Литвинов, М.В. Савельєв «The simulation model of IT-product (service) development by a "start-up" company growing inside an academic institution». // Математичні машини та системи – К.: ІПММС НАН України, 2015. – №4. С 92-100.
2. Розпорядження КМУ «Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» від 23.01.2014 № 37 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua>
3. Розпорядження КМУ «Про затвердження плану заходів щодо реалізації концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру». від 25.05.2015 № 419 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua>
4. Волошин О.Ф., Мащенко С.О. Моделі і методи прийняття рішень: Навчальний посібник з грифом МОН.-Київ: ВПЦ «Київський університет», 2010;
5. Основи комплексної автоматизованої системи управління техногенною безпекою. Гречанінов В.Ф. Коробко А.Д. Сучасний стан цивільного захисту України: перспективи та шляхи до Європейського простору: матеріали 18 Всеукраїнської науково-практичної конференції рятувальників. – Київ: ІДУЦЗ, 2016. – с.-105-109.
6. Морозов А.О., Гречанінов В.Ф., Бегун В.В. Управління безпекою в епоху інформаційного суспільства. Вісник НАН України, №10, 2015 р. С. 34-41.
7. Хенли Э. Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска / Пер. с англ. Сыромятникова В.С., - М., 1984.
8. В. Бегун. Основне призначення РОП - підтримувати ризики небезпечного об'єкту на прийнятному рівні. // Пожежна і техногенна безпека – К.: ДСНС України, 2017. - № 3. – С. 19-21.
9. ГОСТ 27.310-95. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения.
10. ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 «Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику».
11. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування об'єктів підвищеної небезпеки. Нормативне виробничо–практичне видання. Держнаглядохоронпраці. К.: Основа. 2003 р. 191 с

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИЗНЕС-ЛОКАЦИИ ПРИ ПОМОЩИ АНАЛИЗА ДАННЫХ ИЗ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

Овчинников К.Д.

*НТУУ “КПИ им. Игоря Сикорского” Факультет Информатики и Вычислительной Техники. Кафедра АСОИУ, Киев*

Создание или расширение бизнеса предполагает предварительное определение лучших условий для его ведения. Благодаря социальным сетям, мы имеем достаточный объем данных, охватывающих все аспекты деятельности различных видов. Анализ этих данных позволяет извлекать полезную информацию и на ее основе принимать эффективные решения, в частности касающиеся определения стратегий развития бизнеса.

Для бизнесменов, имеющих собственный бизнес, актуальной есть задача его расширения. В данной работе рассматривается расширение в смысле определения нового ареала для размещения в нем своего бизнеса. То есть, бизнесмен имеющий свое дело (например, отель, ресторан и т.п.) в определенной локации (района, города, страны, планеты) хочет открыть такое же в другом регионе. Для того, чтобы сделать это эффективно (подобрать конкретную локацию) ему нужен выполнить анализ рынка. Как бы хорошо ни работали интуиция и опросы, они могут не дать желаемого результата в прогнозировании популярности будущего заведения (как частный случай бизнеса).

В наше время люди очень активно пользуются социальными сетями, и гуляя по улицам, проходя определенные места, делают фотографии, оставляют отзывы, или просто пишут что-либо (далее мы будем называть это “следами”). Зачастую, эти данные хранятся в открытом доступе, и мы можем их использовать для анализа. В работе предложен подход к сбору и обработке такого рода информации для выбора перспективного ареала и дальнейшего поиска конкретной локации в нем.

Для того чтобы решить данную задачу нам нужен набор определенных действий (алгоритм) по которому будут подбираться места. Входными данными в системе являются регион, на которой человек хочет вести свой бизнес и вид его бизнеса (отельный/ресторанный/..). После того как система принимает локацию на вход она ищет все социальное медиа за определенный период (например последние несколько месяцев) в социальных сетях (в нашем случае Twitter).

Каждый твит имеет текст, дату публикации, координаты (локацию), количество репостов и количество людей которые поддержали это сообщение (рисунок 1).



Рисунок 1

Для того, чтобы понять, в каком месте региона нам лучше вести свой бизнес, нам нужно разделить его на части (будем называть их ареалы). Конечный результат - предпочтительный ареал для ведения бизнеса.

Здесь мы сталкиваемся с задачей кластеризации. Кластерный анализ - задача разбиения выборки объектов на подмножества, называемые кластерами, так, чтобы каждый кластер состоял из схожих объектов, а объекты разных кластеров существенно отличались. В нашем случае мы рассматриваем твиты, как точки на карте, и группируем их в кластеры. После окончания работы алгоритма кластеризации имеем на выходе некоторое количество кластеров твитов.

Далее нам необходимо понять, какой именно из кластеров наиболее предпочтителен для ведения бизнеса. Для того, чтобы оценить перспективность каждого кластера будем использовать так называемую *оценку твита* - величину, которая может быть вычислена при помощи семантического анализа и показывает характер высказывания пользователей по данной теме. Эта оценка показывает насколько хорошо (или плохо) отзывались по данной теме пользователи в данном твите.

Далее для каждого кластера для нескольких последних периодов определяется суммарная оценка. Анализ этой последовательности оценок позволяет определить динамику (тренд) изменения популярности темы, относящейся к бизнесу, который ведет пользователь. Для этого используется регрессионный анализ - статистический метод исследова-

ния влияния одной или нескольких независимых переменных на зависимую переменную. В нашем случае независимой переменной являются периоды (например, месяцы), а зависимой - суммарные семантические оценки кластера по этим периодам.

Тот кластер, у которого эта динамика роста будет самой большой, будет взят как область, наиболее предпочтительная для ведения бизнеса.

Итак, обобщенная схема алгоритма выглядит так: разбиение региона на кластеры (участки); определение по каждому кластеру для каждого из заданного числа периодов суммарной семантической оценки популярности; построение линейной регрессии по анализируемым периодам по каждому из участков ( для того чтобы узнать коэффициент роста/падения заинтересованности в услугах, соответствующих теме бизнеса.

### **Литература**

1. J.A. Hartigan (1975). Clustering algorithms.
2. Jan A. Snyman (2005). Practical Mathematical Optimization: An Introduction to Basic Optimization Theory and Classical and New Gradient-Based Algorithms .
3. Bouma, Gerlof (2009). Normalized (Pointwise) Mutual Information in Collocation Extraction.

УДК 615.071

## **ОБОБЩЕННАЯ МЕТОДИКА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

В.Н.Томашевский, В.П.Пасько, М.А.Солдатова

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»*

Большой интерес к теории оценивания возник в результате необходимости повышения качества функционирования технических систем и технологических процессов (ТСП), а также вследствие существенного изменения возможностей применения теории оценивания, связанного с огромными возможностями современных вычислительных машин [1,2]. С учетом последнего замечания несомненный интерес для идентификации представляет использование аппарата ортогональных базисных функций Уолша [1,3]. Во-первых, это обусловлено тем, что функции Уолша принимают значения только  $\pm 1$  и представляют собой инструмент, тесно связанный с двоичным разложением. В связи с этим применение систем функций Уолша позволяет широко и просто использовать

цифровую технику при их формировании. Во-вторых, методы решения уравнений с переменными коэффициентами при помощи традиционных синусоидальных функций оказываются чрезвычайно сложными, а применение функций Уолша существенно упрощает процедуры анализа и синтеза систем с переменными параметрами, в том числе и процедуру идентификации. Поскольку для разложения переменных по системе функций Уолша необходимо их аналитическое представление, в работе используется математический аппарат полиномиального приближения в виде сплайн-функций, в частности, кубических сплайнов.

Задача оценивания в данном случае заключается в следующем. Для линейной динамической модели ТСТП, описываемой системой дифференциальных уравнений вида

$$\dot{\bar{x}}(t) = A(t)\bar{x}(t) + B(t)\bar{u}(t), t \in [t_0, T_j] \quad (1)$$

где  $\bar{x}(t)$  –  $n$ -мерный измеряемый вектор состояния,  $\bar{u}(t)$  –  $m$ -мерный измеряемый вектор управления,  $A(t)$  и  $B(t)$  – соответственно  $(n \times n)$  и  $(n \times m)$  матрицы неизвестных параметров модели, необходимо, зная входную и выходную информацию о состоянии ТСТП построить обобщенную методику идентификации неизвестных параметров широкого класса линейных динамических моделей – стационарных, нестационарных, с распределенными параметрами.

Для всех моделей оценку параметров будем производить, исходя из минимума квадрата невязки

$$I = \min \left\{ \int_{t_0}^{t_0+T_j} \left[ \dot{\bar{x}}(t) - A(t)\bar{x}(t) - B(t)\bar{u}(t) \right]^2 dt \right\} \quad (2)$$

Заметим, что функционал (2) имеет простую структуру: это квадратичная форма относительно идентифицируемых параметров. В результате минимизация сводится к решению системы алгебраических уравнений, которая образуется в результате приравнивания нулю частных производных. Очевидно, что использование функционала (2) в зачах идентификации предполагает наличие известного аналитического выражения как для вектора переменных состояния  $\bar{x}(t)$ , так и для его про-

изводной  $\dot{\bar{x}}(t)$ .

Учитывая вышеизложенное, разработана обобщенная методика идентификации параметров линейных динамических моделей ТСТП на

базе сплайн-функций и функций Уолша, которую в виде обобщенного алгоритма можно представить следующим образом.

*Шаг 0.* Вводим безразмерное время  $\tau$  равное  $\tau = \frac{t - t_0}{T_f - t_0}$  и приводим интервал управления  $[t_0, T_f]$  к нормированному интервалу  $[0, 1]$ .

*Шаг 1.* На нормированном интервале  $[0, 1]$  задаем сетку  $\langle \tau_i \rangle (i = \overline{0, N}; t_N = 1)$  с шагом  $\Delta_N$ . Определяем значения вектора состояния  $\bar{x}(\tau_i)$  и управления  $\bar{u}(\tau_i)$ .

*Шаг 2.* На выбранной сетке производим интерполяцию, получая аналитическое выражение для оценки вектор-функций состояния и управления соответственно в виде кубических сплайнов  $\bar{S}_x(\tau)$  и  $\bar{S}_u(\tau)$ .

*Шаг 3.* Для найденных функций  $\bar{S}_x(\tau)$  и  $\bar{S}_u(\tau)$  и неизвестных (в случае 2 и 3 нормированных по времени) параметров системы применяем ортогональное разложение в ряд Уолша.

*Шаг 4.* Нормируем по времени исходную систему (1) и приводим ее к интегральному виду.

*Шаг 5.* Используя свойства функций Уолша, заменяем в преобразованной форме функции Уолша на квадратную операционную матрицу интегрирования вида  $P_{(NXN)}$  размерностью  $N = 2^n$  [1].

Суть данного свойства в том, что интеграл функции Уолша остается в классе системы функций Уолша, т.е.

$$\int_0^x \bar{\varphi}_N(x) dx \approx P_{(NXN)} \bar{\varphi}_N(x) \quad (3)$$

где  $\bar{\varphi}_N(x) = \{\varphi_0(x) \dots \varphi_N(x)\}$  – вектор, компонентами которого являются функции Уолша.

Сокращая левую и правую часть полученного уравнения на вектор выбранной системы функций Уолша, получаем систему алгебраических уравнений.

*Шаг 6.* Полученную алгебраическую систему уравнений решаем относительно неизвестных параметров, представленных совокупностью коэффициентов разложения интервала  $[t_0, T_f]$ , пересчитывая соответствующим образом найденные параметры модели.



*Примечание 1.* Количество узлов интерполяции и членов разложения в ряд Уолша выбираются исходя из сравнения выхода полученной математической модели с выходом реальной системы.

*Примечание 2.* Для систем с распределенными параметрами сплайн-интерполирование осуществляется двумерным сплайном и соответственно для ортогонального разложения известных и неизвестных функций используется двойной ряд Уолша [4].

Для всех указанных выше моделей, алгоритмы идентификации сводятся к решению системы линейных алгебраических уравнений  $C\bar{g} = \bar{d}$ , представляющей собой систему с приближенно заданными исходными данными (коэффициенты матрицы  $C$  и вектора  $\bar{d}$ ). Погрешность их задания зависит от погрешности приближения вектора состояния системы (1) сплайнами, выбранного количества ортонормированных функций Уолша и вычислительных погрешностей. Как известно, решение подобных систем традиционными способами часто приводит к неустойчивым решениям даже при малых изменениях входных данных. Устойчивое решение систем с приближенно заданными входными данными можно получить, используя известный регуляризирующий алгоритм А.Н.Тихонова [5].

Следует отметить, что предложенная обобщенная методика идентификации параметров линейных динамических систем достаточно легко реализуется на практике в условиях реальной эксплуатации ТСТП.

### **Литература**

1. Chen C. F., Hsiao C. H. Walsh series analysis in optimal control // International Journal of Control. – 1975. – v.21.-p.p.881-897с.
  2. Новоселов О. Н. Идентификация и анализ динамических систем. 2-е изд. — М.: Изд. Моск. гос. ун-та леса, 2007. — 316 с.
  3. Prasada Rao G., Palanisamy K.R. Improved algorithms for parameter identification in continuous systems via Walsh functions // IEE Proceedings D - Control Theory and Applications. – 1983. v30. – № 1.-P.9-16.
  4. Chang Y.F. Analysis and identification distributed systems via double general polynomials // International Journal of Control.. – 1986. – P. 395-405.
- Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука. - 1986. – 288с.

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗАКОНА КОЛЕБАНИЙ КОРОБА ГРОХОТА, ВОЗБУЖДЕННЫХ ПАССИВНЫМ АВТОБАЛАНСИРОМ

Г.Б. Филимонихин, В.В. Яцун

*Центральноукраинский национальный технический университет*

Целью работы является идентификация закона колебательного движения короба грохота методами статистического анализа.

Предлагаемая методика применима для 3D моделирования и натурального эксперимента.

Методика включает такие этапы: получение закона движения (закона изменения скорости или ускорения) короба грохота 3D моделированием либо натурным экспериментом и интерпретацию полученных данных как сигнала; определение методом статистического анализа параметров в законе колебаний короба грохота в предположении, что колебания двухчастотные; сравнение законов колебаний полученных экспериментально и методами статистического анализа.

Для получения колебательного закона движения короба грохота были проведены исследования 3D моделированием в САПР Solidworks и натурными экспериментами. Для этого была создана 3D модель грохота [1] и натуральный стенд. 3D модель полностью идентична натурному стенду. Они состоят из таких основных частей (рис. 1): станины 1, короба 2, податливых опор короба 3, жестких опор 4, вала 5, корпуса автобалансира 6, шаров 7 и дебаланса 8 на корпусе автобалансира. В 3D модели на короб размерами 200 x 300 мм наложены связи, в результате чего он получил возможность совершать плоское поступательное движение (рис. 1, а).

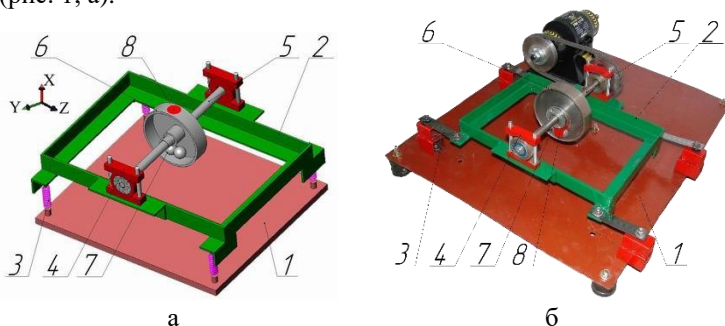


Рис. 1. Грохот:  
а – 3D модель; б – натуральный стенд

В натурном стенде платформа совершает прямолинейное поступательное движение в вертикальном направлении (рис.1, б).

Результаты виртуального эксперимента.

Движение 3D модели грохота описывается относительно трех взаимно-перпендикулярных осей X, Y, Z, образующих правую прямоугольную декартову систему координат.

При проведении экспериментов учитываются силы тяжести. Короб совершает плоское поступательное движение. Поэтому изучать закон движения короба можно по движению одной его точки – центра масс короба в вертикальной плоскости.

3D моделированием была получена таблица зависимости координат X, Y центра масс короба от времени в установившемся режиме (в работе из-за больших размеров эта таблица не приводится). По данным моделирования построен график траектории движения центра масс короба в вертикальной плоскости – эпитрохоида (рис.2).

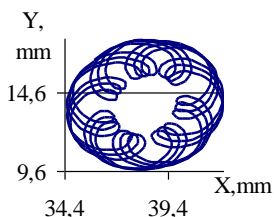


Рис. 2. Траектория движения центра масс короба в вертикальной плоскости

Установлено, что короб совершает сложное плоское поступательное движение, являющееся суммой двух круговых движений с частотой вращения ротора и с частотой вращения шаров (с наименьшей собственной частотой колебаний платформы).

Сделано предположение, что декартовы координаты

X, Y центра масс короба меняются по закону двухчастотных колебаний:

$$\begin{aligned} X &= A \cdot \cos(\omega_r t + \delta) + B \cdot \cos(\omega_{res} t + \gamma) + H, \\ Y &= A \cdot \sin(\omega_r t + \delta) + B \cdot \sin(\omega_{res} t + \gamma) \end{aligned} \quad (1)$$

где A – амплитуда колебаний с частотой вращения ротора;  $\omega_r$  – частота вращения ротора; t – время;  $\delta$  – фаза; B – амплитуда колебаний с частотой вращения шаров;  $\omega_{res}$  – частота вращения шаров;  $\gamma$  – фаза; H – сдвиг по координате X вызванный силами тяжести.

С использованием программного пакета для статистического анализа Statistica и таблицы координат X, Y центра масс короба были опре-

делены коэффициенты  $A$ ,  $\omega_r$ ,  $\delta$ ,  $B$ ,  $\omega_{res}$ ,  $\gamma$ ,  $H$ , входящие в закон двухчастотных колебаний короба (1). Данный программный пакет использовал метод наименьших квадратов.

По данным полученным в Statistica были построены диаграммы изменения координаты  $X$  центра масс короба на разных интервалах времени (рис.3). Построенные диаграммы практически совпали с диаграммами, построенными компьютерной САПР Solidworks. Расхождение не зависит от величины интервала и не превышает 1 %. Из диаграмм (рис. 3) видно, что:

- процесс вычисления величин коэффициентов в законе двухчастотных вибраций (1) устойчивый (робастный), так как величины коэффициентов практически не зависят от интервала времени, на котором вычисляются;

- как на небольших, так и на больших интервалах времени (за время нескольких медленных колебаний короба), расхождение между «действительным» законом колебаний короба и двухчастотным не превышает 1 %.

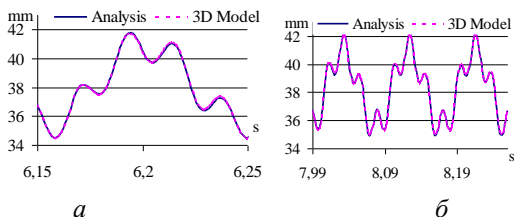


Рис. 3. Диаграммы виброперемещений короба за время:  
*а* – 1-го; *б* – 3-х медленных колебаний короба

Результаты натурального эксперимента.

С использованием датчиков акселерометров MMA6231Q 2AX 1,5, которые соединены с персональным компьютером через аналогово-цифровую плату осциллографа ADXL202EB-232A з USB интерфейсом [2], получены виброускорения поступательного движения короба. Датчики меряют виброускорение в напряжениях (вольтах). Предполагалось, что напряжение  $U$  меняется по закону двухчастотных колебаний:

$$U = U_A \cdot \cos(\omega_r t + \delta) + U_B \cdot \cos(\omega_{res} t + \gamma) + U_H \quad (2)$$

где  $U_A$  – напряжение вызванное колебаниями с частотой вращения ротора;  $\omega_r$  – частота вращения ротора;  $t$  – время;  $\delta$  – фаза;  $U_B$  – напряжение вызванное колебаниями с частотой вращения шаров;  $\omega_{res}$  – частота вращения шаров;  $\gamma$  – фаза;  $U_H$  – сдвиг по координате  $X$  вызванный силами тяжести.

По ним построены диаграммы которые практически совпали с диаграммами, построенными по результатам статистического анализа программного пакета Statistica (рис.5).

Выводы: проведенные 3D и натурные эксперименты подтвердили эффективность предлагаемой методики идентификации закона колебательного движения короба грохота. Ее применением



Рис. 5. Диаграммы виброускорений короба

установлено, что в широкой области изменения параметров шаровой автобалансира работает как два отдельных независимых вибровозбудителя. В первом вибровозбудителе шары практически равномерно вращаются с резонансной частотой колебаний короба, причем независимо от его загрузки шары автоматически

подстраиваются под эту частоту, чем возбуждают медленные резонансные колебания короба с большой амплитудой. Во втором вибровозбудителе масса на корпусе автобалансира возбуждает быстрые колебания короба с (любой) текущей зарезонансной частотой вращения ротора.

При этом амплитуда медленных колебаний короба прямопропорциональна суммарной массе шаров, а амплитуда быстрых колебаний прямопропорциональна дебалансу на корпусе автобалансира.

## Литература

1. Филимонихин, Г. Б. Исследование 3D моделированием плоских поступательных вибраций короба грохота, возбуждаемых шаровым автобалансиром [Текст] / Г. Б. Филимонихин, В. В. Яцун, М. В. Личук, И. И. Филимонихина // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2016. – № 6/7 (84). – С. 16–22. doi: 10.15587/1729-4061.2016.85460
2. Филимонихин, Г.Б. Экспериментальное исследование двухчастотных вертикальных вибраций платформы, возбужденных шаровыми автобалансирами [Текст] / Г.Б. Филимонихин, В.В. Яцун // Вібрації в техніці і технологіях. – 2015. – № 4 (80). – С. 90–95.

УДК 621.396.2.019.4 : 621.391.254

**ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ РУХОМИХ КЛІТИННИХ  
АВТОМАТІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СЦЕНАРІЮ ФОРМУВАННЯ  
МАКРОСТРУКТУРИ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ ПІД ВПЛИВОМ  
ГАЗОДИНАМІЧНОГО ТИСКУ**

Селівьорстова Т.В., Ситник В.І.

*Національна металургійна академія України*

Відомо, що однією зі складових успішного просування на ринку та впровадження нових наукомістких технологій є максимальне усунення складності сприйняття сутності нового технологічного процесу. Науковцями Національної металургійної академії України була розроблена та успішно впроваджена технологія газодинамічного впливу на метал у ливарній формі [1, 2]. Крім того, для даної технології було розроблено декілька простих розрахункових схем, що дозволяють технологам якісно передбачити певні нюанси перебігу даного технологічного процесу [3, 4]. Складнощі при розробці технології для конкретного виробу виникають, в тому числі, з причини відсутності математичних моделей, які дозволяють оцінити дискретно-безперервну структуру об'єму литого металу. Розроблена комплексна математична модель враховує специфіку утворення структурних особливостей у металі під час дії газодинамічного тиску, вона реалізована на базисі рухливих клітинних автоматів [5, 6] і потребує адекватного представлення, тому розробка її анімованого сценарію є актуальною задачею.

Питання розробки анімованих сценаріїв технологічних процесів набувають особливу значущість в умовах конкуренції сучасних українських технологій на світовому ринку. Сценарії, що адекватно та інформативно відображають не тільки технологічний процес, а й фізику його перебігу створюють конкурентні переваги для нових технологій. Для реалізації сценарію структуроутворення металів і сплавів під впливом газодинамічного тиску, який генерується методом рухомих клітинних автоматів, було обрано середовище тривимірного моделювання Blender [7 – 9]. Такий вибір обумовлений відкритістю її поширення, наявністю засобів моделювання, анімації, рендерингу, постобробки, монтажу, можливістю використання звуку. На даний момент Blender є своєрідним стандартом розробки тривимірної анімації та моделювання на рівні з 3DS Max і Maya, які відрізняються значною вартістю.

З використанням Blender розроблений анімований сценарій, що візуалізує результат обчислень процесу твердіння та формоутворення згі-

дно комплексної математичної моделі, яка враховує специфіку утворення структурних особливостей у метали під час дії газодинамічного тиску.

### Література

1. Селиверстов В.Ю. Технология газодинамического воздействия на расплав в литейной форме – один из перспективных способов повышения качества металла отливок // Сучасні проблеми металургії. Наукові праці. 2007. – Том 10. – С. 25 – 35.
2. Селівьорстов В.Ю. Дослідження газодинамічного впливу на властивості литої вуглецевої сталі // Теорія і практика металургії. – 2007. - № 4-5. – С. 22 - 25.
3. Селиверстов В.Ю., Михайловская Т.В. Методика расчета параметров газодинамического воздействия на затвердевающий металл в литейной форме // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 3 (68). – Дніпропетровськ, 2010. – с. 186–192.
4. Селівьорстов В.Ю., Селівьорстова Т.В. Розрахункові схеми та інформаційні технології для визначення технологічних параметрів газодинамічного впливу на розплав в ливарній формі / В.Ю. Селівьорстов, Т.В. Селівьорстова // Сучасні проблеми металургії. Наукові вісті. №18 (2015). – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – с. 55 – 64.
5. Псахье С.Г., Остермайер Г.П., Дмитриев А.И., Шилько Е.В., Смолин А.Ю., Коростелев С.Ю. Метод подвижных клеточных автоматов как новое направление дискретной вычислительной механики. I. теоретическое описание // Физ. мезомех.. 2000. №2 С.5-13.
6. Псахье С.Г., Смолин А.Ю., Стефанов Ю.П., Макаров П.В., Шилько Е.В., Чертов М.А., Евтушенко Е.П. Моделирование поведения сложных сред на основе комбинированного дискретно-континуального подхода // Физ. мезомех.. 2003. №6 С.11-21.
7. Уроки по Blender / Видеоуроки по Blender / Blender 3D [Електронний ресурс] // Blender3D. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://blender3d.com.ua/>.
8. Макаренко А. Обзор редактора объёмных моделей Blender 2.36 [Електронний ресурс] / Алексей Макаренко // iXBT.com. – 2005. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ixbt.com/soft/blender-236.shtml>.
9. PatientZero. Создание изометрических объектов для игр в Blender [Електронний ресурс] / PatientZero // TechMedia. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://habrahabr.ru/post/272281/>.

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В РАМКАХ ОЦІНКИ СКЛАДНОСТІ ВИКОНУВАНИХ РОБІТ**

О.В. Заріцький, П.М. Павленко, В.В. Судік  
*Національний авіаційний університет, Україна*

Сьогодні суспільство знаходиться на порозі четвертої індустріальної революції. Розвиток інженерних наук та інформаційних технологій в сфері генетики, штучного інтелекту, робототехніки, нанотехнологій, технологій 3D друку та біотехнологій доповнюють одна одну та прискорюють процеси інновацій практично у всіх галузях промисловості. Всі ці процеси революційних змін в технологіях виробництва закладають основу для індустріальної революції більш складної та глибокої ніж відбувалися в попередні десятиліття, що призведе до перегляду форми співробітництва та змісту роботи і, в свою чергу до відповідних змін у системах оплати праці, де ключовою тенденцією буде перехід до нетарифних систем, основаних на оцінці складності виконуваних робіт. Так відповідно до законопроекту від 15.09.2016 р. №5130 «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України» вносяться зміни в низку законодавчих актів щодо оцінки та здійснення професійної діяльності. Найсуттєвіша зміна стосується розширення систем оплати праці та перехід від тарифних підходів до інших, які формуються на оцінках складності виконуваних робіт і кваліфікації працівників.

У даних умовах розвитку концепцій управління підприємствами стають актуальними та виходять на перший план задачі розробки інтелектуальних інформаційних систем аналітичної оцінки професійної діяльності, а також їх інтеграція з системами управління ресурсами підприємства.

Наукові розробки вчених промислово розвинених країн світу таких як: Wilson M., Harvey R.J., Lozada-Larsen S.R., Peterson N.G., Barman W.G., Fleishman E.A., Mumford M.D., Jeanneret P.R., Fine S.A., Wiley W.W., І.Дж. Маккормік та ін. [1-5] щодо автоматизованої підтримки аналізу робіт (job analysis) були спрямовані більше на створення методів обробки інформації та на формалізацію визначених факторів професій, які підлягали оцінці. Як результат, у промислово розвинених країнах світу використовують інформаційні системи: PAQ, CMQ, FJA, JEI, FJAS, MOSAIC, OAI, WPS, CODAP, PMPQ, Executive Checklist, 0\*NET.



В роботі [6] авторами детально розглянута структурна модель професійної діяльності та зроблено аналіз її складових, що дозволило побудувати відповідну інформаційну модель та на її основі розглянути та визначитися з підходами щодо математичної формалізації професійної діяльності, які детально описані в роботах [7-8]. Математична модель, яка описує сутності структурної та інформаційної моделі професійної діяльності, розроблених в попередніх дослідженнях [9] в загальному вигляді може бути описана матрицею  $A$  розмірності  $m \times n$  (1):

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

де  $a_{11}$  – елемент матриці  $A$ , який представляє оцінку атрибуту сутності;

$m, n$  – кількість операцій (задач) та атрибутів сутностей моделі в межах професійної діяльності;

Оцінка кожної операції (задачі) здійснюється шляхом додавання оцінок за всіма атрибутами для даної операції (2):

$$E_{O_i} = \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij}, (i = \{1 \div m\}), \quad (2)$$

де  $\tilde{a}_{ij}$  – елемент матриці  $A$ , який представляє оцінку атрибуту сутності для певної операції  $i$ , представлений у відносній шкалі (3):

$$\tilde{a}_{ij} = \frac{a_{ij}}{a_{ij_{\max}}}, \quad (3)$$

де  $a_{ij_{\max}}$  – максимальне значення оцінки  $i$  – го атрибуту.

З урахуванням того, що кожна  $i$  операція (задача) має свою вагу в рамках професійної діяльності, введемо зважену оцінку операції (задачі), яка розраховується шляхом множення сумарної оцінки операції на її вагу (4):

$$E_{O_i} = I_{W_i} \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij}, (i = \{1 \div m\}), \quad (4)$$

Оцінка професійної діяльності здійснюється шляхом розрахунку середнього арифметичного оцінок, отриманих кожною операцією (задачею) (5):

$$E_a = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij}. \quad (5)$$

Відповідно вираз для зваженої оцінки професійної діяльності з урахуванням (4) прийме вигляд (6):

$$E_a = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left( I_{W_i} \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \right). \quad (6)$$

Практична апробація отриманих результатів роботи – методології аналітичної оцінки професійної діяльності здійснювалася для різноманітних професій з різних галузей промисловості та сфери обслуговування. Загальна кількість професій (робіт) - вибірка, залучених до апробації, становила 101 шт., що дозволило отримати 850 унікальних операцій (задач) для аналізу. В результаті моделювання було отримано оцінки професійної діяльності та здійснено відповідне ранжирування (табл.1, фрагмент).

Таблиця 1.

Посада (професія)	Оцінка	Ранг
Директор підприємства	13,296	14
Начальник цеху	9,128	12
Менеджер із збуту	6,631	10
...	...	...
Продавець продовольчих товарів (5розряд)	6,301	10
Адміністратор готелю	5,562	9
...	...	...
Бухгалтер (первинна документація)	5,061	9
Диспетчер автомобільного транспорту	3,550	7
Секретар керівника	2,600	5
...	...	...
Прибиральник службових приміщень	1,129	1

### Література

1. McCormick, E. J. The development and background of the position analysis questionnaire (PAQ) [Text] / E. J. McCormick, P. R. Jeanneret, R. C. Mecham // PyscEXTRA – Report. – 1969. – Vol. 5. – P. 25. doi: [10.1037/e429952004-001](https://doi.org/10.1037/e429952004-001)

2. Peterson, N. G. Understanding work using the occupational Information Network (O\*NET): Implications for practice and research [Text] / N. G. Peterson, M. D. Mumford, W. C. Borman, P. R. Jeanneret, E. A. Fleishman, K. Y. Levin et. al. // *Personnel Psychology*. – 2001. – Vol. 54, Issue 2. – P. 451–492. doi: 10.1111/j.1744-6570.2001.tb00100.x
  3. Harvey, R. J. The common-metric questionnaire (CMQ): A job analysis system. First edition [Text] / R. J. Harvey. – San Antonio, TX: The Psychological Corporation, 1991. – 156 p.
  4. Fine, S.A. and Cronshaw, S.F., *Functional Job Analysis: A Foundation for Human Resource Management*, Mahwah, N.J. Lawrence Erlbaum, Publishers, 1999. – 75 p.
  5. Заріцький, О. В. Класифікація сучасних інформаційних систем моделювання та управління людськими ресурсами [Текст] / О. В. Заріцький, В. В. Судік // *Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки»*. – 2015. – № 1(77). – С. 98–108.
  6. О.В. Заріцький. В.В. Судік. Структурний аналіз інформаційної моделі кваліфікаційного рівня, необхідного для виконання роботи. *Східноєвропейський журнал передових технологій*. – Харків: ПП «Технологічний Центр». – 2015. – №5/2(77). – С. 14 – 19. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84980329434&partnerID=MN8TOARS>
  7. О.В. Заріцький. В.В. Судік. Розробка математичної моделі професійної діяльності. // *Східноєвропейський журнал передових технологій*. – Харків: ПП «Технологічний Центр». – 2016. – №1\4(79) – С. 10 – 19. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84960386867&partnerID=MN8TOARS>.
  8. Zaritskiy, O., Pavlenko, P., Tolbatov, A. Data representing and processing in expert information system of professional activity analysis// *Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, Proceedings of the 13th International Conference on TCSET 2016*. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84969256045&partnerID=MN8TOARS/>
- Заріцький, О.В. Функціональне моделювання базових елементів професійної діяльності в межах моделі «Сутність – зв'язок» [Текст]: зб. наук. пр. / О. В. Заріцький // *Проблеми інформатизації та управління*. – 2015. – № 2 (50). – С. 70–75.

## **ІНФОРМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПОДАННЯ ЗВІТНОСТІ З НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКОЇ РОБОТИ КАФЕДРИ ВНЗ**

Т. А. Дмитренко, Т. М. Деркач, А. О. Дмитренко

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

Основною метою розвитку науково - дослідної діяльності вищих навчальних закладів є оптимізація функціональних, кваліфікаційних параметрів науково – педагогічного персоналу шляхом постійного поглиблення нерозривного зв'язку передових методів наукових досліджень для забезпечення повноправної участі ВНЗ в Болонському процесі, входження до єдиного європейського освітнього та наукового простору.

Моніторингова оцінка результатів інноваційної діяльності науково-педагогічних працівників здійснюється на основі системи показників за такими напрямками:

- дослідження і наукова робота;
- навчально-методична робота;
- інші види особливо важливих завдань;
- консалтингова діяльність.

Викладачі кафедр ВНЗ забезпечують виконання навчальної, наукової, виховної та інших видів робіт. Основні види наукової роботи викладачів визначені Наказом Міністерства світи і науки N 450 (з0698-02).

На даний час актуальними стають така інформація по науковій діяльності викладачі, як:

- Видання публікацій і науко-метричних базах різного рівня.
- Опублікування публікацій у зарубіжних виданнях
- Наявність цитувань
- Визначення h-index

Із вищенаведеного зроблено висновок про необхідність автоматизації контролю та моніторингу наукової діяльності викладачів кафедр. Тому метою дослідження стало розробка нової інформаційної інтелектуальної системи.

Для більш ефективного моніторингу участі викладачів у науковій діяльності підрозділу було прийнято рішення розробити автоматизовану інформаційну інтелектуальну систему наукової діяльності кафедри.

Створення інформаційної системи для формування звітності з наукової діяльності кафедри дає можливість автоматизувати процес подання звітності. Також на протязі між звітного періоду допомагає визначити наукову діяльність кожного викладача в розрізі діяльності підрозділу.

Для вирішення поставленого завдання були визначені наступні етапи створення інформаційної системи:

- Розробка структури системи
- Визначення модулів інформаційної системи
- Розроблення модуля управління користувачами та їх системними ролями

- побудова діаграми прецедентів
- Побудова діаграми класів.
- Схема бази даних системи

Для створення інформаційної системи була розроблена Структура, яка відноситься до ієрархічного (деревоподібного) типу (рис. 1):



Рисунок 1 – Структура системи

## Література

Бопко І.З. Наукова діяльність викладача вищої школи в умовах болонського процесу // Вісник НАДПСУ. – 2014. – №. 4. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [file://Vnadps\\_2014\\_4\\_5.pdf](file://Vnadps_2014_4_5.pdf).

УДК 621.771.685.5

## МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОКАТНОЇ ЛІНІЇ СОРТОВОГО СТАНА

В.М. Куваєв, О.О. Бойко, Д.О. Бешта, Н.О. Новодранова  
*Національний гірничий університет, Україна*

Сортовий прокат є одним з найбільш масових видів прокатної продукції що виробляється в Україні. На поточний час практично весь об-

сяг його виробництва приходиться на прокатні стани, що були збудовані в середині і другій половині минулого століття. Тому пошук рішень, що забезпечують конкурентоспроможність їхньої продукції у сучасних умовах є актуальним. Але проводити скільки-небудь активні експерименти для підтвердження отриманих теоретичних результатів на таких промислових об'єктах практично неможливо і єдиним шляхом попередньої їх перевірки є моделювання.

Поопераційний аналіз технологічного процесу прокатної лінії клітей показує, що структурно всі технологічні і конструктивні особливості прокатних ліній можна звести до достатньо обмежених типових операцій, а саме – обробці металу тиском, розрізанню прокату та змотуванню прокату з натягом. Кожна з цих операцій здійснюється окремою/окремими електромеханічними системами, що взаємодіють між собою через прокат.

Самі по себе моделі окремих електромеханічних систем описуються добре відомими моделями електроприводів з одномасовими механічними системами. Тому найбільшу складність представляє технологічна модель.

В якості базової моделі об'єкта управління – процесу одностанкової безперервної прокатки, була прийнята модель, що описана в роботах [1, 2]. Вона включає ряд типових блоків, що моделюють геометричні, кінематичні і енергосилові параметри прокатки в клітях і стан металу у міжклітьових проміжках

Дана модель дозволяє:

- моделювати процес прокатки одночасно у всіх клітях чорнової і чистої груп клітей;
- враховувати вплив технологічних збурень, що пов'язані з коливаннями розмірів перетину і температури заготовки;
- врахування впливу динамічних режимів головних приводів клітей на міжклітьові зусилля.

Ця модель була доповнена моделлю електромеханічної системи регулювання зазору між валками, що дозволило моделювати систему управління довжиною прокату на виході прокатної лінії клітей.

В залежності від жорсткості перетину прокату для розрахунку міжклітьового натягу використовується модель жорсткого стрижня, або модель балки з двома опорами, або гнучкої ниті.

При розрахунку міжклітьових зусиль враховується вплив температури металу на модуль пружності прокату.

Така модель була використана для дослідження процесу формування поперечних розмірів прокату по його довжині. За нею були встановлені закономірності, що визначають протяжність передньої і задньої ділянок

прокату, на яких змінюється розміри перетину та визначені основні правила управління довжиною прокату на виході лінії прокатних клітей.

Для дослідження процесу розрізання прокату двобарабанными летючими ножицями розроблено енергосилова модель взаємодії ножів з прокатом з урахуванням як безпосередньо зусиль розрізання, так і поздовжніх зусиль взаємодії ножів з прокатом. На відміну від моделі міжклітьової взаємодії, яка носить квазістатичний вигляд, ця модель описує і динаміку розповсюдження деформаційної хвилі в прокаті при заглибленні в нього ножів. Це дало змогу промоделювати процес підгинання кінцівок прокату, який є передумовою виникнення аварійних ситуацій і порушень сталого режиму прокатки.

Ще однією з проблем, що вирішувалася за допомогою моделювання, був пошук науково-технічних рішень з поліпшення процесу змотування прокату на моталках типу Гаррета. Для цього було розроблено безпосередньо модель змотування, яка враховує динамічну зміну довжини прокату на ділянці випускна кліть - моталка та зміну на ній сили тертя прокату у трасі, що підводить прокат до моталки та укладальнику прокату на барабан моталки. Модель взаємодії моталки з випускною кліттю описується комбінованою моделлю стрижня і балки на двох опорах.

За допомогою цієї моделі було знайдено рішення по управлінню процесом намотування прокату на барабан моталки, що запобігає локального утяжіння прокату в валках випускної кліті, яка виникає із-за стрибка натягу при переході до намотування нового шару прокату.

Слід зазначити, що питання адекватності моделей таких складних об'єктів з багатьма внутрішніми зв'язками, що перехрещуються, та маючими виражену ймовірнісну природу, до яких відносяться безперервні прокатні стани, не може бути вирішена класичними методами як із-за надзвичайної складності постановки на таких об'єктах активних і пасивних експериментів, так і тому, що значна кількість потрібних параметрів не може бути вимірною [1]. Тому адекватність моделей перевірялася через співставлення якісних і кількісних ефектів взаємного впливу різних параметрів, що моделювалися, з аналогічними ефектами, наявність яких однозначно встановлено на практиці і підтверджується досвідом експлуатації технологічних об'єктів і їх систем автоматизації.

## **Література**

1. Автоматизация технологических процессов на мелкосортных прокатных станах: монография/ А.С. Бешта, В.Н. Куваев, О.Е. Потап, А.П. Егоров.-Днепропетровск: Журфонд, 2014.-283 с

2. Потап О.Ю. Інформаційне забезпечення систем прийняття рішень про якість налаштування режиму прокатки в чорновій групі клітей дрібно-сортного стану / Потап О.Ю., Єгоров О.П., Меледін М.В.: колективна монографія/ під заг. ред. Л.М.Савчук. – Донецьк: ЛАНДОН-XXI, 2013.- 592 с

УДК 004.896:622.24

## **ЗНАННЯ-ОРІЄНТОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ НАФТОГАЗОВОЇ ГАЛУЗІ**

Чесановський М.С., Шекета В.І.

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
Україна*

**1. Вступ.** Нафтова і газова промисловість України та світу одна з перших галузей промисловості, які запровадила використання давачів для збору даних, зокрема з нафтових свердловин з метою моніторингу операцій та прийняття рішень в реальному часі [1]. Але в зв'язку з тим, що отримувана таким чином інформація не завжди є достовірною і в багатьох випадках розмита, слабкоструктурована і нечітка, для прийняття коректних рішень стає необхідним накопичення досвіду і знань висококваліфікованих фахівців в нафтогазовій галузі, що забезпечить можливість впровадження методології експертних систем для прийняття рішень опираючись на знання та дані попередніх сеансів роботи системи. Наведені міркування визначають актуальність та практичну цінність проблеми формування баз знань на основі логічних правил для прикладних задач галузі [2, 3].

**2. Побудова знання-орієнтованого управління технологічними процесами.** Кінцевою метою застосування алгоритмів є необхідність дати відповідь на питання з певним коефіцієнтом впевненості, наприклад: «Чи існує поклад?». Основними проблемами при прогнозуванні нафтогазоносності осадових відкладів є формування баз знань для певного геологічного об'єкту і розробка алгоритму механізму логічного висновку.

Розглянемо, для приклада, методику прогнозування нафтогазоносності осадових відкладів з використанням експертної системи. Звідси впливає необхідність організувати на основі оболонки експертної системи діалог уточнення необхідних знань для одержання кінцевого рішення. В діалозі слід ввести найважливіші інформаційні ознаки та дати відповідь на питання: «Чи відомі прямі ознаки нафтогазоносності?» у вигляді лінгвістичних змінних типу: «існує», «не існує», «немає інформації». У випадку



відсутності інформації про об'єкт система буде рекомендувати таку інформацію уточнити. Якщо в ході діалогу вибрано «існує», то дерево рішень розгалужується на два піддерева в залежності від того, як фіксуються прямі ознаки нафтогазоносності. Тому в діалог вводиться новий атрибут «ознаки» із запитанням «Чи відомі прямі ознаки?» та транскрипцією «прямі ознаки (відомі/невідомі)». У випадку стверджувальної відповіді на це питання механізм логічного висновку перейде на наступний пункт — спосіб фіксування прямих ознак. При іншій відповіді активізується інша частина експертної системи, яка відповідатиме за діагностування покладу через відомі параметри породи (наприклад, наявність пасток тощо).

Спосіб фіксації прямих ознак також може ділитися на підтипи: «безпосередні спостереження» та «дослідження фізико-хімічних полів». Оскільки в даному випадку справа йде не зі звичайною констатацією факту, а з вибором з декількох можливих варіантів, то тип цього атрибута («фіксування») буде мати перелічувальний характер.

Якщо вибрано відповідь «безпосередні спостереження», то потрібно ввести новий атрибут — «місце спостереження». Він буде мати перелічувальний тип з можливими опціями вибору – «на земній поверхні», «в свердловинах».

Варто зазначити, що при виборі будь-кого з вище вказаних пунктів завжди отримується позитивне рішення поточної проблеми; тобто значення атрибута поклад “наявність” буде позитивним. Різниця полягатиме лише в коефіцієнті впевненості, який відрізнитися у кожному випадку.

В загальному випадку правило вибору для даного пункту буде мати вигляд:

```
rule1.If(Expression(<Відомі прямі ознаки>)  
.And(<Ознаки фіксуються безпосередніми спостереженнями>)  
.And(<Прямі ознаки спостерігаються на земній поверхні >)  
.And(<Спостереження наявні як просочування нафти>))  
.Then(result => {<Поклад існує>});
```

При формуванні інтерфейсу користувача у вигляді діалогу на базі оболонки експертної системи необхідно ввести в пам'ять ЕОМ знання про можливість існування пасток у вигляді таких правил:

```
rule2.If(Expression(<басейн осадовий>))  
.Then(result => <встановити тип басейну>;)  
.Else(result => {<територію в нафтогазоносному відношенні вважати  
безперспективною>;});
```

Enum <тип басейну> {< платформенний >, < передгірський >, < складчатий >, <інший>};

```
rule3.If(Expression.Equal(<тип басейну>, <платформенний>))  
.Then(result=>{<геоструктурний елемент >=<синкліза>;});
```

Для побудови алгоритму і відповідної програми по формуванню баз знань при визначенні можливості існування покладів вуглеводнів в пастках необхідно сформувати дерево рішень у вигляді інформаційної моделі, в якому визначатимуться способи фіксації ознак наявності покладів нафти та газу. Згідно з деревом рішень якщо вибрано напрямок безпосереднього спостереження за нафтогазопроявами на земній поверхні, то потрібно передбачити блок визначення вигляду проявів.

Якщо вибрано напрямок безпосереднього спостереження за нафтогазопроявами в свердловині в процесі буріння, то слід уточнити середовище, в якому виявлено ознаки продуктивних покладів.

Якщо обрано напрям безпосереднього спостереження за нафтогазопроявами в свердловині в процесі випробовування, то слід передбачити блок визначення методу випробовування та характеру насичення. Якщо вибрано напрямок дослідження фізико-хімічних полів, то в залежності від того де проводилися дослідження (в свердловині чи на поверхні) необхідно передбачити блоки характеру досліджень та виявлення аномалій типу поклад.

При проектуванні системи з нечіткою логікою для прогнозування нафтогазових покладів, виникають певні відмінності від методології класичних “простих” правил. Насамперед, повна невизначеність в правилах та інтуїтивний підхід до вирішення проблеми людиною експертом призводив до того, що навіть позитивне значення якогось підправила або правила не даватиме майже ніякого ефекту на вирішення глобальнішої проблеми. Тобто, експерт пояснюючи своє рішення, лише в деякій мірі орієнтується на попередні логічні правила. Це позбавляє змісту велику частину уже проведеного машинного аналізу. З другого боку, виявилось таке важливе уточнення, що у кожному правилі його частини мали неоднакову важливість і по-різному впливали на кінцевий результат. Саме це дає поштовх подальшому ускладненню системи представлення та інтерпретації нечітких правил. Умовно поділивши нечіткі системи на два типи, враховуючи різну інтерпретацію часткових результатів під час логічного аналізу: а) безумовно нечіткі; б) умовно нечіткі.

Наведений приклад, для найпростішого правила, що складається з двох підумов, що є незалежними одна від одної показує як це виглядатиме практиці:

$$IF (X_1 = A_1 \ \&\& \ X_2 = A_2) \ THEN \ Y = C, \ cf=k \quad (1)$$

де  $X_1, X_2$  - вхідні величини;  $A_1, A_2$  - умови;  $Y$  - результат;  $cf$  - коефіцієнт невпевненості;  $k$  числове значення, наприклад, 0.6.

У даному випадку, якщо обидві підумови виконуються, результат буде  $Y=C$  з коефіцієнтом впевненості 0.6.

Якщо ж хоч одна з підумов не виконується, то на виході буде негативний результат ( $Y=C$ ,  $cf=0$ ). Тобто, сама нечіткість виникає в результаті перетворення з чіткого результату в нечітку відповідь.

Розглянувши випадок, коли перша підумова виконується, а друга – ні, негативний результат другої підумови призведе лише до отримання результату з наполовину меншим коефіцієнтом впевненості ( $Y=C$ ,  $cf=0.3$ ). Такі міркування є правильними лише у випадку, коли частини правил є незалежними одні від одної і ніяким чином не впливають на результат одна одної. У наведеному прикладі, видно, інший результат при зміні алгоритму логічного висновку. В нечіткому правилі використовується нечіткий алгоритм. Даний факт можна позначити назвою “умовна нечіткість”. Суть її полягає у відмові від чіткого отримання результату на основі результатів підправил під час їх аналізу.

**3. Висновки.** Часто в процесі практичної діяльності експерта предметної області виникає проблема надійності фактів і тверджень зроблених ним за рахунок того, що він не встигає або навіть не взмозі опрацювати великі обсяги даних отриманих з давачів, що спонукає прийняття рішень опираючись на неповні та неперевірені дані, що буде основним питанням при реалізації концепції проєктованого знання-орієнтованого фреймворку.

Таким чином застосування логічних правил для формування баз знань утворює передумови передумови для максимального використання здібностей фахівця нафтогазової галузі за рахунок мінімізації рутинних операцій інтелектуальної підтримки прийняття рішення, що дозволить накопичувати та застосовувати досвід спеціалістів предметної області, а за рахунок сучасних досягнень інформаційних технологій, і суттєво прискорити час на прийняття рішень.

## Література

1. V.M. Yurchyshyn, V.I. Sheketa, O.V. Yurchyshyn. Information modeling of oil and gas objects: Monograph // Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas. – Ivano-Frankivsk, 2010. P 128–136.
2. Mykola Chesanovskyu, Vasyl Sheketa, Volodymyr Yurchyshyn, Taras Styslo. The formal structuring of subject domain for oil and gas industry IT applications // 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET 2016). – Lviv, Ukraine, 2016. P 503 – 506.

3. V.I. Sheketa. The information system for forecasting of oil and gas reservoirs // Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas. – Ivano-Frankivsk, 1999. pp. 145

УДК 004.94

## **ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ МОДЕЛІ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ВИДОБУВНИМ КОМБАЙНОМ**

А.В. Бубліков

*Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет»*

Наразі існує проблема неефективного використання мехатронних гірничих комплексів з позиції питомих енерговитрат на видобуток та переробку вугілля і руди, перспективним рішенням якої є створення нечітких систем автоматичного управління з використанням спеціальних алгоритмів для інтелектуального аналізу інформаційних потоків в гірничих об'єктах. Незадіяні на сьогодні інформаційні потоки всередині мехатронних гірничих комплексів можна використовувати для формування інформативних ознак енергоефективних режимів протікання процесів видобутку та переробки вугілля і руди, які складуть основу баз нечітких лінгвістичних правил для прийняття рішень щодо уставок регуляторів на нижньому рівні системи. Використання таких систем забезпечить мінімізацію витрат сировинних, енергетичних ресурсів на видобуток та переробку вугілля і руди, а також підвищить енергоефективність та безпеку гірничого виробництва у цілому.

Одним з головних етапів розробки наукового підходу щодо створення нечітких систем автоматичного управління гірничими машинами є побудова імітаційних моделей цих систем з дослідженням на їх основі запропонованих алгоритмів інтелектуального аналізу інформаційних потоків та нечіткого виводу керуючих впливів на регулятори [1]. На рис.1 представлені основні складові елементи імітаційної моделі нечіткої системи автоматичного управління видобувним комбайном з відображенням зв'язків між ними.

Дамо стислу характеристику основних елементів структурної схеми на рис.1.

Створення імітаційної моделі видобувного комбайна як об'єкта керування відбувається за тим же принципом, що і проектування та ство-

рення сучасної мехатронної гірничої машини – з використанням одночасного моделювання усіх процесів у підсистемах різної фізичної природи з урахуванням їх впливу друг на друга у наступні моменти часу.

В елементі «Система нечіткого керування» схеми на рис.1 використовується модифікований алгоритм нечіткого виводу керуючих впливів, який має наступні відмінності від класичного алгоритму:

- відбувається фазифікація не первинних сигналів з датчиків, а їх статистичних оцінок, які є відображеннями певних інформативних ознак режимів роботи комбайна;

- алгоритм нечіткого виводу керуючих впливів враховує історію процесу керування через вагові коефіцієнти висновків.

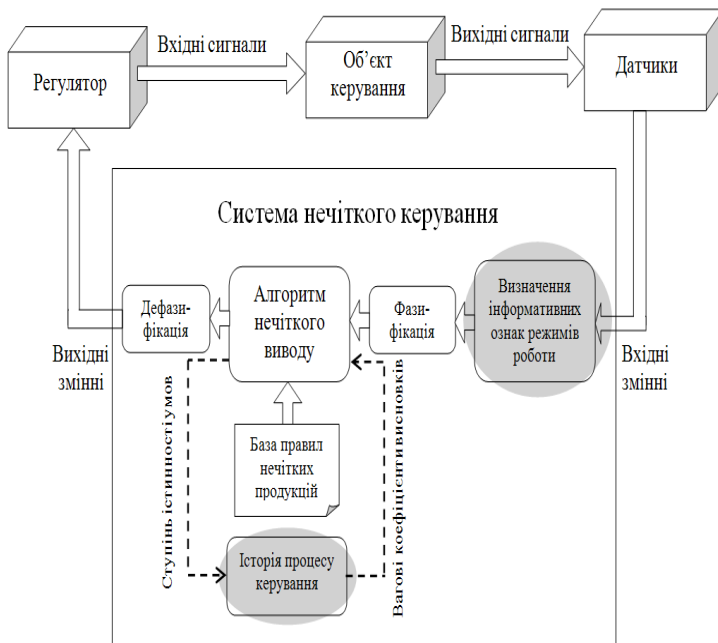


Рис. 1. Структурна схема імітаційної моделі нечіткої системи автоматичного управління видобувним комбайном

Особливою рисою модифікованого алгоритму нечіткого виводу керуючих впливів моделі на рис.1 є те, що він у якості керуючих впливів формує не керуючі сигнали на виконавчі органи, а уставки для регуля-

торів комбайна. Це вимагає особливого підходу до його розробки з урахуванням динамічності процесу зміни режимів роботи комбайна, його динамічних властивостей та досвіду операторів комбайна щодо прийняття рішень у тій чи іншій ситуації.

Також особливістю елемента «Система нечіткого керування» схеми на рис.1 є те, що алгоритми визначення інформативних ознак режимів роботи та нечіткого виводу керуючих впливів на регулятори реалізовані на мові програмування, що підтримують більшість програмованих логічних контролерів. Це накладає на алгоритми певні обмеження та пов'язано з тим, що нечітка система автоматичного управління видобувним комбайном апаратно реалізується на основі програмованого логічного контролера на “нижньому” рівні автоматизованої системи управління технологічним процесом з урахуванням його обмежених ресурсів у порівнянні з комп'ютером на “верхньому” рівні.

Регулятор на рис.1 є моделлю класичного ПІД-регулятора, функція якого полягає у відпрацюванні закону зміни у часі уставки, що формується елементом «Система нечіткого керування», з мінімальними статичною та швидкісною похибками.

**Висновки.** Імітаційна модель видобувного комбайна як об'єкта керування повинна створюватися за тим же принципом, за яким наразі створюються та проектується сучасні мехатронні гірничі машини – з використанням одночасного моделювання усіх процесів у підсистемах різної фізичної природи з урахуванням їх впливу друг на друга у наступні моменти часу. Основу імітаційної моделі нечіткої системи автоматичного управління видобувним комбайном складає модифікований алгоритм нечіткого виводу керуючих впливів, в якому, з одного боку, через алгоритм визначення інформативних ознак режимів роботи комбайна враховуються його особливості роботи та динамічні властивості, а з іншого боку – через базу правил нечітких продукцій та врахування історії процесу керування використовується досвід операторів комбайна щодо прийняття рішень у тій чи іншій ситуації.

## Література

1. Звіт про науково-дослідну роботу Інтелектуальні технології управління процесами гірничого виробництва в задачах енергозбереження та енергоефективності: Звіт про НДР (проміжний) / ДВНЗ “НГУ”; Керівн. В.В. Ткачов; № д.р. 0113U000402; Інв.№ 0214U003224. – Д., 2013. – 124 с.

## ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНІВ ОБ'ЄКТІВ ТА ПОДІЙ У ТЕХНОЛОГІЧНІЙ СИСТЕМІ ЗБИРАННЯ РАННІХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

В.В. Адамчук, В.І. Днесь, В.І. Скібчик

*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», Україна*

За дискретно-подієвого підходу до моделювання технологічних систем, неперервний характер процесів, що протікають в технологічній системі збирання ранніх зернових культур (ТС ЗРЗК), замінюється на множину подій, кожна з яких стосується певного елемента системи [0, 0].

Під час дослідження ТС ЗРЗК виділяються такі об'єкти: культури, поля, зерностеблостій, комбайни, транспортні засоби, дороги, виконавці. Кожен з цих об'єктів під час функціонування ТС ЗРЗК перебуває у певному стані (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Характеристика станів об'єктів ТС ЗРЗК

Об'єкт ТС ЗРЗК	Стан	Характеристика стану
1	2	3
Культура	Недостигла	Урожай культури, ще не досягнув фази повної стиглості
	Кондиційна	Культура перебуває у фазі повної стиглості та має максимальне значення урожайності
	Період втрат	Культура знаходиться у фазі повної стиглості, проте відбувається щодобове зниження урожайності через самоосипання
Поле	Непридатне	Збирання неможливе через наявність опадів або їх післядію
	Придатне	Відсутність опадів дає можливість виконувати збирання
Зерностеблостій	Росянистий	Збирання неможливе через наявність роси
	Вологий	Збирання неможливе в зв'язку з високою вологістю зерностеблостою
Комбайн	Робота	Виконання комбайном збирання зернової культури на полі
	Розворот	Розворот комбайна після завершення загинки

	Простій	Невиконання комбайном роботи у робочий час через відсутність виконавця
	Простій	Очікування комбайном на вивантаження зерна із бункера через відсутність транспорту
		Простій комбайна у робочий час через відсутність роботи (поля з достиглим урожаєм)
	Технологічна відмова	Неможливість виконання роботи комбайном через виникнення технологічної відмови
	Вивантаження	Перевантаження зерна із бункера комбайна в транспортний засіб
Транспортний засіб	Завантаження	Перевантаження зерна із бункера комбайна в транспортний засіб
	Простій	Очікування транспортним засобом потреби у вивантаженні бункера комбайна
		Невиконання роботи у робочий час через відсутність виконавця
		Простій у робочий час через відсутність роботи (поля з достиглим урожаєм)
В рейсі	Відвезення зерна від комбайна на тік, зважування, вивантаження та його повернення на поле	

Відносно кожного об'єкта виділяються характерні події, які змінюють його стан (табл. 2.2). Кожна з яких характеризується часом виникнення (появи). Усі виділені події поділяються на локальні та глобальні. Виникнення локальних подій є характерним для окремих об'єктів ТС ЗРЗК і призводить до зміни тільки його стану. Виникнення глобальних подій призводить до зміни стану усіх об'єктів певної множини. Також, необхідно розрізняти події, виникнення яких характерне для доби або сезону [0].

Сезонні агрометеорологічні події є характерними для кожного окремого сезону. Так, настання повної стиглості культури на полі означає перехід його у стан, коли можливе виконання комбайнового збирання. Дана подія є притаманна кожному полю виробничого плану. Виникнення події настання повної стиглості є причиною виникнення наступної події – настання біологічних втрат. Після настання цієї події відбувається щодобове зниження урожайності. Інтервал між настанням цих



подій формує безвтратний період збирання ранніх зернових культур, який триває 5 діб [4].

Таблиця 2.2 – Основні події, що виникають під час збирання ранніх зернових культур

Об'єкт ТС ЗРЗК	Подія	Тип події	Характер події
Поле	Початок непогожого проміжку	Глобальна	Сезонна
	Завершення непогожого проміжку	Глобальна	Сезонна
Зерностеблостій	Зміна дефіциту вологості	Глобальна	Добова
	Поява роси	Глобальна	Добова
	Зникнення роси	Глобальна	Добова
Культура	Настання повної стиглості культури	Локальна	Сезонна
	Настання втрат урожаю на полі	Локальна	Сезонна
Комбайн	Закінчення заїмки (початок розвороту)	Локальна	Добова
	Закінчення розвороту (початок заїмки)	Локальна	Добова
	Виникнення технологічної відмови	Локальна	Добова
	Усунення технологічної відмови	Локальна	Добова
	Заповнення бункера	Локальна	Добова
	Початок вивантаження	Локальна	Добова
	Закінчення вивантаження	Локальна	Добова
Транспортний засіб	Початок завантаження	Локальна	Добова
	Закінчення завантаження	Локальна	Добова
	Вїзд автомобіля на маршрут	Локальна	Добова
	Повернення автомобіля з маршруту	Локальна	Добова
	Початок завантаження	Локальна	Добова

Також до сезонних агрометеорологічних подій відносяться такі події, як: початок непогожого інтервалу часу та його завершення. Час завершення непогожого інтервалу характеризує початок погожого інтервалу часу. Ці події утворюють відповідну послідовність подій, які характеризуються стохастичним характером виникнення і є відносно

ТС ЗРЗК глобальними, тобто не відносяться до конкретного поля виробничого плану СГТ, а вказують на можливість виконання у той чи інший момент часу збиральних робіт в цілому.

Виокремлення стосовно кожного елемента (об'єкта) ТС ЗРЗК подій дає змогу розкрити причинно-наслідкові зв'язки між ними, що є підґрунтям для створення блок-схеми алгоритму комп'ютерної програми статистичної імітаційної моделі ТС ЗРЗК.

### **Література**

1. Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 / Карпов Ю.Г. – СПб : БХВ-Петербург, 2005. – 400 с.
2. Многоподходное имитационное моделирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.anylogic.ru/multimethod-modeling>. – Назва з екрана.
3. Днесь В.І. Обґрунтування параметрів зернозбирально-транспортних комплексів для сільськогосподарських товаровиробників: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / Днесь Віктор Ігорович. – Глеваха, 2015. – 20.
4. Зерновые культуры (Выращивание, уборка, доработка и использование) / под общ. ред. Д. Шпаара. – Изд 3-е, перераб. и доп. – М.: DLV АГРОДЕЛО, 2008. – 656 с.

УДК631.363: 519.872

## **СИСТЕМНО – ЧИННИКОВИЙ ПІДХІД ДО ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ**

Кузьменко В.Ф.

*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», Україна*

Організація годівлі корів із-за значної частки вартості кормів в собівартості молока В проєктах тваринницьких ферм не розробляється одна із найважливіших складових виробництва продукції – раціональна організація кормовиробництва [1]. Раціональне кормовиробництво – це комплекс технологічних, технічних і організаційних заходів, спрямованих на отримання забезпечення із рослинницької бази поживними елементами в задані строки при мінімальній їх собівартості на розрахункову одиницю тваринницької продукції [1], яке повинна базуватися не лише на наукових положеннях про поживність кормів, а і на знаннях про використання технічних засобів для механізації заготівлі кормів з мінімальною собівартістю.

Моделювання технологічних процесів, і в тому числі кормовиробництва передбачає обов'язковий розгляд сільськогосподарського виробництва в діалектичній спільності об'єктів - землі, рослин, тварин, машин та навколишнього середовища з обов'язковим врахуванням взаємних зв'язків і взаємного впливу, тобто розгляд процесу як системи.

Процес збирання стеблових кормів розглядається як складна система [2]. На основі концепції системотехніки передбачається покрокове одночасне (паралельне) здійснення процедур.

Слід звернути увагу, що використання цього методу дозволяє на будь-якому етапі повернутися до попереднього чи раніше пройденого і відкорегувати його у відповідності до отриманих результатів. Пройшовши цикл до розв'язання проблеми та не отримавши прийнятного результату можливо повторне дослідження системи, яке може проводитися з виключенням окремих етапів дослідження.

Іншою особливістю методу є можливість використання на етапі синтезування моделі залежностей найбільш придатних для опису кожної з її складових [3], що дозволяє врахувати стохастичність дії чинників (наприклад, агрометеорологічних умов).

Раціони формуються із наявних в господарстві стеблових кормів, в яких за результатами аналізу уже відомі показники поживності. Можлива також ситуація заготівлі кормів з наперед заданими властивостями, кращими ніж існують середні по зоні (зерносінаж, силос із кукурудзи пізньої фази стиглості), тому раціон годівлі є першоосновою планування раціонального виробництва кормів. Концептуальна модель заготівлі стеблових кормів [4] передбачає формування системи обслуговування потоків кормів у відповідності до потреб ферми.

Розміри ферми встановлюють обсяги і номенклатуру кормів і одночасно, виходячи з цього, створюється можливість прогнозувати кількість отримуваної продукції. На цьому етапі можливе оцінювання, вибір чи вдосконалення раціону годівлі по енергетичним та економічним показникам.

На наступному етапі можливе оцінювання перспективності культур, технологій вирощування кормової сировини, технічних засобів для їх реалізації. Результатом цього етапу моделі є обсяги заготівлі силосу ( $O_{сс}$ ), сінажу ( $O_{сж}$ ), сіна ( $O_{сн}$ ) та терміни і час збирання цих кормів.

На період заготівлі кормів у відповідності до розмірів ферми створюється система обслуговування потоків стеблових кормів (СОПСК), що формуються на полях [5]. Для виконання робіт передбачається використання відповідних технічних засобів, що формують параметри трьох виробничих підсистем: збиральної, транспортувальної, складува-

льної. Підсистеми, виконуючи технологічні перетворення сировини мають вхідні формують вихідні потоки. Вказані складові системи по обслуговуванню потоків стеблових кормів визначають їх особливості та ефективність функціонування.

Розроблення моделі передбачає аналіз чинників її ефективності. В неявному вигляді ефективність може бути записана [3,5,6.]

$$E = f(\{P\}, \{C\}, \{T_n\}, \{T_n\}, \{B\}, \{A\}, \{Y_c\}, \{R_e\}, \{O\}, \{I\}, \{V\}), \quad (1)$$

де відповідно множини чинників:  $P$  - предметної;  $C$  - соціальної;  $T_n$  – технологічної;  $T_n$  – технічної;  $B$  – виробничої;  $A$  – агрометеорологічної,  $Y_c$  – стандартно-якісної;  $R_e$  – ресурсно-енергетичної;  $O$  – організаційно-масштабної;  $I$  – інформаційної;  $V$  – управлінської.

Сутність кожної групи сформована у її назві, однак додатково слід вказати на особливість кожної групи чинників. Група предметних чинників  $\{P\}$  відображає річний план робіт по заготівлі кормів, характеризується кількістю полів, їх площі та показники, що характеризують поля – урожайність, забур'яненість, полеглисть, вміст поживних речовин. Група соціальних чинників  $\{C\}$  характеризує потенціал працівників, які задіяні в СОПСК. Вона відображається кількістю виконавців, їх кваліфікацією та мотивацією (заробітна плата), а також наявністю складової по підтриманню комфортних умов роботи та відпочинку працівників. Група  $\{T_n\}$  технічних чинників відображає технічну складову системи обслуговування і характеризується структурою, кількістю технічних засобів для заготівлі, транспортування та складування сировини для кормів, їх технічними характеристиками. Сюди також належать питання підтримання в роботоздатному стані технічних засобів (технічне обслуговування та ремонт). Технологічна група  $\{T_n\}$  чинників системи характеризує технологічні процеси, що реалізуються при заготівлі кормів. Група виробничих чинників  $\{B\}$  відображає виробничі обставини, за яких відбувається заготівля кормів і відображається такими показниками: відстанню між окремими полями, характеристиками полів (площею, культурою, конфігурацією), відстанню до місця складування кормів. Стандартно-якісна  $\{Y_c\}$  група чинників характеризує показники якості, які ставляться до виконання робіт по заготівлі кормів (стандарти на корми, вимоги щодо виконання робіт технічними засобами). Група ресурсно-енергетичних  $\{R_e\}$  чинників визначається потребою процесів заготівлі кормів в енергетичних ресурсах (електроенергія, паливо-мастильні матеріали). Організаційно-масштабна  $\{O\}$  група характеризується методами організації виконання виробничих планів, обсягами робіт по заготівлі кормів. Група агрометеорологічних  $\{A\}$  чинників відображає вплив агрометеорологічних умов, які є випадковими (стохастич-

чними) на показник ефективності СОПСК. Вона характеризується тривалістю придатних та непридатних для роботи інтервалів часу, часом випадання роси та тривалістю зрошеності трав, температурою та зміною дефіциту вологості протягом доби, часом досягнення трав кондицій для збирання на окремих полях. Обов'язковою складовими системи обслуговування є інформаційна  $\{I\}$  та управлінська  $\{U\}$  групи чинників. Чинники інформаційної групи  $\{I\}$  забезпечують своєчасне визначення та встановлюють повноту та вірогідність інформації, на підставі якої обґрунтовуються управлінські рішення  $\{U\}$ .

Поділ чинників на окремі групи носить деяку умовність та неоднозначність. Наприклад, предметна група чинників  $\{I\}$ , стосуючись перетворення предмета праці (стеблостою) у корми чи сировину закладені на зберігання дозволяє систему обслуговування потоків стеблових кормів розділити на три складові: збиральний, транспортувальний та складувальний комплекси. Таким чином, предметна множина  $\{I\}$  чинників відображаючи предмет праці в сукупності з агрометеорологічною множиною  $\{A\}$  формують множину технологічних чинників СОПСК, тобто технологічні рішення визначаються культурами, що збираються та їх станом, видом корму, погодними умовами.

Забезпечення поточності процесів передбачає узгодженість виконання робіт між складовими системи. Рівень узгодження визначається часом очікування із-за відсутності технічних засобів при виконанні операції двома і більше складовими системи.

Аналізуючи вплив на ефективність роботи системи різних чинників неможливо виділити одну, домінуючу, переважаючу групу чинників. Причинно-наслідкові зв'язки між ефективністю та ними не є однозначними, а порушення функціонування будь якої з них приводить до різкого зниження ефективності, або, взагалі, до порушення функціонування системи.

Отже, не виділяючи одну групу чинників та створюючи модель, що імітує роботу техніко технологічної групи з врахуванням впливу інших чинників можливо визначити ефективність роботи СОПСК за різного складу технічного забезпечення системи, об'ємів виробництва, з врахуванням впливу погодних умов.

## Література

- 1 Попов В.Д., Валге А.М. Моделирование и оптимизация процессов и технологий заготовки кормов из трав в условиях Северо-Запада России. – СПб, СЗНИИМЭСХ, 2005. – 176 с.
- 2 Сидорчук О.В. Инженерия машинных систем. Монография. – К.: ННЦ «ІМЕСГ» УААН, 2007. - 263 с.

3 Франс Дж., Торили Дж. Х.М. Математические модели в сельском хозяйстве/ Пер. С англ.. А.С. Каменского; под ред.. Ф.И. Ерешко. Предисл. Ф.И. Ерешко и А.С. Каменского. – М.: Агропромиздат, 1987, 400 с.

4 Кузьменко В.Ф. Концептуальна модель заготівлі силосу. Математичне та імітаційне моделювання. МОДС 2014: тези доповідей Дев'ятої міжнародної науково-практичної конференції (Київ-Жукин, 23-27 червня 2014 р.) - Чернігів: ЧДІЕУ, 2014, с.115-117

5 Сидорчук О.В. Планування механізованих зернозбиральних робіт і проектів: [монографія]/За редакцією академіка НААН В.В.Адамчука. – Ніжин . Видавець ПП Лисенко., 2013. – 157с.

6 Сидорчук О.В. Планування механізованих зернозбиральних робіт і проектів: [монографія]/За редакцією академіка НААН В.В.Адамчука. – Ніжин . Видавець ПП Лисенко., 2013. – 157с

УДК 631.362.3; 535.016; 535.3

## **АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНА ТА НАСІННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ПЕРЕДАТОЧНИХ ФУНКЦІЙ**

В.О. Швидя

*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», Україна*

Дослідження технологічних процесів сепарації зерна та насіння, як правило, виконують, складаючи диференційні рівняння руху фракцій, в яких аналізують вплив режимних коефіцієнтів рівняння на різницю між траєкторіями руху фракцій [1-2]. У більшості випадків траєкторії руху фракцій зернової та насінневої суміші отримують чисельним розв'язком диференційних рівнянь руху. Це ускладнює аналіз технологічних процесів сепарації зерна та насіння, так як неможливо встановити математичні залежності впливу конструкційно-режимних параметрів сепаратора на якісні показники технологічного процесу сепарації зерна і насіння. Для пошуку даних математичних залежностей необхідно використовувати інші методи.

В зв'язку з цим виникла наступна мета роботи: розроблення нового методу аналізу технологічних процесів сепарації зерна та насіння, який дає можливість отримати математичні залежності впливу конструкційно-режимних параметрів сепаратора на якісні показники його роботи.

Технологічний процес будь-якого сепаратора зерна та насіння можна описати системою “чорний ящик” на вхід якого подається зер-

нова чи насіннева суміш з початковою засміченістю  $s1$  і виходить із засміченістю  $s2$  (див. рис.). Засміченість змінюється із  $s1$  до  $s2$  внаслідок дії передаточної функції сепаратора  $E(s)$ , що характеризує конструкційно-режимні параметри сепаратора (див. рис.).

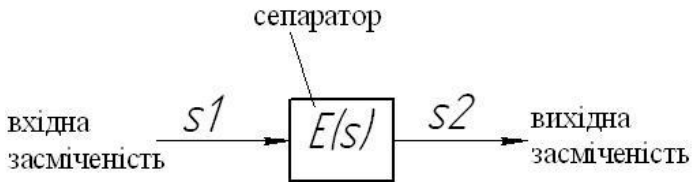


Рис. – Схема системи “чорний ящик” сепаратора зерна та насіння

Тоді дію передаточної функції сепаратора можна описати рівнянням:

$$s2 = s1 \cdot E(s) . \quad (1)$$

З рівняння (1) випливає, що якість очищення зернової чи насінневої суміші залежить від характеру передаточної функції  $E(s)$ .

Передаточну функцію  $E(s)$  можна описати, використовуючи основне рівняння сепарації [3]:

$$E(s) = e^{-Kt} , \quad (2)$$

де  $t$  — час сепарації;  $K$  — коефіцієнт, що характеризує умови сепарації.

Коефіцієнт  $K$  представляє собою ймовірність виділення сміттевої фракції з зернової чи насінневої суміші. Дану ймовірність можна розглядати, як сукупність незалежних подій: співвідношення об’єму частинки сміттевої фракції до об’єму простору необхідного для виділення з зернової чи насінневої суміші, що можна виразити функцією  $f1(x)$ ; співвідношення сепаруємої ознаки сміттевої фракції до сепаруючої дії —  $f2(x)$  та рівномірність сепаруючої дії по об’єму камери, де виконується технологічний процес сепарації зерна та насіння —  $f3(x)$ . Функції  $f1(x)$ ,  $f2(x)$  та  $f3(x)$  являються одночасно функціями ймовірності від конструкційно-режимних параметрів сепаратора. З урахуванням теореми множення ймовірностей [4] формула (2) приймає вигляд:

$$E(s) = e^{-f1(x) \cdot f2(x) \cdot f3(x)t} . \quad (3)$$

Для з’ясування впливу  $i$ -того конструкційно-режимного параметру  $x_i$  необхідно знайти його функцію чутливості  $Y_i(x_i)$ , яка характеризує вплив даного параметру на передаточну функцію  $E(s)$ .

$$Y_i(x_i) = \frac{\partial}{\partial x_i} (e^{-f1(x) \cdot f2(x) \cdot f3(x) \cdot t}). \quad (4)$$

Для пошуку діапазонів нечутливості передаточної функції  $E(s)$  до параметра  $x_i$  необхідно визначити області, при яких параметр  $x_i$  не впливає на значення функції чутливості  $Y_i(x_i)$ . Перевірка функції чутливості  $Y_i(x_i)$  на наявність таких областей визначається за умовою:

$$\lim_{x_i \rightarrow \infty} Y_i(x_i) \neq \infty. \quad (5)$$

Оцінку впливу параметра  $x_i$  на значення функції  $Y_i(x_i)$  зручно характеризувати коефіцієнтом нечутливості  $Kch_i$ , який представляє собою допустиму зміну функції чутливості  $\Delta Y_i(x_i)$  при зміні параметра  $\Delta x_i$ . Зона нечутливості параметра  $x_i$  має належати діапазону  $[0; +\infty]$ , при чому одна із кінцевих точок діапазону нечутливості параметра  $x_i$  повинна відповідати стаціонарній точці функції  $Y_i(x_i)$ . А це значить, що якщо функція чутливості описується лінійною функцією, то зони нечутливості відсутні. Тоді стаціонарні точки функцій чутливості можна знайти розв'язавши систему алгебраїчних рівнянь, складених із частинних похідних передаточної функції  $E(s)$ , які прирівнюються 0:

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial x_1} (e^{-f1(x) \cdot f2(x) \cdot f3(x) \cdot t}) = 0 \\ \dots \dots \dots \\ \frac{\partial}{\partial x_i} (e^{-f1(x) \cdot f2(x) \cdot f3(x) \cdot t}) = 0 \\ \dots \dots \dots \\ \frac{\partial}{\partial x_{i+1}} (e^{-f1(x) \cdot f2(x) \cdot f3(x) \cdot t}) = 0 \\ \dots \dots \dots \end{cases} \quad (6)$$

Аналогічним чином знаходимо і іншу точку діапазону нечутливості, прирівнявши частинні похідні передаточної функції  $E(s)$  другого порядку до відповідних коефіцієнтів нечутливості  $Kch_i$ :

$$\begin{cases} \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} (e^{-f1(x) \cdot f2(x) \cdot f3(x) \cdot t}) = Kch_1 \\ \dots \dots \dots \\ \frac{\partial^2}{\partial x_i^2} (e^{-f1(x) \cdot f2(x) \cdot f3(x) \cdot t}) = Kch_i \\ \dots \dots \dots \\ \frac{\partial^2}{\partial x_{i+1}^2} (e^{-f1(x) \cdot f2(x) \cdot f3(x) \cdot t}) = Kch_{i+1} \\ \dots \dots \dots \end{cases} \quad (7)$$



Рішення системи алгебраїчних рівнянь (6) та (7) дає можливість вивести діапазони нечутливості параметра  $x_i$  до функції чутливості  $Y_i(x_i)$ .

Таким чином, представлений метод аналізу технологічних процесів сепарації зерна та насіння за допомогою передаточних функцій дає можливість отримати математичні залежності впливу конструкційно-режимних параметрів сепаратора на якісні показники технологічного процесу сепарації зерна і насіння (якщо функції  $f1(x)$ ,  $f2(x)$  та  $f3(x)$  виражені математичними залежностями) через розрахунок функцій чутливості (4) без аналізу диференціальних рівнянь, що спрощує розрахунки конструкційно-режимних параметрів сепаратора.

### **Література**

1. Дринча В.М. Исследование сепарации семян и разработка машинных технологий их подготовки / В.М. Дринча. – Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК», 2006. – 384 с.
2. Лещенко С.М. Обґрунтування параметрів пневмосепаруючої системи інерційного прямооточного сепаратора зерна: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 «Машини та засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / Лещенко Сергій Миколайович — Кіровоград, 2010.
3. Машины для послеуборочной поточной обработки семян. Теория и расчёт машин, технология и автоматизация процессов / [Под ред. Тица З.Л.] – М.: Машиностроение, 1967. – 446 с.
4. Письменный Д.Т. Конспект лекций по теории вероятностей и математической статистике. / Д.Т. Письменный — М.: Айрис-пресс, 2004 г. — 256 с.

УДК 004.942

## **УДОСКОНАЛЕНИЙ МЕТОД ФОРМУВАННЯ ПЛАНІВ ЗАВАНТАЖЕННЯ ПОРОМІВ АВТОТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ**

Ю.О. Жицький, А.В. Ярмілко

*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Україна*

У комбінованих транспортних перевезеннях операторам логістичних служб часто додиться вирішувати задачу обслуговування морськими поромами автотранспортного потоку з наперед не відомим переліком типів транспортних засобів, характеристиками їхнього вантажу та кінцевими пунктами призначення. Така обставина ускладнює вирішення задач, які постають при здійсненні завантаження порому: 1) ефе-

ктивного використання вантажопідйомності та вантажомісткості; 2) додержання послідовності завантаження-вивантаження в проміжних пунктах зупинки (ротації) без необхідності додаткових переміщень вантажу; 3) розміщення вантажів з урахуванням їх фізико-хімічних властивостей і умов сумісності; 4) своєчасного виконання доставки вантажу, відповідно до зобов'язань та внутрішніх вимог перевізника; 5) інших технологічних вимог, спрямованих на зниження собівартості транспортування та досягнення необхідної надійності і безпечності самого процесу [1]. У зв'язку з цим не втрачає актуальності пошук методів оптимізації розташування автотранспортних одиниць з урахуванням всієї множини актуальних вимог.

З метою вирішення цієї задачі було розроблено інструментальні засоби автоматизованого складання вантажних планів для розміщення автотранспорту на поромах, які забезпечують урахування їх розмірів, режимних обмежень, пов'язаних з їхнім вантажем, послідовністю вивантаження у пунктах призначення та параметрами транспортних відсіків порома. Для забезпечення якості вантажного плану та загальних високих економічних показників перевезень визначальною характеристикою є щільність розташування автотранспортом.

Для пошуку оптимального завантаження вантажних відсіків морських поромів можуть бути застосовані алгоритми з класу задач про пакування в контейнери, а саме про двовимірне пакування. Задача полягає в пакуванні об'єктів визначених розмірів в скінченне число ємностей, розміри яких теж відомі заздалегідь, у такий спосіб, аби число використаних ємностей було найменшим, або кількість чи об'єм предметів були якнайбільшими. При застосуванні таких методів до розташування автотранспорту мають бути враховані як перераховані вище загальні вимоги, так і особливості автомобілів як саморухомих установок.

Оскільки задача є комбінаторною і має NP-складність [2], то на практиці застосовуються алгоритми, які дають наближену відповідь. Переважно такі алгоритми орієнтовані на вхідні дані стаціонарної природи. Серед них заслуговують уваги поліноміальні алгоритми Next Fit Decreasing High (NFDH), First Fit Decreasing High (FFDH), Split Fit, Knapsack 0-1, Burke та інші [3]. Проте, як показує аналіз, вони не забезпечують високих показників щільності розміщення об'єктів з різними геометричними розмірами, як у випадку з автотранспортними засобами, та не відповідають вимогам прикладної галузі.

Для підвищення щільності розміщення автотранспорту на поромах пропонується удосконалений метод двовірної упаковки контейнера такого змісту. Процес заповнення контейнера розглядається як процес заповнення  $n$  прямокутних полігонів – площин вільного простору. Дані

площини формуються після кожної вставки нового прямокутника і є підпросторами залишкового простору, який утворився після розміщення у контейнері попередніх елементів вхідного масиву. Отже, на початковому кроці алгоритму розглядається одна початкова площина, яка відповідає площі всього контейнеру. Далі виконується перевірка можливості розміщення поточного прямокутника у поточній площині. При успішному виконанні цього кроку відбувається розбивка залишкового вільного простору на окремі полігони, які визначені сторонами розміщеного прямокутника, що межують з вільним простором. На наступних кроках алгоритму відбувається повторення зазначених процедур з тією відмінністю, що досліджується можливість розміщення наступних елементів масиву у кожному з новоутворених полігонів. У ситуації багатоваріантності вибору рішення обирається полігон, який відповідає встановленому загальному правилу заповнення контейнера. У наведеному на рис. 1 прикладі таким правилом є «Left-Upper», тобто розташування елементів масиву максимально близько до верхньої та лівої меж зображеного контейнера.

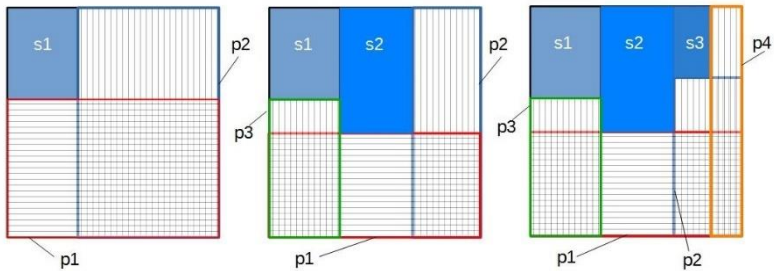


Рисунок 1 – Породження вільних підпросторів контейнера у процесі його заповнення: s1, s2, s3 – розміщені елементи вхідного масиву, p1, p2, p3, p4 – межі новоутворених підпросторів

Таким чином, у запропонованому алгоритмі двомірної упаковки контейнера, на відміну від існуючих поліноміальних методів, при вирішенні задачі упаковки розглядається не статичний простір, а динамічна множина породжених на поточному кроці упакування прямокутних полігонів, доступних для виконання розміщень наступного кроку. Такий підхід, за умови управління пріоритетністю заповнення полігонів та застосування відповідного алгоритму розміщення елементів вхідного масиву, дозволяє мінімізувати утворення у площині контейнера областей, закритих для розміщення вантажів, що створює передумови досягнення вищого коефіцієнта використання простору контейнера у порівнянні з

існуючими поліноміальними алгоритмами. Розроблений алгоритм може бути використаний як безпосередньо при вирішенні завдань заповнення транспортних контейнерів, так і при оптимізації використання транспортних одиниць у дискретизованому транспортному потоці в задачах з більшим числом умов та обмежень. Поточні результати впровадження метода у логістичну діяльність морських перевізників підтверджує його практичну ефективність у зазначеній галузі.

#### **Список використаних джерел**

1. Жуков Е. И. Технология морских перевозок: Учеб. для вузов морск. трансп. // Е. И. Жуков, М. Н. Письменный – 3-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1991. – 335 с.
  2. Смирнов А. В. О задаче упаковки в контейнеры / А. В. Смирнов // УМН. – 1991. – Т. 46, выпуск 4(280). – С. 173 – 174.
- Степанова Е. Про двумерную упаковку: offline алгоритмы [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://habrahabr.ru/post/136225/>

УДК 62-752+62-755 : 641.514.7

### **ОПТИМІЗАЦІЯ 3D-МОДЕЛЮВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ ВІДЦЕНТРОВОЇ СОКОДАВКИ З КУЛЬОВИМ АВТОБАЛАНСИРОМ ПРИ ІМПУЛЬСНІЙ ЗМІНІ НЕЗРІВНОВАЖЕНОСТІ ЇЇ СИТА**

В. В. Гончаров, Г. Б. Філімоніхін

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Україна*

Ефективним способом балансування роторів, дисбаланс яких змінюється в процесі роботи, є їх зрівноваження на ходу пасивними автобалансирами (АБ). При цьому виникає задача оптимізації параметрів АБ. На сьогодні такі дослідження проведені (на натурних стендах та 3D моделях деяких машин) при мінімізації залишкових вібропришвидшень [1] та тривалості перебігу перехідних процесів (ПП) [2] на етапах розбігу та вибігу роторів при незмінній початковій незрівноваженості. Отримані результати застосовні для: приводів CD/DVD дисків, барабанів пральних машин, екстракторів, центрифуг, сепараторів, крильчаток вентиляторів, роторів авіаційних двигунів, тощо, в яких незрівноваженість стала або змінюється повільно. А от балансування роторів при імпульсній зміні незрівноваженості на крейсерській швидкості (що має місце при роботі відцентрових дробарок, ручних шліфувальних машин, відцентрових сокодавок (ВСД), барабанів деяких екстракторів, тощо) не досліджувалось.

У даній роботі, з використанням 3D-моделювання і запропонованої в [1, 2] методики, оптимізуються параметри ВСД та кульового АБ (мінімізується тривалість перебігу ПП) при імпульсній зміні незрівноваженості на крейсерській швидкості обертання ротора.

Імпульсна зміна незрівноваженості сита моделюється в модулі Cosmos Motion з використанням інструменту «Action Only». Вектори сил прикладаються до сита у площині, перпендикулярній осі обертання. Силам надаються три різні дискретні значення – мале (15 Н), середнє (70 Н) та велике (96 Н). Кулі в двохкульовому АБ при цьому розходяться, відповідно, на  $163^\circ$ ,  $90^\circ$  і  $30^\circ$ .

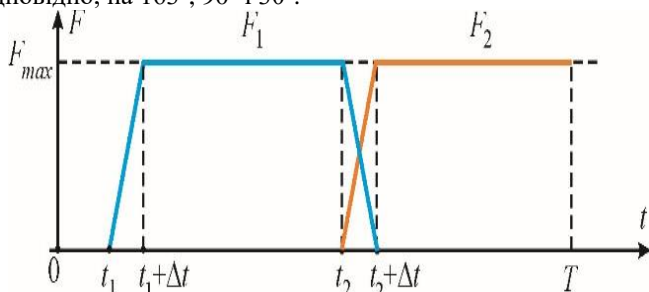


Рис. 1. Моделювання імпульсної зміни незрівноваженості сита

Процес моделювання імпульсної зміни незрівноваженостей показаний на рис.1.

На рис. 1 показані такі інтервали часу:  $[0; t_1)$  – сито розганяється до крейсерської швидкості обертання;  $[t_1; t_1 + \Delta t)$  – «включається» сила  $F_1$  ( $\Delta t = 0,05$  с);  $[t_1 + \Delta t; t_2)$  – гарантовано настає автобалансування і кулі приходять у перше автобалансувальне положення;  $[t_2; t_2 + \Delta t)$  – «виключається» сила  $F_1$  і «включається» сила  $F_2$ ;  $[t_2 + \Delta t; T)$  – гарантовано настає автобалансування і кулі приходять у друге автобалансувальне положення.

На прикладі двохкульового АБ проведена класифікація найнесприятливіших відносно тривалості перебігу ПП змін незрівноваженостей сита. Це зміни, при яких кулям потрібно для приходу в автобалансувальне положення здійснити найбільше переміщення вздовж бігової доріжки. Основними з них є поворот вектора незрівноваженості навколо осі обертання ротора на:

- $90^\circ$  у випадку малих незрівноваженостей (кожна куля при цьому зміщується по біговій доріжці на кут  $90^\circ$ );
- $180^\circ$  у випадку середніх та великих незрівноваженостей (кожна куля при цьому зміщується по біговій доріжці на кут від  $90^\circ$  до  $180^\circ$ ).

Проводились експерименти двох типів при фіксованій балансувальній ємності АБ.

*Експеримент 1.* Перевірялась працездатність методики, запропонованої в роботі [1, 2], для випадку імпульсної зміни незрівноваженості; досліджувався вплив кількості куль  $n$  (при фіксованому радіусі куль) на тривалість перебігу ПП. Кількість куль приймалась рівною  $n=2;3;4$  шт. Радіус бігової доріжки АБ визначався з умови незмінності балансувальної ємності АБ [3].

Для кожної пари значень  $(F_{max}, n)$  проводився багатофакторний експеримент. В якості функції регресії вибрана функція [2]:

$$\ln^3(t_3 - t_p) = c_0 + \sum_{i=1}^n c_i x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_i x_j,$$

де  $t_3$  – час затухання ПП,  $t_p$  – час розгону ротора;  $c_0$  – вільний член регресії;  $c_i, c_{ij}$ ,  $i, j = 1, 2, \dots, n$  – коефіцієнти регресії;  $x_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  – керуючі фактори. В якості керуючих факторів вибрані параметри  $k_o, b_o, b_b$  – відповідно, коефіцієнт сил пружності і в'язкості опор ВСД та в'язкого опору відносному руху куль.

У межах кожного багатофакторного експерименту по отриманій функції регресії проводилась оптимізація тривалості перебігу ПП за керуючими факторами.

*Експеримент 2.* Досліджувався вплив радіуса бігової доріжки АБ на тривалість перебігу ПП при фіксованій кількості куль в АБ ( $n=4$ ). Радіус бігової доріжки приймається рівним  $R=31,86; 41,60; 52,36$  мм. При цьому радіус куль визначався з умови незмінності балансувальної ємності АБ [3].

Аналогічно експерименту 1, для кожної пари  $(F_{max}, R)$  проводився багатофакторний експеримент і оптимізація параметрів.

В таблицях 1, 2 наведено результати оптимізації тривалості перебігу ПП за результатами багатофакторних експериментів, отриманих на основі експериментів, відповідно, 1 та 2. Тут показані найменші значення тривалості перебігу ПП  $t_{tr}$  та відповідні значення керуючих факторів  $b_o, b_b$ .

Табл. 1.

№ п/п	$F_{max},$ Н	$n, \text{ шт.}$								
		2			3			4		
		$t_{tr}, \text{ с}$	$b_o$	$b_b$	$t_{tr}, \text{ с}$	$b_o$	$b_b$	$t_{tr}, \text{ с}$	$b_o$	$b_b$
			Н с/мм $10^3$			Н с/мм $10^3$			Н с/мм $10^3$	
1	15	1,98	3	0,25	0,35	45	1,0	0,31	45	1,0
2	70	0,53	45	1,00	0,43	45	1,0	0,35	45	1,2
3	96	0,54	45	0,60	0,39	45	1,2	0,36	45	1,2

Табл. 2.

№ п/п	$F_{max}$ , Н	$R$ , мм								
		31,86			41,6			51,34		
		$t_{lr}$ , с	$b_o$	$b_b$	$t_{lr}$ , с	$b_o$	$b_b$	$t_{lr}$ , с	$b_o$	$b_b$
			Н с/мм $10^3$			Н с/мм $10^3$			Н с/мм $10^3$	
1	15	0,31	45	1,0	0,34	45	0,6	0,38	45	0,35
2	70	0,35	45	1,2	0,49	45	0,37	0,54	45	0,26
3	96	0,36	45	1,2	0,60	45	0,37	0,64	45	0,19

Висновки:

1. 3D моделювання є ефективним методом оптимізації параметрів роторної машини з АБ при імпульсній зміні незрівноваженості.

2. Запропонована в роботах [1, 2] методика оптимізації параметрів ВСД є ефективною і у випадку мінімізації тривалості перебігу ПП при імпульсній зміні незрівноваженості на крейсерській швидкості руху ротора.

3. Підтверджено раніше отримані теоретичні результати про те, що збільшення кількості куль та зменшення радіусу бігової доріжки призводить до зменшення тривалості перебігу ПП.

4. Виявлена залежність оптимальних значень параметрів ВСД і АБ від величини незрівноваженості. Залежність істотна тільки для двохкульового АБ і слабшає із збільшенням кількості куль в АБ. При цьому:

– жорсткість опор практично не впливає на найменше значення тривалості перебігу ПП; це пояснюється тим, що жорсткість впливає, в основному, на частоту вільних коливань корпусу і майже не впливає на швидкість згасання цих коливань;

– в'язкість опор ВСД не впливає на тривалість перебігу ПП при великій кількості куль ( $n > 2$ ); виключенням є випадок двохкульового АБ і малої незрівноваженості (кулям потрібно більше часу, щоб «відчути» зміну незрівноваженості);

– оптимальне значення сил в'язкого опору відносному руху куль зменшується при збільшенні радіуса бігової доріжки і не зменшується при збільшенні кількості куль.

5. Не рекомендується використовувати двохкульові АБ на практиці, у теоретичних і експериментальних дослідженнях перехідних процесів.

6. При розбігу ВСД з фіксованою незрівноваженістю та при імпульсній зміні незрівноваженості сита на крейсерській швидкості:

– тенденції впливу радіуса бігової доріжки АБ та кількості куль в АБ на тривалість перебігу ПП є ідентичними;

– майже усі відповідні оптимальні значення параметрів АБ і ВСД (крім коефіцієнта сил в'язкого опору відносному руху куль) співпадають;

– оптимальні значення коефіцієнта сил в'язкого опору відносному руху куль при розбігу є меншими від відповідних значень при імпульсній зміні незрівноваженості на 35–50%.

### **Література**

1. Гончаров В. В. Методика оптимизации параметров шарового автобалансира на примере минимизации установившегося виброускорения 3D модели центробежной соковыжималки / В. В. Гончаров, Г. Б. Филимоныхин // Восточноевропейский журнал передовых технологий. – 2014. – т. 1, № 7 (67).– С. 9–14.
2. Гончаров В. В. Оптимизация параметров центробежной соковыжималки с автобалансиром минимизацией времени наступления автобалансировки / В. В. Гончаров, Г. Б. Филимоныхин // Восточноевропейский журнал передовых технологий. – 2014.– т. 2, № 7 (68).– С. 28–32.
3. Goncharov V. An increase of the balancing capacity of ball or roller-type auto-balancers with reduction of time of achieving auto-balancing / V. Goncharov, G. Filimonikhin, A. Nevdakha, V. Pirogov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017.– v. 1, № 7 (85).– P. 15–24.

УДК 531.8

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФЕРМЕНТАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ СПИРТОВОГО БРОДІННЯ**

Я.Є.Борисюк

*Національний університет імені Івана Франка, Україна*

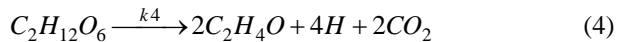
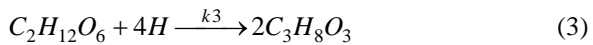
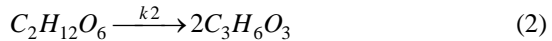
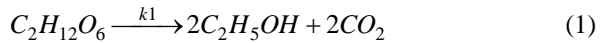
Велика кількість практичних задач оптимізації і управління мікробіологічними процесами вимагають інформації про закономірності кінетики цих процесів, тобто їх динамічної реакції на зміну умов культивування. Механізм ферментативних реакцій є досить складний, а тому побудова ефективних математичних моделей ферментативного каталізу та їх дослідження є актуальними, хоча і пов'язані з певними труднощами [1,2]. Побудована нами математична модель розглядає біологічний процес як хімічний, в якому реагенти (субстрати) перетворюються в цільові продукти (біомасу або продукти метаболізму) шляхом багатостадійних хімічних реакцій з участю ферменту. Вважається, що кінетика цих реакцій формально підпорядковується закону дієвих мас.



У побудованій моделі відображена динаміка зміни концентрацій різних складових елементів біологічної системи, що визначається швидкостями окремих елементарних стадій.

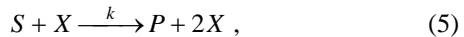
Спиртове бродіння означає виключно утворення спирту відповідно до рівняння (1). Насправді не всі молекули глюкози піддаються такому перетворенню; деяка кількість їх розкладається в процесі гліцеринопіровиноградного бродіння відповідно до рівняння Нейберга [1]. Поряд з гліцерином утворюється піровиноградна кислота; вона є основою для утворення різних другорядних продуктів.

Для побудови математичної моделі прийемо до уваги стехіометрію процесу:



Позначення:  $y_1$  – концентрація глюкози [  $C_2H_{12}O_6$  ];  $y_2$  – концентрація етанолу [  $C_2H_5OH$  ],  $y_3$  – концентрація гліцерину [  $C_3H_8O_3$  ],  $y_4$  – концентрація водню [  $H$  ],  $y_5$  – концентрація молочної кислоти [  $C_3H_6O_3$  ],  $y_6$  – концентрація ацетальдегіду [  $C_2H_4O$  ],  $y_7$  – концентрація вуглекислого газу [  $CO_2$  ],  $x$  – концентрація ферменту.

Побудуємо модель процесу, яка розглядає мікроорганізми (дріжджі) і субстрат (глюкозу) як незворотно-взаємодіючі компоненти, що приводять до подвоєння біомаси і появи продуктів:



де  $k$  - швидкість реакції.

Тоді у відповідності до (1)-(4), отримаємо кінетику процесу:

$$\begin{aligned} \frac{dy_1}{dt} &= -(k_1 + k_2 + k_4)y_1x - 4k_3y_1y_4^4x \\ \frac{dy_2}{dt} &= k_1y_1x/2 \\ \frac{dy_3}{dt} &= 2k_3y_1y_4^4x \end{aligned} \quad (6)$$

$$\frac{dy_4}{dt} = \frac{1}{4}(k_4 y_1 x - k_3 y_1 y_4^4 x)$$

$$y_1(0) = y_{10}, \quad x(0) = x_0, \quad y_1(0) = y_4(0) = 0, \quad y_3(0) = y_{30}$$

У припущенні, що  $\frac{dy_4}{dt} = 0$  із (6) отримуємо:

$$\frac{dy_1}{dt} = -(k_1 + k_2 + 5k_4)y_1 x$$

$$\frac{dy_2}{dt} = k_1 y_1 x / 2$$

$$\frac{dy_3}{dt} = 2k_4 y_1 x \quad (8)$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{1}{2}(k_1 + k_2 + 5k_4)y_1 x$$

$$y_1(0) = y_{10}, \quad x(0) = x_0, \quad y_1(0) = 0, \quad y_3(0) = y_{30}$$

Перейдемо до безрозмірних змінних. Уведемо безрозмірний час

$$\tau = k_1 x_0 t, \quad \text{концентрації} \quad \tilde{y}_1 = \frac{y_1}{y_{10}}, \quad \tilde{y}_2 = \frac{y_2}{y_{10}}, \quad \tilde{y}_3 = \frac{y_3}{y_{10}}, \quad \tilde{x} = \frac{x}{y_{10}},$$

$$\varepsilon = \frac{x_0}{y_{10}}.$$

Позначимо:  $a = \frac{k_4}{k_3}$ ,  $b = \frac{k_2 + 5k_4}{k_1}$ , тоді систему (8) перепишемо у

вигляді:

$$\varepsilon \frac{d\tilde{y}_1}{dt} = -(1+b)\tilde{y}_1 \tilde{x}$$

$$\varepsilon \frac{d\tilde{y}_2}{dt} = \tilde{y}_1 \tilde{x} / 2$$

$$\varepsilon \frac{d\tilde{y}_3}{dt} = 2a\tilde{y}_1 \tilde{x} \quad (9)$$

$$\varepsilon \frac{d\tilde{x}}{dt} = \frac{1}{2}(1+b)\tilde{y}_1 \tilde{x}$$

$$\tilde{y}_1(0) = 1, \quad \tilde{x}(0) = \varepsilon, \quad \tilde{y}_1(0) = 0, \quad \tilde{y}_3(0) = y_{30} / y_{10} \quad (10)$$

З системи (9)-(10) легко отримуються співвідношення між концентраціями речовин:

$$\tilde{y}_2 = \frac{(1 - \tilde{y}_1)}{2(1 + b)}, \quad \tilde{y}_3 = 4a\tilde{y}_2 + y_{30}, \quad \tilde{y}_1 = 1 + 2\varepsilon - 2\tilde{x}, \quad \tilde{x} = \varepsilon + (1 + b)\tilde{y}_2.$$

Для розв'язання нелінійної системи звичайних диференціальних рівнянь, використано неявний 5-ти стадійний метод Рунге-Кутта [3] та метод експоненціальної підгонки [4].

На рис.1 зображену динаміку зміни концентрацій речовин при  $\varepsilon = 0.1$ ,  $\alpha = 0.015$ ,  $b = 0.02$ .

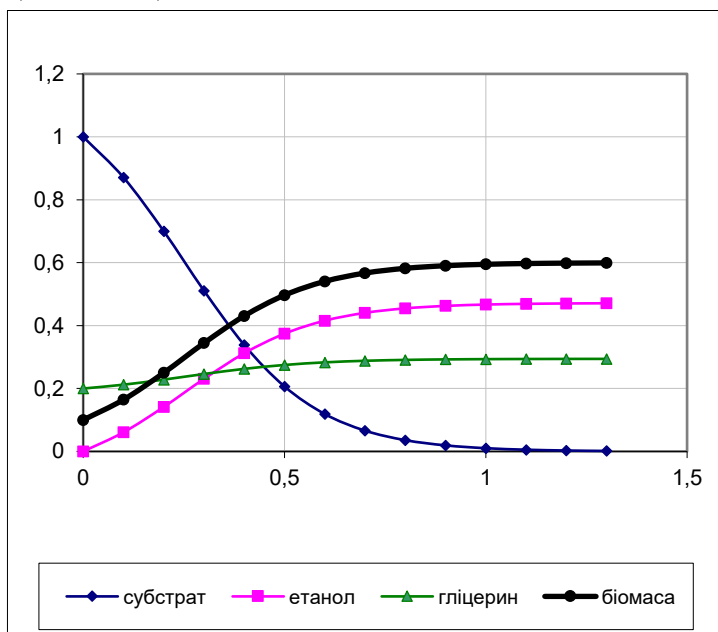


Рис. 1. Динаміка зміни з часом концентрацій субстрату (глюкози), етанолу, гліцерину та біомаси

### Література

1. Варфоломеев С.Д., Гуревич К.Г. Биокинетика: Практический курс.- М.: ФАИР-ПРЕСС, 1999.-720 с.
2. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математическое моделирование в биофизике.- М.: Наука, 1975. - 342 с.
3. Хайрер Э., Нерсетт С., Ваннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Нежесткие задачи. - М.: Мир, 1990. - 512 с.
4. Дулан Э., Миллер Дж., Шилдерс У. Равномерные численные методы решения задач с пограничным слоем. - М.: Мир, 1983. - 200 с

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СБОРОЧНОЙ ОПЕРАЦИИ ВАЛ-ВТУЛКА

В.В. Карташев, В.А. Карташев, Г.К. Боровин,  
А.А. Кириленко, А.В. Протопопов  
*ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, РФ*

В настоящее время численное моделирование движения механической системы тел широко используются в конструкторских расчетах. Программные системы, которые осуществляют такое моделирование [1,2], основаны на численном интегрировании уравнений динамики.

В начале работы пользователь описывает кинематическую схему механической системы на специальном языке графических примитивов. После того, как кинематическая схема задана, система моделирования с помощью известного алгоритма теоретической механики автоматически выводит уравнения Лагранжа второго рода. Таким образом, принципиальным условием для использования рассматриваемых моделирующих комплексов является возможность описания взаимодействия системы тел с помощью кинематической схемы, которая не должна меняться за все время моделирования.

На практике достаточно часто возникает необходимость моделирования движения механической системы, в которых эти условия не выполняются. В работе рассматривается одна из таких задач – задача моделирования вставления сборочным манипулятором вала в отверстие втулки базовой детали.

В этой сборочной операции можно выделить 4 фазы: опускание вала до касания с базовой деталью, скольжение вала по фаске отверстия, скольжение края отверстия по боковой поверхности вала, опускание вала внутрь втулки. В первых трех фазах операции вал и втулка касаются друг друга в одной точке. В заключительной фазе движения касание происходит в двух точках. Таким образом, в процессе сборки кинематическая схема изменяется 4 раза. Неудобство использования имеющихся программных комплексов для моделирования сборочных операций обуславливает необходимость создания специализированных систем моделирования.

В докладе рассматривается программный комплекс, в основе которого лежит геометрическое моделирование взаимного положения тел.

Предполагается, что базовая деталь закреплена неподвижно. Вал зажат в схвате манипуляционного робота. Вал и втулка являются абсо-

лютно твердыми телами цилиндрической формы, между которыми в собранном положении имеется некоторый зазор. Втулка имеет фаску с углом  $45^\circ$ .

Ось отверстия втулки вертикальна. Перед началом сборки ось вала также вертикальна и может быть смещена относительно оси отверстия. Масса вала и трение между валом и втулкой не учитываются.

Верхняя часть вала зажата в схвате манипулятора. Сборка выполняется опусканием вала вертикально вниз.

Под действием сил и моментов, которые действуют на вал со стороны втулки, манипулятор смещается в горизонтальном направлении, ось вала наклоняется в схвате. Зависимости смещения манипулятора и наклона оси вала от величины и момента сборочных усилий известны.

В процессе моделирования определяются величина сборочного усилия и диапазон начальных отклонений оси вала, при котором сборка возможна (геометрическая зона собираемости).

Движение вала моделируется перемещением его вниз с некоторым шагом. Момент времени возникновения контакта между валом и втулкой определяется методом итерационного приближения с учетом проверки наличия и отсутствия общих точек между ними.

На рис. 1 представлена структурная схема моделирующего комплекса.

Моделирование начинается вводом параметров сборочной операции: размеров вала и отверстия, начального смещения оси вала, параметров, зависимостей между смещением и наклоном вала и силой и моментом, которые действуют со стороны манипулятора, шага опускания вала и параметров, которые определяют точность моделирования.

На каждом шаге моделирования вертикальная координата вала уменьшается на постоянную величину. Далее определяется, какой из четырех фаз движения соответствует взаимное положение вала и втулки. Если координата вала достигла заданной высоты, то моделирование заканчивается. Если требуемая высота не достигнута, то решается задача определения смещения и наклона вала, при котором он касается поверхности отверстия и выполнены уравнения механики.

Решение этой задачи содержит две вложенные подзадачи минимизации, каждая из которых решается методом итераций. Первая из них - определение смещения и наклона вала, при которых он касается втулки. Она решается на каждой итерации поиска решения второй задачи - минимизации невязки уравнений механики.



Рис. 1

В результате решения этой задачи становятся известны положение вала в пространстве на очередном шаге моделирования, действующие силы, моменты и сборочное усилие, которое должен развить манипулятор. Найденное положение вала в системе, действующие силы и моменты отображаются на дисплее (рис. 2).

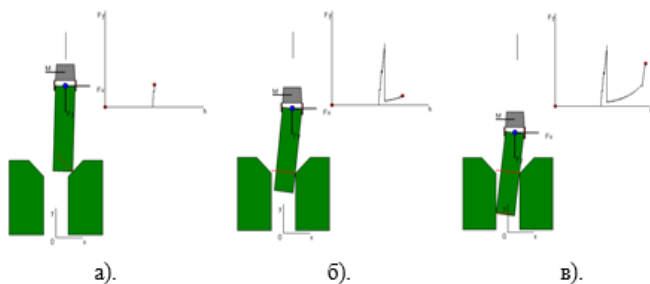


Рис. 2

**Заключение.** В работе описывается моделирующий комплекс, который моделирует движение манипулятора в сборочной операции вставки вала в отверстие. Комплекс построен с использованием геометрической модели контактных взаимодействий системы тел.

Эксперименты по моделированию сборочной операции вставки вала в отверстие, показали, что для механических систем, содержащих несколько тел с достаточно простой поверхностью, геометрические расчеты и графическая визуализация выполняются в масштабе реального времени. Точность расчетов линейно зависит от величины шага моделирования. Алгоритм устойчив к точности вычисления в достаточно широком интервале изменения шага моделирования.

### **Литература**

1. Тихонов К.М., Тишков В.В. SimMechanics Matlab как средство моделирования динамики сложных авиационных робототехнических систем: Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск №41.
2. Начинаем работать в программном комплексе «Универсальный механизм» [http://student-madi.ru/DLRs/MODEL-MS/MODEL-UM/UM/gS\\_UM.pdf](http://student-madi.ru/DLRs/MODEL-MS/MODEL-UM/UM/gS_UM.pdf).

УДК 004.5

## **МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ «ОПЕРАТОР – ВЕРСТАТ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ»**

О.І. Лактіонов

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Україна*

Відомо, що узагальнений показник ефективності системи визначається: «порівнянням отриманих результатів від функціонування цієї системи і затрат усіх видів ресурсів, необхідних для створення, дії та розвитку цієї системи» [1]. При визначенні ефективності інформаційної технології у сфері виробництва необхідно враховувати оцінки дій та поведінки конкретних працівників та їх самооцінки.

Проблему визначення ефективності інформаційних технологій активно вивчали вчені різних наукових галузей: О. Ю. Мулес, В.Є. Снітюк, С.О. Герзанич [2], О.В. Щербаков, Є.С. Луценко [3], А.В. Підгорний [4], К.Ю. Білецька [5], С. Андерберг, С. Кара [6], І.Л. Волчкевіч, Н. М. Васеніна [7], А.А. Орехова, В.С. Харченко [8] й інші.

При розробці методики визначення ефективності інформаційної технології функціонування системи «оператор-верстат з числовим програмним керуванням» (далі ЧПК) опиралися на існуючі міжнародні нормами і стандарти [9; 10; 11; 12; 13]. У нашому дослідженні, ефективність інформаційної технології фіксується як залежність між сумарною

величиною затрат часу на підготовку токарного верстата з ЧПК до роботи оператором і емпіричним значенням рівня числової величини цілісного розвитку особистості – індексу професійної компетентності оператора, який об'єднує дві множини оцінок – самооцінки і оцінки експертів, єдиними індикаторами яких є показники посадової інструкції працівника.

Обсяг часу, який витрачає оператор для пуску верстата є стійким показником ефективності діяльності головного елемента соціальної системи – оператора верстата ЧПК який діагностується за переліком єдиних індикаторів міжнародного стандарту ISO 18529, на основі яких ми отримуємо самооцінки оператора та оцінки його експертів, за визначеними критеріями [15]. У нашому дослідженні самооцінки множини самооцінок і оцінок експертів об'єднуються у інтегровану числову величину – індекс професійної компетентності ( $I_{ПК}$ ) даного оператора, який будується з урахуванням алгоритму відомого індексу М.П. Лебедика [14].

У відповідності з нашою гіпотезою – «чим вищий індекс професійної компетентності оператора, тим менші сумарні затрати часу на підготовку верстата до роботи», вказане співвідношення є функціональною залежністю –  $ПК = K \cdot \sum ti$ , яка взята за основу формули для визначення ефективності інформаційної технології (КІТ)

$$K_{IT} = \frac{I_{ПК} \cdot k_p}{\sum t_n + \sum t_o}, \quad (1)$$

де  $K_{IT}$  – показник ефективності інформаційної технології, який узгоджує співвідношення оцінок інтегрованих якостей особистості оператора і сумарного часу на підготовку ним верстата з ЧПК до роботи;

$I_{ПК}$  – індекс професійної компетентності оператора, емпіричні інтегровані оцінки з інтервалом 0,5, у межах від 1 до 5;

$t_n$  – час технічної підготовки верстата оператором, хв.;

$t_o$  – час вивчення оператором технічних завдань і осмислення мети, змісту, методів, трудових операцій, мотивації, хв.;

$k_p$  – коефіцієнт розряду оператора, з відповідним коефіцієнтом питомої ваги (шостий  $k_p=0,5$ ; п'ятий  $k_p=0,3$ ; четвертий  $k_p=0,2$ ).

На початковому (1-й діагностичний зріз, 2016 р.) етапі у дослідженні приймали участь 201 оператори з різними емпіричними значеннями індексу професійної компетентності, які розділилися на три підгрупи: 1) елементарний (2,1 – 3,0); 2) достатній (3,1 – 4,0); 3) високий



(4,1 – 5,9). Дослідження проводилося на базі машинобудівних підприємств у м. Карлівка, м. Полтави та м. Харкова.

При повторному діагностичному замірові із 201 оператора обрано лише 24 оператори (2-й етап дослідження, 2017 р.), які підвищували свою кваліфікацію (розряд). Метою дослідження – є визначення рівня готовності кожного оператора до атестації. Емпіричні значення індексу професійної компетенції та сумарної величини часу, що тратить оператор при підготовці верстата з ЧПК до роботи показані у вигляді порівняння даних останнього із попереднім діагностичними зрізами оцінок кожного оператора (див. Рис. 1).

По вертикальній вісі фіксувалися емпіричні сумарні значення часу, а горизонтальні – індексу оператора. Розподіл емпіричних значень 24 операторів, які подали заявки на підвищення своїх розрядів (2-й діагностичний зріз) підкоряється лінійній залежності за формулою  $y = -3,1043x + 30,37$ , де апроксимація – 0,76.

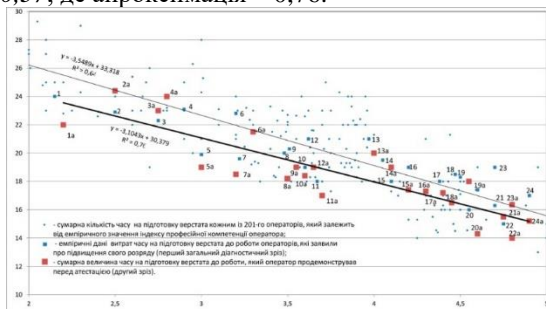


Рис. 1 Порівняльні емпіричні дані рівня і динаміки готовності операторів верстата з ЧПК до атестації

За результатами державної атестації з 24 операторів не підвищили рівень розряду 4 чол. (див. порівняння на Рис.1 емпіричних значень операторів за їх номерами – №2а, №4а, №13а і №14а). Прогностично, вони не продемонстрували необхідний рівень готовності до проходження процедури державної професійної атестації.

Оператори, які успішно пройшли атестацію, як правило, демонстрували зростання індексу професійної компетенції  $I_{ПК}$ , та зменшення сумарного часу,  $\sum t_i$ , хв., на операційну підготовку верстата до роботи, що підтверджує нашу головну гіпотезу.

Таким чином, з великою ймовірністю, демонструється низька готовність до атестації у тих операторів, у яких знижується індекс професійної компетенції і збільшується час на підготовку верстата до роботи. Це пояснюється недостатньою сформованістю знань, умінь, професійно-

важливих якостей, мотивації, і суспільно значимих цінностей, які визначаються оператором верстата з ЧПК.

Дана методика може бути використана при підготовці до атестації операторів й інших галузей, але з використанням їх відомчих стандартів. Тому у новостворених модифікованих методиках будуть використовуватися їх індикатори для отримання емпіричних значень самооцінок і оцінок експертів для індексу професійної майстерності та сумарного бюджету часу для підготовки оператором об'єкту до роботи.

### **Література**

1. Бібліотека економіста. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://library.if.ua/book/119/8008.html>
2. Мулес О.Ю. Принципи і задачі інформаційно-аналітичного супроводу процесів пренатального консультування / О.Ю. Мулес, В.Є. Снітюк, С.О. Герзанич. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – №3. – С. 29–35.
3. Щербаков О. В. Оцінка ефективності тестування програмного забезпечення на основі аналізу кількості та критичності знайдених дефектів / О.В. Щербаков, Є.С. Луценко. // Системи обробки інформації. – 2011. – С. 88–92.
4. Підгорний А. Н. Ефективність виробництва – головний показник результативності функціонування сільськогосподарського підприємства / А. Н. Підгорний // Продуктивність агропромислового виробництва. економічні науки. - 2014. - Вип. 25. - С. 126-131.
5. Білецька К. Ю. Сутність категорії "Економічна ефективність виробництва" / К. Ю. Білецька // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - 2014. - Вип. 150. - С. 74-81.
6. Anderberg S. Energy and Cost Efficiency in CNC Machining from a Process Planning Perspective [Електронний ресурс] / S. Anderberg, S. Kara Режим доступу до ресурсу: <https://www.divaportal.org/smash/get/diva2:445222/FULLTEXT01.pdf>.
7. Волчкович И.Л. Методика исследования фактической производительности станков с ЧПУ в условиях многономенклатурного производства / И. Л. Волчкович, Н. М. Васенина. // Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". – 2014. – №11. – С. 132–150.
8. Орехова А. А. Нормативная база и оценка качества человеко-машинных интерфейсов на основе safety case методологии / А. А. Орехова, В. С. Харченко. // Інженерія програмного забезпечення. – 2011. – №4. – С. 22–34.

9. ISO/IEC TR 9126-4:2004, Software engineering — Product quality — Part 4: Quality in use metrics
10. ISO 13407: Human Centred Design Process for Interactive Systems [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ash-consulting.com/ISO13407.pdf>.
11. ISO/TR 18529:2000 Ergonomics — Ergonomics of human-system interaction — Human-centred lifecycle process descriptions
12. ISO 14915-2:2003 Software ergonomics for multimedia user interfaces — Part 2: Multimedia navigation and control
13. ISO 16071:2009 Standards and guidelines for making accessible software
14. Моргун В. Ф. Индекс Лебедика как средство диагностики и целостного развития личности // Воспитательная работа в школе. – М., 2012. – № 4. – С.91-96.
15. Лактіонов О. І. Индекс професійної компетентності оператора верстата з числовим програмним керуванням / О. І. Лактіонов // Телекомунікаційні та інформаційні технології науковий журнал Державний університет телекомунікацій Київ. – 2016. – №3. – С. 100–105

УДК 629.734

## **СУПРОВОДЖЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ПЛАНУЮЧИХ ПАРАШУТНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ СТРУКТУРНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ**

В.А. Дмитрієв, В.О. Кузнецов, А.Г. Павленко

*Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України*

Висока вартість льотних експериментів з парашутними системами (ПС), обмежені можливості наземного експериментального обладнання, а також інтенсивний розвиток інформаційних технологій зумовили значне підвищення ролі математичного моделювання та обчислювального експерименту у дослідженні властивостей ПС. Означений напрямок методології наукових досліджень ПС базується на створенні та використанні структурних математичних моделей (ММ) функціонування компоновок “об’єкт+ПС”, що передбачає широке застосування та синтез сучасних чисельних методів механіки суцільного середовища.

Під структурною ММ функціонування ПС розуміється сукупність вихідних даних, гіпотез та припущень, логіко-математичних співвідношень, алгоритмів та програм, засобів одержання, обробки та відображення інформації, яка забезпечує оперативне відтворення і дослідження

на ПЕОМ явищ та процесів функціонування ПС у реальних та віртуальних умовах експлуатації з потрібною для прийняття правильних рішень точністю [1].

Формування таких ММ може здійснюватися двома шляхами. Перший з них передбачає побудову моделі на основі відомої апріорної інформації про об'єкт та обрис ПС, а саме:

маса та геометричні розміри об'єкту, його аеродинамічні та інерційні характеристики;

обрис ПС, що формується з уніфікованих парашутів, для яких є наявними масові та аеродинамічні дані трубних експериментів, або попередньо розраховані тим чи іншим чисельним методом характеристики. Цю модель прийнято називати структурною ММ супроводження.

Другий шлях передбачає створення ММ паралельно разом з ПС у процесі її проектування, починаючи з формування обрису ПС й завершуючи комплексним розрахунком її формуутворення, масових, міцнісних, аеродинамічних та аеропружних характеристик, що є вихідними даними для рівнянь балістики. Така модель одержала назву структурної ММ проектування ПС. Вона має застосовуватися при проектуванні ПС в якості основного інтегруючого засобу для вирішення загальносистемних питань та для досліджень процесів навантаження, формоутворення, напружено-деформованого стану та руху ПС з об'єктом у реальних або прогнозованих умовах експлуатації. У подальшому обидві моделі можуть застосовуватися при підготовці до льотних випробувань, у процесі експлуатації та модернізації ПС для вирішення широкого кола прикладних задач, таких як:

попереднє поглиблене вивчення особливостей функціонування ПС, розслідування авіаційних подій, розробка заходів та обґрунтування рекомендацій щодо усунення причин;

визначення статистичних характеристик зовнішніх навантажень, що діють на компоновку "об'єкт + ПС", розрахунку надійності ПС, що проектується;

реалізація стратегії експлуатації ПС за технічним станом, вирішення питань технічного діагностування та контролю за пошкодженнями.

Разом з тим, необхідно зазначити те, що структурна ММ охоплює лише основні, найбільш характерні закономірності функціонування компоновки "об'єкт + ПС" у потоці, та не враховує локальні ефекти, наприклад вторинні відриви на поверхні купола парашута, в'язкопружні властивості парашутних конструкційних матеріалів, напружено-деформовані стани металевих з'єднувальних вузлів (ланок) тощо. Тому, при побудові структурної ММ необхідно відбирати ті властивості об'єкту та

взаємозв'язки між його підсистемами, які є найбільш характерними та визначальними для нього.

До складностей математичного характеру при формуванні структурних ММ відноситься постановка та вирішення “зв'язаних” нелінійних задач аеропружності парашутів. Вони виникають внаслідок фізичної різноманітності окремих частин задачі та відсутності уніфікованого математичного апарату для її комплексного описання. Тому, важливе значення у проблемі структурних нелінійних ММ аеропружності, що формується на основі чисельних методів механіки суцільного середовища та їх синтезу на ПЕОМ, набуває розробка відносно швидких алгоритмів для вирішення складових частин задачі, не пов'язаних фізичною сутністю та способів узгодження даних, що характеризують проблему аеропружності парашутів у цілому.

Як свідчить аналіз публікацій за напрямком дослідження, відомі на теперішній час структурні ММ базуються на використанні сукупності апробованих у розрахунковій практиці проектування ПС таких чисельних методів механіки суцільного середовища, як метод вихрових рамок, метод крупних часток, різницеві методи в аеродинаміці й теорії пружності, методи кінцевих елементів і зосереджених мас. Синтез даних аеродинамічної та пружної частин задачі здійснюється на основі методу “часових” шарів.



Рис. 1. Взаємозв'язок між математичним моделюванням та випробуваннями ПС.

На рис. 1 схематично зображений взаємозв'язок між математичним моделюванням та випробуваннями ПС. У процесі проектування й розробки ПС створюється її апріорна ММ, яка в подальшому використовується в якості вихідної перед початком випробувань. За даними, одержуваними за допомогою цієї ММ, здійснюється планування та проведення випробувань. За результатами випробувань здійснюється ідентифікація структури та параметрів апріорної ММ, уточнення ММ та меж її застосовності [2].

У загальному випадку, основними рівняннями, що описують процес функціонування ПС та входять до складу структурної ММ, є: рівняння нерозривності, рівняння руху газу (Нав'є-Стокса, І.С. Громеко), рівняння пружності у проєкціях на вісі пов'язаної з куполом системи координат (Х.А. Рахматуліна) та рівняння балістики у проєкціях на природні вісі координат.

Частковими випадками означених рівнянь, одержаних для інженерних моделей, є [3]:

рівняння балансу об'єму повітря:

$$\frac{dW(r)}{dt} = n_1 \pi r^2 V - (2\pi r_m^2 - \pi r_{ПО}^2) v_i - n_2 \pi r_{ПО}^2 V, \quad (1)$$

рівняння витрати для течії повітря через тканину:

$$\Delta p = a v_i + b v_i^2; \Delta p = n_0 \frac{\rho V^2}{2}, \quad (2)$$

формули для аеродинамічного навантаження та шляху наповнення:

$$R(t) = C_{\Pi}(t) \frac{\rho V^2}{2} F_{\Pi}, \quad S_H = C \sqrt{F_{\Pi}}, \quad (3)$$

де:  $W(r)$  – об'єм купола,  $V$  – швидкість польоту,  $n_0, n_1, n_2$  – поправочні коефіцієнти,  $v_i$  – швидкість протікання повітря через тканину купола,  $a, b$  – розмірні коефіцієнти,  $C$  – коефіцієнт шляху наповнення;  $C_{\Pi}$  – коефіцієнт опору парашуту,  $F_{\Pi}$  – площа купола,  $r, r_m, r_{ПО}$  – радіуси купола (відповідно вхідного отвору, міделевого перетину та полюсного отвору).

Розвиток способів застосування плануючих парашутних систем протягом останніх двох десятиріч, а також реалізовані конструкторські рішення обумовлюють особливості побудови ММ їх функціонування та особливості планування льотних експериментів. Так, ММ застосування деяких сучасних плануючих ПС для стрибків з великих висот з відкриттям парашуту на низьких висотах має передбачати зміну компоновки ПС у процесі польоту. Також актуальним завданням дослідження є моделювання зміни характеристик таких ПС при відкритті парашуту.

### **Література:**

1. Лялин В.В., Морозов В.И., Пономарев А.Т. Парашютные системы. Проблемы и методы их решения. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 576 с.
2. Морозов В.И., Пономарев А.Т., Рысев О.В. Математическое моделирование сложных аэроупругих систем. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 1995. – 736 с.
3. Иванов П.И. Летные испытания парашютных систем: методическое руководство для ведущих специалистов по летным испытаниям. – Феодосия: НИИ АУС, 2001. – 333 с.

УДК 004.42

### **ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ АВТОТРАНСПОРТУ ЗА ДОПОМОГОЮ КАМЕР ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ.**

В.В Казимир, Р.В. Заровський, Д. Ю. Юрченко

*Чернігівський національний технологічний університет*

Відеоспостереження в сучасному світі стає звичним і повсякденним інструментом забезпечення громадського порядку, охорони територій і різного роду об'єктів [1-4]. Притому, для більш ефективної роботи таких систем, потрібно вміти швидко і точно обробляти великі обсяги відеоінформації. Широко реалізуються проекти «Безпечне місто», які базуються на обробці відеоінформації з муніципальних камер спостереження. В минулому вагому роль у роботі подібних систем відігравали оператори відеоспостереження ситуаційних(оперативних) центрів. Але, на превеликий жаль, людина не може швидко аналізувати інформацію з набору камер одночасно.

Сучасні системи «Безпечне місто» виконують багато важливих завдань, серед яких можна виділити: моніторинг громадського порядку, моніторинг за дорожнім рухом, пошук злочинців, спостереження за об'єктами тощо. Серед цих завдань особливе місце посідає моніторинг за дорожнім рухом та сумісні з ним задачі.

Оскільки об'єкти в полі зору камери пересуваються з великими швидкостями, то вкрай важливо повністю автоматизувати цей процес. В комплекс завдання моніторингу дорожнього руху входять:

- виявлення порушень правил дорожнього руху, зокрема швидкісного режиму;
- виявлення та відеофіксація ДТП;
- виявлення транспортних засобів, що знаходяться в розшуку;
- тощо.

Однією з найбільш актуальних задач, що дозволяє підвищити безпеку руху, є виявлення порушників швидкісного режиму з подальшою *ідентифікацією* транспортного засобу та оформлення штрафу.

У зв'язку з цим вкрай актуальна є розробка інтелектуального модуля, який може визначати швидкість об'єктів, відображати цю інформацію оператору системи відео спостереження та фіксувати в БД.

Для реалізації цього завдання необхідно використовувати засоби обробки зображень. Була обрана бібліотека `opencv` [5] як найпопулярніший засіб роботи з зображеннями, який до того ж має відкритий код. Оскільки нас цікавлять тільки рухомі об'єкти, то першим кроком є визначення зон руху. Це можна зробити за допомогою декількох методів, таких як: `backgroundsubtractormog`, `backgroundsubtractormog2` та `backgroundsubtractormog` [5]. Найбільш інформативний метод є `backgroundsubtractormog`, який і був обраний для реалізації. Результат роботи даного методу зображений на малюнку 1, на якому білі пікселі визначають зону руху.



Мал.1 Приклад детекції руху.

При обробці відео виконується детекція, ідентифікація та стеження за об'єктами, які рухаються. Оскільки ми працюємо з бінарним зображенням, то детекція відбувається шляхом укладення білих пікселів в певні периметри. В об'єктах зберігається інформація про вершину прямокутника, їхня ширина і висота.



Ідентифікування об'єкта проводиться наступним чином: при обробці наступного кадру приходять дані про місцезнаходження об'єкта в кадрі і, якщо він перетинається з прямокутником із попереднього кадру, то можна з упевненістю сказати, що це один і той же об'єкт. Таким чином, ми призначаємо йому ідентифікаційний номер та продовжуємо стеження за ним. У цього методу є недолік – він не стійкий до колізій. Якщо два об'єкти перетнуться в кадрі, то ми можемо їх переплутати. Що б цього не сталося рекомендується встановлення камери над дорогою, вздовж напрямку руху.

Визначення і обчислення швидкості об'єкта відбувається за рахунок перетину їм умовних ліній. Для цього ми повинні заздалегідь встановити в кадрі ліній перетину, а також реальну дистанцію між ними на трасі (малюнок 2).

Ділянка смуги детекції:

Верхня	Нижня	Дистанція (м)
<input type="text" value="839"/>	<input type="text" value="360"/>	<input type="text" value="17"/>
Максимальна швидкість:		<input type="text" value="90"/>

Мал. 2 Налаштування параметрів.

При перетині лінії об'єктом, ми засікаємо час і при перетині обох, маючи інтервал часу і дистанцію між лініями, ми визначаємо його швидкість. Після цього виводимо отриманий результат на екран. При перевищенні ліміту швидкості об'єктом дана інформація подається оператору, а також надається скріншот для подальшої ідентифікації порушника (малюнок 3).



Мал. 3 Результат детекції швидкості.

Таким чином, запропонований інтелектуальний модуль сприяє підвищенню безпеки дорожнього руху, шляхом того що, дозволяє операти-

вно визначати швидкість рухомих об'єктів в кадрі, а в поєднанні з модулем розпізнавання автомобільних номерів [6] дозволяє ідентифікувати правопорушника.

## Література

1. Видеоаналитика: распознавание лиц, детектор очередей, поиск объектов на видео [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://geektimes.ru/company/ivideon/blog/286168/> (Дата звертання 7.06.2017)
2. Видеонаблюдение в современном мире [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ipvs.ru/information/ipsurveillance/298-cctv-modern-world.html> (Дата звертання 7.06.2017)
3. Про Програму “Безпечне місто Чернігів на 2016-2017 роки” [Електронний ресурс] – Режим доступу до інформації: <http://www.chernigiv-rada.gov.ua/project/rada/8937> (Дата звертання 7.06.2017)
4. «Безопасная столица» следит за тобой: в Киеве установили 3700 камер видеонаблюдения, еще 4000 — в процессе [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ain.ua/2017/01/26/bezopasnaya-stolica-sledit-zatoboj> (Дата звертання 7.06.2017)
5. Метод нормалізації зображення автомобільного номера при його розпізнаванні засобами відеоспостереження / Володимир Казимир, Руслан Заровський, Андрій Радченко // Технічні науки та технології №4 (6) 2016. – С. 120-131

УДК 629.076:623.426

## ПРО ПЛАВНІСТЬ РУХУ БРОНЬОВАНИХ МАШИН

О.О. Акимов<sup>1</sup>, В.Т. Бояров<sup>1</sup>, С.Е. Кузин<sup>1</sup>, І.С. Лупин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Державний науково-випробувальний центр ЗС України

<sup>2</sup>Чернігівський національний технологічний університет

Броньовані машини серійно вироблялися на території бувшого СРСР в значних кількостях. В цей час ці броньовані машина використовуються більш ніж в 50 країнах. Вони має гарну прохідність, але більшість технічних характеристик не відповідають вимогам сьогодення.

Броньовані машини зазнавали в різних країнах чисельних модернізацій основні напрямки яких: підсилення озброєння, підвищення потужності двигуна; модернізація ходової частини; оснащення додатковими люками (з боків, позаду), підвищення захищеності екіпажу.

Модернізація, що веде до збільшення маси двигуна, його центрування, видалення додаткових коліс веде до суттєвої зміни інерційних параметрів, не обґрунтована розрахунками, може значно погіршити плавність ходу машини, динамічні характеристики.

Плавність ходу машини залежить від інерційних, жорсткісних та багатьох інших характеристик машини [1].

Основними випробуваннями машини на плавність ходу є дорожні випробування. При дорожніх випробуваннях визначають вертикальні й горизонтальні віброприскорення, віброшвидкості та вібропереміщення в певних точках машини. Вимірювання повинно забезпечити параметри коливального процесу в частотному діапазоні 0,7-22,5 Гц.

При випробуваннях висуваються вимоги до покриття доріг (асфальтові покриття, бруківка, розбиті ґрунтові дороги). У якості характеристик поверхні доріг приймаються спектральні щільності мікропрофілю й інші показники, що визначають ступінь впливу дороги на автомобіль.

Швидкості руху, при яких реєструються показники коливань залежать від категорії машини й типу випробної ділянки від 10 до 90 км/год.

Довжини ділянок, на яких записуються параметри плавності ходу, установлені при випробуваннях в залежності від виду дороги вибирають від 250 до 1000 м.

Для забезпечення високої плавності ходу, підвіска повинна забезпечити коливання корпусу з частотою 0,8-1,2 Гц.

Жорсткі вимоги до умов випробування, наявності спеціальних вимірювальних засобів, приводить до того, що випробування на плавність ходу майже не проводиться.

Зважаючи, що більшість модернізацій стосуються зміни інерційних та жорсткісних характеристик в певних межах вважається доцільним оцінити плавність ходу розрахунковим методом.

Зважаючи на те, що плавність ходу машини переважне значення має в продовжному напрямку, динамічною моделлю буде одномасова модель, яка має дві ступені вільності: переміщення центра мас машини у вертикальному напрямку- $x$ , кут нахилу ГЦОИ в продовжному напрямку- $\varphi$ .

Аналогічно [2], використовуючи вираз кінетичної та потенціальної енергій, за допомогою рівняння Лагранжа другого роду, одержимо систему диференціальних рівнянь другого порядку, що описує вільні коливання механічної системи у наступному вигляді:

$$\begin{cases} m\ddot{x} + (C_p + C_z)x - (C_p h_p - C_z h_z)\varphi = 0, \\ I\ddot{\varphi} - (C_p h_p - C_z h_z)x + (C_p h_p^2 + C_z h_z^2)\varphi = 0, \end{cases} \quad (1)$$

де  $m$  – маса броньованої машини;  
 $I$  – екваторіальний момент інерції броньованої машини;  
 $C_p, C_z$  – жорсткість передніх коліс і ресор та задніх коліс і ресор в вертикальному напрямку відповідно;

$h_p, h_z$  – відстань від центру мас машини до передніх коліс та задніх відповідно.

Визначення частот власних коливань машини зводиться до стандартної задачі. Математична модель дозволяє визначити два значення частот власних коливань у вертикальному напрямку. Порівнюючи значення частот власних коливань базової та модернізованої машини можливо зробити висновок про ефективність модернізації. Частоти коливань не повинні виходити за межі 0,8-1,2 Гц.

Запропонований метод дозволить на стадії проектування модернізації запобігти грубим помилкам.

Для експериментальної оцінки плавності ходу машини можливе використання сучасних віброметрів - аналізаторів орієнтованих на персональні комп'ютери. Типовим представником яких є віброметр аналізатор 795М, який може вимірювати віброприскорення, віброшвидкість та вібропереміщення при числі реалізацій, що приймаються до усереднення від 2 до 999.

Запропонований метод проходить практичну перевірку.

## Література

1. Вахламов В.К. Автомобили: Конструкция и элементы расчета [Текст]/ В.К. Вахламов. – М. : Издательский центр «Академия»/ 2006.– 480 с.
2. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля [Текст]/ Р.В. Ротенберг -М.: Машиностроение,1972. – 392 с.

удк 677.053.27

## ВПЛИВ ПОХИБКИ ФІКСУВАННЯ ТРЬОХКОНУСНОГО ПАКУВАННЯ ПЕРЕМОТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ БП-340 НА ЇЇ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

О.О. Акимов<sup>1</sup>, О.П. Манойленко<sup>2</sup>, Р.С. Завертаний<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Державний науково-випробувальний центр ЗС України

<sup>2</sup>Київський національний університет технологій та дизайну

При виробництві текстильних ниток значний вплив на якість пакування має процес їх перемотування на бобінажних перемотувальних машинах.

Якість одержаних пакувань в значній мірі залежить працездатності намотувального механізму основними вузлами якого є бобінотримач та укочуючий ролик.

Працездатність бобінотримача призначеного для розміщення, центрування, утримання нитконосія з пакуванням та передачі пакуванню обертання, в значній мірі залежить від точності фіксування нитконосія з пакуванням та його динамічних характеристик.

Основними характеристиками намотувального механізму є:

- критичні швидкості бобінотримача;
- динамічна складова сили притискування укочуючого ролика до бобінотримача;

- частоти крутильних коливань бобінотримача.

Критичні швидкості бобінотримача.

Для практичних розрахунків критичних швидкостей широке поширення одержав метод “напівжорсткого” шпинделя, що дає дві критичні швидкості ротора з похибкою, що не перевищує 2% [1].

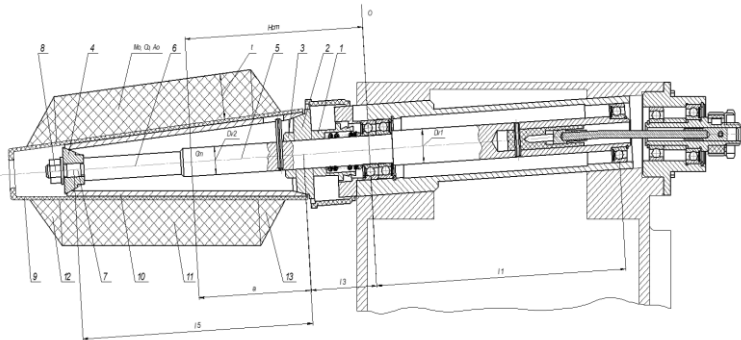


Рисунок 1 - Схема бобінотримача

Для розрахунку інерційних параметрів оправки необхідно її розчленувати на ряд простих циліндричних та конічних елементів [2].

Пакування перемотувальної машини має трьохконусну форму, тому його доцільно розбити на три окремі конічні елементи (верхній, середній та нижній елементи).

Математична модель вільних коливань бобінотримача з опорами має наступний вигляд [2].

$$\begin{cases} M \ddot{\eta} + m_{1\eta} \dot{\eta} - m_{2\eta} \alpha = 0 \\ M \ddot{\zeta} + m_{1\zeta} \dot{\zeta} - m_{2\zeta} \beta = 0 \\ A \ddot{\alpha} + C \dot{\beta} \cdot \omega - m_{2\eta} \dot{\eta} + m_{3\eta} \alpha = 0 \\ A \ddot{\beta} - C \omega \cdot \dot{\alpha} - m_{2\zeta} \dot{\zeta} + m_{3\zeta} \beta = 0 \end{cases}, \quad (1)$$

де  $M, A, C$  - інерційні параметри бобінотримача;

$\eta, \zeta, \alpha, \beta$  - узагальнені координати;

$m_{1\eta}, m_{2\eta}, m_{3\eta}, m_{1\zeta}, m_{2\zeta}, m_{3\zeta}$  - коефіцієнти жорсткості механічної системи в горизонтальному та вертикальному напрямках.

Значення критичних швидкостей ротора наведені в таблиці які визначаються аналогічно [1],

Таблиця 1 – Значення критичних швидкостей

		Значення критичних швидкостей, рад/с
Початок процесу намотування	$\omega_1, c^{-1}$	622
	$\omega_2, c^{-1}$	7062
Кінець процесу намотування	$\omega_1, c^{-1}$	345
	$\omega_2, c^{-1}$	5177

Намотувальний ротор є «докритичним Перспективним напрямком є переведення роботи ротора в закритичну область за рахунок використання пружних опор.

Наявність пружного тіла намотування веде до незначного підвищення критичних швидкостей - 3,5%. Зміщення нитконосія від опор на 2 мм (допустимий параметр регламентних робіт) веде до зниження критичних швидкостей на 3%, а зміщення до опор – підвищення критичних швидкостей на 2,5%, що є несуттєвим. Маса пакування визначається кінцевим положенням укочуючого ролика положенням укочуючого ролика, що при похибці положення нитконосія приведе різниці маси пакувань до 5 % що приведе при одночасному змотуванні пакувань до значного браку. Контроль за перемотуванням бажано вести за часом протікання процесу.

#### **Динамічна складова сили притискування.**

Для зниження динамічної складової сили притискування розглянемо вплив пружного кріплення укочуючого ролика.

Динамічна модель намотувального механізму з пружним кріпленням укочуючого ролика зображена на рисунку 2

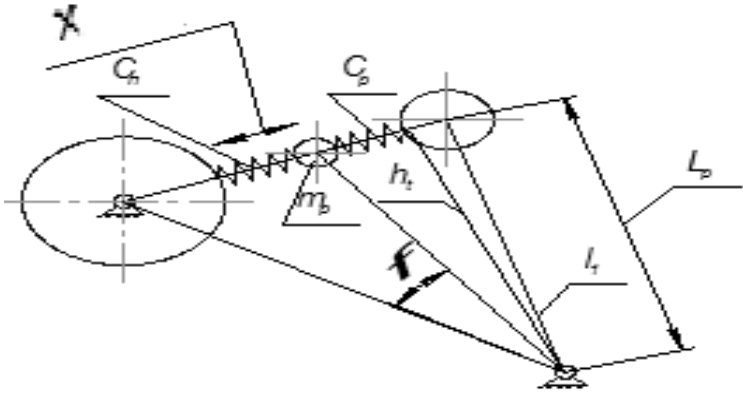


Рисунок 2 – Динамічна модель намотувального механізму з пружним кріпленням укочуючого ролика

В точці контакту тіла намотування з укочуючим роликом система отримує кінематичне збудження:

$$x = e_1 \sin \omega_1 t + e_2 \sin(\omega_x t + \alpha_1) \quad (2)$$

де  $e_1$ ,  $e_2$  – ексцентриситети бобіни і укочуючого ролика;

$\omega_x = i_x \cdot \omega_1$  – кутова швидкість укочуючого ролика;

$\omega_1$  – кутова швидкість обертання бобінотримача;

$\alpha_1$  – кут зсуву фаз.

Система диференціальних рівнянь, яка описує вимушені коливання, має вигляд:

$$\begin{cases} m_p \ddot{x} + (C_p + C_n)x - C_p h_1 \varphi = C_n \cdot (e_1 \sin \omega_1 t + e_2 \sin(\omega_x t + \alpha_1)), \\ I_1 \ddot{\varphi} - C_p h_1 x + C_p h_1^2 \varphi = 0. \end{cases} \quad (3)$$

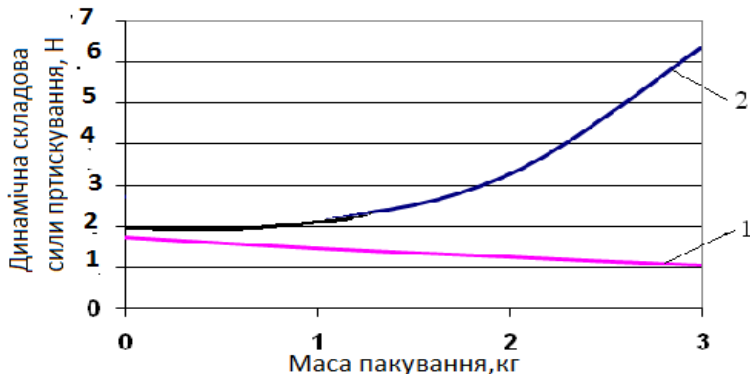
Динамічна складова сили притискування в позначеннях перемінних, що використовуються в Mathcad вираз набуває вигляду:

$$Pd := C_n \cdot (\Delta \cdot \cos(\omega \cdot Y^{(1)}) + \delta \cdot \cos(\omega \cdot Y^{(1)} + \psi) - Y^{(2)}), \quad (4)$$

де  $\Delta = e_1$ ;  $\delta = e_2$ ;  $\psi = 0$  – зсув фази складових змушуючих сил;

$Y^1$  – масив інтервалів часу інтегрування;

$$Y^2 = h \varphi.$$



1 – пружне кріплення ролика; 2 – жорстке кріплення ролика

Рисунок 3 – Залежність динамічної сили притискування від маси пакування при різних видах кріплення ролика

Для зниження динамічної складової сили притискування використання пружного кріплення укочуючого ролика є ефективним, особливо при зростанні маси пакування.

### Література

- 1 Коритыцкий Я. И. Динамика упругих систем текстильных машин [Текст] / Я. И. Коритыцкий. – М. : Лег.и пищ.пром-сть, 1982. – 272 с.
- 2 Фаворин М. В. Моменты инерции тел [Текст] / справ./ М. В. Фаворин. - М.: „Машиностроение”, 1977. – 511 с.

UDC 004.89

## APPLYING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO SOLVE REAL BUSINESS PROBLEMS

P. Goel, K. Grygoriev, V. Vorobiov  
*Ukrsoft, Ukraine*

Artificial Intelligence (AI) covers a lot of scientific research fields and finds more and more applications for solving real-life business problems. Capabilities of modern AI-based systems are growing and already helping in many aspects of human and business activities. The intent of this overview is to discover possibilities of utilization AI technologies for increasing business effectiveness.

**Introduction.** Image recognition technologies already help to diagnose diseases; voice recognition – build voice command interfaces for automobiles



and electronic devices. RPA is the next step towards intelligent process automation and AI is a key element in it. Finding more and more practical application of AI technologies improves in decision making and productivity.

**Goal.** A goal of this overview is to discover ways of AI utilization in legal and contracting aspects of a business to increase its effectiveness.

**Problem statement.** Inalienable part of any operating business is a legal part of it. Compliance, contracting, obligations tracking, special conditions awareness, law suites are all complex processes and requiring significant investment into studying them.

Complexity of a legal language and ambiguity of contract provisions is a serious barrier for non-legal Business Executives to run business effectively. Another barrier is a weak awareness of a legal specialists in the business domain, which leads to serving legal needs to the detriment of business priorities.

**Solution.** Empowering Business Leaders with intelligent tools for contract analysis, risk determination, translation of legal-language complexity is a way to reduce the barriers between Legal and Business people and increase effectiveness of a business. AI-based contract analysis systems can reduce number of communication cycles between stakeholders, reduce price of making a right decision and make decisions smarter.

## Literature

- 1.S. Russell, P. Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach, 3rd Edition, Google Inc., 2010
- 2.A. Nayyar, The Best Open Source Machine Learning Frameworks
- 3.<http://opensourceforu.com/2017/01/best-open-source-machine-learning-frameworks/>

УДК 519.857

## ВИКОРИСТАННЯ ЗАДАЧІ ПРО РЮКЗАК ДЛЯ НАДАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ІНВЕТОРУ

Д.О. Касянчик

*НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Україна*

**Вступ.** Невід'ємним елементом розвитку певних територіальних одиниць є інвестиції. Рішення про надання інвестицій досить часто є суб'єктивним, проте воно засноване на певних показниках та характеристиках територій. Тому задачею власників є надати якомога більше інформації та підібрати необхідні одиниці інвесторам, щоб зацікавити їх. В роботі розглядається задача про рюкзак, як математична постановка

задачі для підбору необхідних об'єктів, що включає інвестиційна територія. Призначенням цієї задачі є отримання комбінації з найбільш цінних об'єктів, за умови, що сума яка витрачається на ці об'єкти обмежена. Дана робота містить математичну постановку, вибір методу розв'язання задачі та алгоритм розв'язку.

**Математична постановка.** Є інвестиційна територія, яка включає набір категорій  $n$ , кожний з яких має параметр цінності для інвестора  $c_i$  де  $i=1..n$ . Кожна категорія включає в себе  $m$  об'єктів з вартістю  $w_j$  де  $j=1..m$  та віддаленістю від точки, в якій хоче розміститись інвестор. Також дана сума  $W$ , яку інвестор готовий витратити. Для кожного  $j$  об'єкту присвоємо цінність категорії, в яку він входить.

Таким чином ми отримали задачу про рюкзак [1], яка має наступний вигляд:

$c_j$  – цінність об'єкту;

$w_j$  – «вага» об'єкту;

$W$  – максимально допустима вага.

Змінною даною задачі є  $x_i$ , де

Цільова функція – максимізувати сумарну вартість об'єктів, враховуючи обмеження по вазі:

$$z = \sum_{j=1}^m c_j x_j \rightarrow \max$$

Обмеження:

$$\sum_{j=1}^m w_j x_j \leq W, x \in \{0,1\}$$

**Порівняння методів розв'язання.** Виділяють такі основні методи розв'язання:

- метод повного перебору;
- метод гілок і меж;
- жадібний алгоритм;
- генетичний алгоритм;
- метод динамічного програмування.

Метод повного перебору має досить велику часову складність  $O(2^N)$ , що дозволяє знаходити рішення лише для небагатьох об'єктів. Метод гілок та меж є варіацією методу повного перебору. Генетичний алгоритм та жадібний алгоритм є приближеними, тому вони не гарантують знаходження оптимального рішення. Значимість даної задачею

визначається її різними практичними застосуваннями. Наприклад, в нашому випадку здійснюється пошук найбільш вигідних об'єктів для інвестора. В якості ваги виступає ціна об'єкта, а в якості вартості виступає критерій необхідності даного об'єкта для інвестора. Якщо сума вартостей максимальна, а максимальна вага не перевищена то знайдене рішення є оптимальним [2].

Отже метод динамічного програмування в даному випадку є найкращим серед аналізованих, оскільки нам для розв'язання поставленої задачі необхідно знайти оптимальне рішення за короткий час.

Особливістю задачі є те, що обиратися повинні ті об'єкти які знаходяться найближче до точки в яку підприємець планує інвестувати. А також швидше за все потрібно буде по одному об'єкту з кожної категорії

Тому враховуючи дані задачу та особливості застосуємо алгоритм методу динамічного програмування з врахуванням довжини [3].

**Алгоритм розв'язання.** Алгоритм пошуку об'єктів, які задовольняють вимоги інвестора.

Крок 1. ДЛЯ категорії  $i$  з усіх категорій:

Крок 1.1. ПРИЗНАЧИМО  $q_i$  якесь числове значення, де  $q_i$  – вартість за доставку в межах категорії

Крок 1.2. ДЛЯ кожного  $j$  об'єкту з  $m$  об

Крок 1.2.1. ПРИЗНАЧИМО  $w_j = w_j + q_i$

Крок 1.3. ОБЕРЕМО  $w_i = \min(w_j)$

Крок 2. Створюємо таблицю  $T$  розмірністю  $n \times m$ , де  $n$  – кількість об'єктів,  $m=0, \dots, W$  ( де  $W$  – значення максимальної ваги всіх об'єктів). Та заповнимо всі клітинки таблиці нулями.

Крок 2. ДЛЯ кожного рядка  $i$  виконати:

Крок 2.1.  $C_i$  - вартість поточного рядка,  $W_i$  – вага поточного рядка.

Крок 2.2. ДЛЯ кожного  $j$  стовпця таблиці:

Крок 2.2.1. ЯКЩО  $W_i > j$ :

Крок 2.2.1.1. ПРИЗНАЧИТИ  $T[i][j]=j$

Крок 2.2.2. ИНАКШЕ:

Крок 2.2.2.1. ПРИЗНАЧИТИ  $T[i][j]=\max(T[i-1][j]; C_i + T[i-1][j- W_i])$

Вибір рішення:

Крок 3. ДЛЯ кожного рядка  $i$  з кінця таблиці  $T$  виконати:

Крок 3.1. ЯКЩО:  $T[i][W]$  не дорівнює  $T[i-1][W]$ :

Крок 3.1.1. ДОДАТИ  $T[i-1][W]$  до масиву рішень;

Крок 3.1.2. ПРИЗНАЧИТИ  $W=W-W_{i-1}$ ;

Крок 3.1.3. ЯКЩО  $i=0$  то закінчити виконання.

На цьому робота алгоритму закінчується.

**Висновок.** Отже, виконавши дій наведені в алгоритмі отримаємо сукупність найбільш необхідних об'єктів інвесторові, вартість яких не перевищує його фінансових можливостей. Переваги даного алгоритму у тому, що він підбирає об'єкти з врахуванням відстаней до них.

### **Література**

- 1.Динамічне програмування: Методичні вказівки до самостійної роботи та виконання модульної контрольної роботи з дисципліни „Математичні методи дослідження операцій” - К.: ІВЦ ”Видавництво «Політехніка»”, 2008.
- 2.Изучение и сравнение методов решения различных модификаций задачи о рюкзаке [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C21/198.pdf>
- 3.Knapsack Problem Dynamic Programming Algorithm [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.programminglogic.com/knapsack-problem-dynamic-programming-algorithm/>  
УДК 004.055

## **ГЕЙМІФІКАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ МАРКЕТИНГОВОЇ СТРАТЕГІЇ В ЦІЛЬОВИХ ЗАСТОСУВАННЯХ СФЕРИ ПОСЛУГ**

Ю.О. Олійник, О.В. Світяшук

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», кафедра автоматизованих систем обробки інформації та управління<sup>1</sup>, Україна*

Відсутність інтерактиву в застосуваннях для сфери послуг породжує проблему неефективного використання застосування користувачем. Наслідком цього є проблеми лояльності користувачів, і відповідно низькі показники конверсії.

Зв'язок між маркетинговими стратегіями, способами залучення користувача і вплив на його лояльність висвітлено у працях таких науковців, як: Г. Хулей, Дж. Сондерс, Н. Пірсі, Ф. Котлер, Д. Аакер, П. Гембл, М. Стоун, Н. Вудкок, А.В. Зозулев. Також низка авторів (А.Г. Андреев, А.А. Бояршинов, А.С. Бутчер, Ф.Ф Райхельд, Т. Томас, Ю.В. Васин, Л.Г. Лаврентьев, А.В. Самсонов, З.В. Куликова, В.А. Новоченко, А Руденко) у різного роду дослідженнях розкривають проблему важливості лояльності споживачів як інструменту довгострокових конкурентних переваг підприємства, важеля ефективного розвитку та прибутковості, фактора успіху на ринку, тощо.

Видання, що оглядають і пропонують методи впровадження гейміфікації акцентують увагу на декількох складових [1]:

- підхід гейміфікації (внутрішній, зовнішній, змінюючий поведінку);

- елементи гейміфікації;

- ігрові механіки;

- неігрові контексти.

Ігрові механіки – це складова, яка, націлена зробити процеси, що гейміфіковані, захоплюючими, стимулюючими та емоційними [2].

Приклад гейміфікації наводить співробітник компанії Foursquare Майкл Лі [3]. Він розповідає математичну сторону гейміфікації оновлень атрибутів запропонованих місць на картах. В системі існують суперкористувачі, які виступають в ролі елемента гейміфікації. Ця група користувачів наділена можливістю оновлювати дані значимих місць на картах, та отримувати за це спеціальні бали чи голоси, які відображають їх репутацію. Але в цій задачі завжди існує проблема точності поданих відповідей від користувачів. Для цього було введено метод вимірювання точності відповідей на основі ефективності відповідей користувачів на, так званих, «приманках» (спеціально підготовлені питання, на які завідомо в системі існують правильні відповіді)ю Вимірювання продуктивності та використання ймовірностей – це вірний шлях до нарахування балів користувачам.

Математична сторона цього підходу виглядає наступним чином. По-значимо через  $H_0$  істинний стан світу: 1 або -1, який ми повинні інтерпретувати як пропонуване оновлення, яке є істинним або хибним, відповідно. Ми не спостерігаємо за цим, але ми знаємо, що  $H_0 = 1$  з апіорною ймовірністю  $P_0$ . Користувач 1 віддає свій голос  $H_1$  (знову ж таки, один із двох станів – істинний чи хибний) з незалежною ймовірністю  $P_1$  при погодженні з істиною  $H_0$  та при відмові від істини –  $(1 - P_1)$ . Правило Басса дасть нам:

$$\begin{aligned} P(H_0 = 1|H_1 = 1) &= \frac{P(H_0 = 1|H_1 = 1)P(H_0 = 1)}{P(H_1 = 1)} & (1) \\ &= \frac{p_0 p_1}{p_0 p_1 + (1 - p_0)(1 - p_1)} \\ &= \frac{\ell_0 \ell_1}{\ell_0 \ell_1 + 1} \end{aligned}$$

де ми записали рішення у вигляді відношення правдоподібності  $\ell_k = \ell(pk)\ell_k = \ell(pk)$  отриманих через:

$$\ell(p) = \frac{p}{1-p} \quad \ell^{-1}(\cdot) = \frac{\cdot}{1+\cdot}. \quad (2)$$

Після цих операцій ми отримаємо наступне:

$$\mathbf{P}(H_0 = 1|H_1 = 1) = \ell^{-1}(\ell(p_0)\ell(p_1)^{h_1}). \quad (3)$$

Множення у цьому випадку є надто складним, тому визначимо логіт-регресію або логарифмічну правдоподібність:

$$\text{logit}: (0,1) \rightarrow (-\infty, \infty) \text{logit}: (0,1) \rightarrow (-\infty, \infty), \quad (4)$$

отриманих з:

$$\begin{aligned} \text{logit}(p) = \log(\ell(p)) = \log\left(\frac{p}{1-p}\right) & \quad \text{logit}^{-1}(\cdot) \quad (5) \\ & = \frac{e^{\cdot}}{1+e^{\cdot}}. \end{aligned}$$

Тоді ми отримуємо наступне:

$$\mathbf{P}(H_0 = 1|H_1 = 1) = \text{logit}^{-1}(\text{logit}(p_0) + h_1 \text{logit}(p_1)). \quad (6)$$

Продовжуючи, припустимо, що після того, як користувач 1 віддає свій голос, користувач 2 голосує  $H_2$  з незалежною ймовірністю від істинного судження –  $P_2$  (тобто погоджуючись з  $H_0$ ). Ми можемо взяти постеріорну ймовірність  $\mathbf{P}(H_0 = 1|H_1 = h_1)$  як нашу нову апіорну ймовірність та індуктивно повторити Баєсовий аналіз для отримання:

$$\begin{aligned} & \mathbf{P}(H_0 = 1|H_1 = h_1, H_2 = h_2) \quad (7) \\ & = \text{logit}^{-1}\left(\text{logit}(\mathbf{P}(H_0 = 1|H_1 = h_1)) + h_2 \text{logit}(p_2)\right) \\ & = \text{logit}^{-1}(\text{logit}(p_0) + h_1 \text{logit}(p_1) + h_2 \text{logit}(p_2)). \end{aligned}$$

Насправді, якщо існує  $n$  голосів  $H_1, \dots, H_n$ , тоді ми маємо:

$$\begin{aligned} & \mathbf{P}(H_0 = 1|H_1 = h_1, \dots, H_n = h_n) \quad (8) \\ & = \text{logit}^{-1}\left(\text{logit}(p_0) \right. \\ & \quad \left. + \sum_{k=1}^n h_k \text{logit}(p_k)\right). \end{aligned}$$

Вищенаведена формула припускає, що ми повинні начисляти  $S_k$  балів користувачу  $k$  на основі:

$$S_k = \text{logit}(p_k). \quad (9)$$

Ми можемо виконати сумування всіх позитивних голосів та всіх негативних голосів, для отримання оцінки коректності оновлення. Ми

можемо встановити поріг визначеності  $p$  (наприклад,  $p=99$ ) в якості порога для бажаної точності поточного «редагування», як тільки:

$$\text{logit}(p_0) + \sum_{k=1}^n h_k \text{logit}(p_k) \geq \text{logit}(p). \quad (10)$$

Іншими словами, якщо взяти  $t = \text{logit}(p)$  в поріг балів і  $S_0 = \text{logit}(P_0)$ , для того щоб це були бали, виділені для нового запропонованого редагування, тоді (3) и (4):

$$s_0 + \sum_{k=1}^n h_k s_k \geq t \quad (11)$$

$$s_0 + \sum_{k=1}^n h_k s_k \leq -t, \quad (12)$$

які в точності являються рівняннями для голосування, що очікуються. Тільки в даному випадку вони синтезовані абсолютно математичним шляхом.

Вигоди, такого способу – перш за все ефективність та гарантія точності бази даних, можливість розумно нараховувати бали щодо пропонуваного поновлення і зупинити процес голосування, коли математика гарантує необхідну визначеність. Співвідносячи точність користувача і поріг визначеності, необхідний, щоб прийняти запропоноване оновлення до системи, відбувається нарахування балів. Це також дозволяє легко взяти систему балів і перетворити її в розумну систему, засновану на емпіричних даних. Метод дозволяє здійснювати масштабування і розширення системи. Параметри автоматично навчені і можуть адаптуватися до змін в поведінці користувачів системи.

Отже для побудови концептуальної схеми потрібно пройти наступні кроки проектування гейміфікованої системи:

- визначити підхід гейміфікації. Уже на цьому етапі можна точно визначити, що для завдання, яке поставлене в дисертації цей підхід буде зовнішнім;

- визначити - елементи гейміфікації - предмети, дії та абстрактні поняття;

- ігрові механіки - набір механік, які будуть накладатися на дії користувача;

- неігрові контексти - які саме області взаємодії користувача будуть визначені неігровими контекстами.

Висновки.

Згідно досліджених підходів, для вирішення задач маркетингової у сфері послуг підхід гейміфікації повинен бути зовнішнім. Саме він дозволить спрямувати дію на клієнтів, а точніше користувачів програмних застосувань.

Неігровий контекст - це поле для реалізації гейміфікації. В рамках сфери надання послуг - це здійснення різноманітних замовлень користувачами, та їх відгуки про продукцію чи послуги.

Зсилаючись на нещодавню роботу аспіранта кафедри готельно-ресторанного бізнесу Київського національного торговельно-економічного університету Присакаря І.І. [4], яка підтверджує актуальність теми дослідження, можна стверджувати, що розглянуті ним підходи є дієві.

### **Література**

1. Zichermann - Introduction. Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps / Zichermann, Gabe; Cunningham., – 9 с
2. Кевин Вербах. Вовлекай и властвуй. Игровое мышление на службе бизнеса / Кевин Вербах, Дэн Хантер: Манн., 2015. – 21 с.
3. The Mathematics of Gamification – foursquare eng [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://engineering.foursquare.com/the-mathematics-of-gamification-21e9a0c9bf6c>
4. Присакар І.І. Гейміфікація: ефективна технологія впливу на лояльність споживачів ресторанних послуг. / Економіка та суспільство, # 4/2016, с. 179-185.

УДК 519.876.3:658.264

## **ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ЩО РЕАЛІЗОВУЮТЬ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ АНАЛІЗУ В ПРОЦЕСІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО РЕСУРСІВ І ВИТРАТ ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ**

Н.Л. Ющенко

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

Зниження витрат при виробництві, передачі та розподіленні теплової енергії, що має позначитися на розмірі тарифів на теплову енергію, – один з основних напрямів розвитку теплової енергетики, передбачених оновленою Енергетичною стратегією України [1]. Недостатні обсяги робіт з реконструкції, технічного переоснащення паливно-енергетичної системи України та із запровадження нетрадиційних видів енер-



гетики на основі відновлюваних джерел, зношеність існуючого технологічного обладнання, зростання аварійності об'єктів призводить до порушення стабільності теплопостачання населення і підприємств від централізованих джерел, перевитрат енергосировинних ресурсів і збільшення техногенного навантаження на довкілля, втрат енергії в теплових мережах, обумовлює потребу у раціональних рішеннях із залученням значних інвестицій у модернізацію та розвиток, впровадження заходів з ефективного виробництва, транспортування і споживання енергоносіїв.

Насиченість міст України тепловими мережами одна з найвищих у світі. Протяжність магістральних і розподільчих теплових мереж в Україні (за винятком власних тепломереж промислових підприємств) становить 24,3 тис. км в двотрубному обчисленні, у тому числі тепломережі Мінпаливенерго України – 3,5 тис. км діаметром від 125 до 1400 мм, комунальні тепломережі – 20,8 тис. км діаметром від 50 до 800 мм [2]. Ступінь зносу основних засобів підприємств з постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря в Україні у 2013 році оцінювався на рівні 61,9%, у 2015 р. – 82,6% [3]. Зношеність магістральних і розподільних мереж досягає 70% їх загальної протяжності [4]. Втрати тепла через неякісну ізоляцію трубопроводів із витокami теплоносія при пошкодженні труб становлять до 20% від відпущеної теплової енергії проти 13%, які передбачені нормами. Середній показник питомого енергоспоживання в Україні у 2-3 рази вищий відповідного показника у розвинутих країнах Європейського Союзу. Зокрема, середнє пiтoме енергоспоживання в багатоквартирних житлових будинках становить 264 кВт·год/м<sup>2</sup>, в той же час у європейських країнах відповідний показник у середньому не перевищує 90 кВт·год/м<sup>2</sup>. Таким чином, потенціал скорочення (у разі досягнення поточного рівня втрат в ЄС) становить 11,4 млрд. м<sup>3</sup> газу – близько 58% імпорту України, адже щорічне споживання природного газу на опалення в Україні оцінюється у 18,6 млрд. м<sup>3</sup> [5].

Українці вимушені платити за теплову енергію, 45% якої реально не отримує через її втрату при транспортуванні. Фактично нікого не цікавить, якої якості (температури) теплоносії отримують споживачі – все вже оплачено. Діюча практика обчислення тарифів на теплову енергію на стадії її відпуску в мережу призводить до відсутності фінансових стимулів до реконструкції тепломереж, що зумовлює низькі темпи їх відновлення. Що стосується інвестицій в оновлення обладнання ТЕЦ і котелень, то діючий порядок призначення тарифів на теплову енергію регулятором за принципом „від витрат” істотно знижує зацікавленість в реальному підвищенні ефективності системи центрального теплопостачання [1].

За даними Міжнародного енергетичного агентства, кожен долар, інвестований в енергоефективність, обернеться 4 доларами економії, причому такий проєкт повністю окупиться приблизно за чотири роки [6]. По за сумнівом, в Україні потрібна модернізація активів галузі, зниження втрат енергії та підвищення якості послуг теплогенеруючих і теплопостачальних підприємств.

В сучасних реаліях стрімкого розвитку нових інформаційно-комунікаційних технологій, які формують інформаційне суспільство та, зокрема, інформаційну економіку, й інтелектуальним ядром яких є моделювання [7], підвищити рівень економічної безпеки, ефективність використання факторів виробництва, добробут населення можна за рахунок вирішення завдань розподілу і використання ресурсів необхідних для модернізації, реконструкції та заміни обладнання теплопунктів і теплових мереж підприємств теплоенергетики України, скорочення термінів виконання окремих робіт для зменшення загальної тривалості проєкту та визначення допустимих затримок для подальшої координації здійснення проєкту на базі комп'ютерної техніки та мережевих моделей і методів управління проєктами: critical path method (CPM), Program Evaluation and Review Technique (PERT) [8, с. 309-313]. Пропонований математичний інструментарій може бути реалізований за допомогою комп'ютерної програми „Project Standard 2016” [9] та інших програмних продуктів (табл.) і дозволить встановлювати послідовність і терміни використання обмежених ресурсів протягом усього періоду реалізації проєкту,

Назва	Розробник	Офіційний сайт	Загальна характеристика
<b>Найпоширеніші системи управління проєктами</b>			
Microsoft Project	Microsoft Corp. (США)	<a href="http://www.microsoft.com/project">http://www.microsoft.com/project</a>	Є найпоширенішою в світі системою управління проєктами, яку можна рекомендувати як для початкового рівня користувачів, так і для професіоналів. У багатьох західних компаніях MS Project розглядається як стандартний компонент Microsoft Office і навіть рядові співробітники здатні використовувати його для планування робіт. Традиційно зрозумілий інтерфейс продуктів Microsoft і легкість у користуванні підкріплюється широкими властивостями побудови та розрахунку сітьових графіків, діаграм Ганта, засобами планування часу та ресурсів тощо

Назва	Розробник	Офіційний сайт	Загальна характеристика
Open Plan	Welcom Corp. (США); дис-триб'ютор в Україні - компанія ЛАНІТ	<a href="http://www.projectmanagement.ru">http://www.projectmanagement.ru</a>	Є системою планування і контролю великих проектів і програм. Основні відмінності системи - потужні засоби ресурсного і вартісного планування, ефективна організація багатокористувацької роботи та можливість створення відкритого, масштабованого рішення для всього підприємства. Open Plan постачається в двох варіантах - Professional і Desktop, - кожен з яких відповідає різним потребам виконавців, менеджерів та інших учасників проекту. Існує локалізована версія продукту
Primavera Project Planner	Primavera Systems, Inc. (США); дис-триб'ютор в Росії - компанія ПМСОФТ ( <a href="http://www.pmssoft.ru">http://www.pmssoft.ru</a> )	<a href="http://www.primavera.com">http://www.primavera.com</a>	Застосовується для календарно-мережевого планування та управління з урахуванням потреб в матеріальних, трудових і фінансових ресурсах середніми та великими проектами у різноманітних галузях, хоча найбільшого поширення даний продукт набув у сфері керування будівельними та інженерними проектами
SureTrak Project Manager	Primavera Systems, Inc. (США); дис-триб'ютор в Україні - компанія ПМСОФТ ( <a href="http://www.pmssoft.ru">http://www.pmssoft.ru</a> )	<a href="http://www.primavera.com">http://www.primavera.com</a>	SureTrak – спрощена система для управління проектами компанії Primavera Systems. Цей повністю русифікований продукт орієнтований на контроль виконання невеликих проектів та/або частин великих проектів. Може працювати як самостійно, так і спільно з Primavera Project Planner в корпоративній системі управління проектами
Spider Project	Spider Technologies Group (Росія)	<a href="http://project.ru">project.ru</a>	Система спроектована з урахуванням потреб, особливостей і пріоритетів російського ринку. Відрізняється потужними алгоритмами розподілу обмежених ресурсів і великою кількістю додаткових функцій. Spider Project постачається в двох варіантах -

Назва	Розробник	Офіційний сайт	Загальна характеристика
			Professional і Desktop. Пакет Spider Project можна використовувати як безкоштовну ліцензійну версію, розраховану на 40 операцій
Project Expert	Про-Инвест Консалтинг (Росія)	<a href="http://www.pro-invest.com">http://www.pro-invest.com</a>	Забезпечує побудову фінансової моделі підприємства, аналіз фінансової ефективності бізнес-проектів, розробку стратегічного плану розвитку і підготовку бізнес-плану. Система рекомендована до використання держструктурами федерального і регіонального рівня як стандартний інструмент для розробки планів розвитку підприємства
1С-Рарус: Управління проектами	1С-Рарус (Росія)		Російська розробка на платформі бухгалтерської системи «1С: Підприємство» версії 8.0. Призначена для планування, організації, координації і контролю проектних робіт і ресурсів. Типове рішення розроблене тільки засобами та методами програми «1С: Підприємство» і є додатком до компоненти «Бухгалтерський облік» програми «1С: Підприємство» версії 8.0. Управління проектами інтегрується з будь-якими конфігураціями, які використовують компоненту 1С «Бухгалтерський облік»
Системи управління проектами, що працюють через web-інтерфейс			
Teamwork Project Manager	Digital Crew, Ірландія	<a href="http://teamworkkpm.net">teamworkkpm.net</a>	Хороший користувацький інтерфейс, багато ajax і точно в тих місцях, де це потрібно. Система є цілком передбачуваною, вибираємо проект - і ясно бачимо всі завдання і сповіщення по ньому. Щоб додати завдання до списку, повідомлення або файл до проекту, немає необхідності перезавантажувати сторінку. Задовольняє практично всі вимоги, за винятком обліку фінансів. Розрахувати бюджет проекту та керувати рахунками необхідно в іншому місці. Є російський інтерфейс
Desk Away	Перша версія DeskAway	<a href="http://deskaway.com">deskaway.com</a>	Функціонально ця система досить схожа на Teamwork Project Manager. Також є повний список функцій по управлінню проектами і відсутність фінансового обліку. Але немає

Назва	Розробник	Офіційний сайт	Загальна характеристика
	була розроблена в 2005 р.; засновники Sahil та Sitanshi Parikh		цілісності системи: в одному випадку сторінка працює без перезавантаження, в іншому його вимагає, частково дані виводяться в поточному готовому вікні, а десь потрібно налаштовувати перегляд... Інтерфейс управління зручний та простий. Але є недоліки: меню містить лише 3-4 рівні, що для масштабних проєктів досить мало. При розгортанні меню пункту задачі можна побачити пункт всі задачі і додавати задачі. Та всі свої задачі інтерфейс вирішує: Ви навряд чи помилитесь при пошуку свого проєкту і задач у ньому
Intervals	Компанія Pelago створена в 2000 р. Сервіс веб-додатку управління проєктами розроблено в 2005 р., а в 2006 додано до загального доступу	myintervals.com	Інтерфейс досить зручний, якщо з ним розібратися і звикнути до нього. Потужні системи фільтрів, сортування та інші можливості керування вмістом дозволяють гнучко управляти проєктами. Дана система управління проєктами підтримує всі основні функції, навіть дещо в більшому обсязі, порівняно з попередніми системами. Крім того, тут присутня система виставлення рахунків на основі витраченого часу, в якій можна задати списків склад фахівців і їх ставки. Щоб додати завдання, доведеться натиснути кнопку додати завдання і дочекатися завантаження сторінки. З іншого боку, наведення мишки на задачу або проєкт дозволяє моментально отримувати інформацію про нього у вікні-підказці
active Collab	Сербська компанія A51 Doo	activecollab.com	Інтерфейс системи будується навколо проєкту. Зайшовши в потрібний проєкт, можна бачити всі завдання і файли з ним пов'язані: віхи проєкту, завдання, форуми, файли, дошки, управління часом, загалом все, що потрібно для управління проєктом. Також варто відзначити функціонал виставлення рахунків і контролю їх оплат. В активі цієї системи зручний інтерфейс і хороша функціональність, але головною її перевагою і відмінністю від інших систем є, по-перше,

Назва	Розробник	Офіційний сайт	Загальна характеристика
			можливість установки системи до себе на хостинг, адже багато хто відмовляється від використання веб-систем управління проектами через страх збереження конфіденційних даних. І, по-друге, раз ми ставимо її до себе на хостинг, отже можемо модифікувати (в рамках ліцензії, звичайно). На сайті представлений каталог модулів для activeCollab, а також локалізації для нього, включаючи російськомовну
Work section	Українська розробка системи управління проектами	worksection.com	Це зручна он-лайн система управління проектами з хорошим інтерфейсом. Переваги: зручний і простий російсько- та англійський інтерфейс - зрозумілий недосвідченому користувачу; доволі помірною ціною; може розташовуватись у власному домені; он-лайн сервіс - встановлювати і налаштовувати нічого не потрібно. Досить велика увага до користувачів, увага до дрібниць, відмінна реалізація існуючих функцій

проводити динамічне регулювання термінів початку кожного виду робіт, здійснювати оптимальний розподіл засобів, відведених на проект, за критерієм скорочення тривалості усього проекту, виконувати аналіз компромісних співвідношень між витратами і термінами виконання різноманітних робіт з урахуванням наявного резерву часу [10].

Одна з ключових тез V Віденського енергетичного форуму, проведеного Організацією об'єднаних націй з промислового розвитку ЮНІДО, Міжнародним інститутом прикладного системного аналізу (IIASA), австрійським урядом та ініціативою Стійка енергія для всіх (SEforALL), який зібрав у травні 2017 р. більше 1650 учасників зі 128 країн, передбачає енергетику найважливішою компонентою для втілення Порядку денного до 2030 р. та Паризької кліматичної угоди, а також для задоволення потреб різних країн щодо енергетичної безпеки [11]. Енергоємність ВВП України перевищує аналогічні показники Великої Британії у 4,8 рази, Туреччини – у 3,8 рази, Польщі – у 3,0 рази [12, с. 109], що не сприяє зростанню конкурентоспроможності нашої держави до рівня провідних країн Європи, забезпеченню безперервного та стабільного функціонування енергетичного комплексу України. Подолання іміджу однієї з найбільш енергоінтенсивних країн у Європі,

скороченню споживання газу в Україні можна досягти, коли зменшувати собівартість послуг, обліковувати і прибирати втрати тепла, чому сприятиме модернізація котелень і тепломереж. Застосування сучасних інформаційних технологій та мережевих моделей і методів, що дозволяють одночасно врахувати усі економічні та фізичні умови і знаходити найкращий варіант під час модернізації комунальної теплоенергетики, забезпечуватиме прийняття рішень на користь систем енергопостачання, які є найвигіднішими для забезпечення енергоспоживання з позицій безпеки, надійності (безперебійності), якості постачання енергії і надання енергетичних послуг, доступних за ціною та привабливих за екологічними наслідками.

### Література

1. Про схвалення концепції Енергетичної стратегії України на період до 2035 р. : Проект Розпорядження Кабінету Міністрів України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [mre.kmu.go.ua/minugol/control/uk/publish/article?jsessionid=AD08EE061406F1E3F3605ABE4B949A3A.app1?art\\_id=245068707](http://mre.kmu.go.ua/minugol/control/uk/publish/article?jsessionid=AD08EE061406F1E3F3605ABE4B949A3A.app1?art_id=245068707)
2. Характеристика сучасного стану теплових мереж [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://uk.wikipedia.org/wiki/>
3. Промисловість України у 2011-2015 роках. Статистичний збірник / Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_u/publ5\\_u.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publ5_u.htm)
4. Дзеркало тижня [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://dt.ua/ECONOMICS/meshkanci-budinkiv-nedootrimuyut-do-45-teplacherez-yogo-vtrat-128039.html>
5. План пріоритетних дій Уряду на 2016 рік : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 27.05.2016 р. № 418-р [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/%20418-2016-%D1%80>
6. Беззуб І. Підвищення енергоефективності – запорука забезпечення енергетичної незалежності України / Беззуб І. // Soceal Commenciations Research Center [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://nbuviap.gov.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=746:pidvishchennya-energoefektivnosti-2&catid=71&Itemid=382](http://nbuviap.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=746:pidvishchennya-energoefektivnosti-2&catid=71&Itemid=382)
7. Економіко-математичне моделювання: зб. мат. Першої нац. наук.-метод. конф., 30 вересня – 1 жовтня 2016 р., м. Київ. – К. : КНЕУ, 2016. – 405 с.
8. Филлипс Д. Методы 231анализа сетей / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас; пер. с англ. Е. Г. Коваленко, М. Г. Фуругяна [под ред. Б. Г. Сушкова]. – М. : Мир, 1984. – 496 с.

- 9.[Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://www.microsoftstore.com/store/msmea/uk\\_UA/pdp/Project-Standard-2016/productID.324498600](https://www.microsoftstore.com/store/msmea/uk_UA/pdp/Project-Standard-2016/productID.324498600)
10. Ющенко Н. Л. Математичні моделі визначення резерву часу для збалансованого розподілу трудових, матеріальних і фінансових ресурсів при модернізації комунальної теплоенергетики України / Ющенко Н. Л. // Науковий вісник Полісся. – Чернігів : Черніг. нац. технол. ун-т, 2016. – № 2. – С. 16-25.
- 11.[Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.unido.org/news/press/vienna-energy-forum-1.html>
12. Цілі розвитку тисячоліття Україна: 2000-2015. Національна доповідь. – Київ, 2015. – 125 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://un.org.ua/images/stories/docs/2015\\_MDGs\\_Ukraine\\_Report\\_ukr.pdf](http://un.org.ua/images/stories/docs/2015_MDGs_Ukraine_Report_ukr.pdf)

УДК 004.31

## **РОЗРОБКА КОМПОНЕНТИ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ**

Є.В. Нікітенко, Є.В. Риндич

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

Технічна діагностика є засобом підтримки заданого рівня надійності, забезпечення вимог безпеки та ефективності використання об'єктів. Технічний стан об'єкта може бути охарактеризований несправностями, що порушують працездатний стан об'єкта в цілому, а також правильністю функціонування його окремих вузлів. Процес визначення технічного стану об'єкта в результаті пошуку і виявлення несправностей із зазначенням при необхідності місця, виду і причини називається технічним діагностуванням.

Традиційне визначення технічного стану об'єкта припускає зупинку та розбирання обладнання. Це пов'язано зі значними витратами часу та коштів. Виявлення несправності зазвичай проводиться за допомогою контрольно-вимірювальних приладів та особливих (діагностичних) технічних засобів і базується на контролі та особливих випробуваннях (тестах). Типова структура системи технічного діагностування в найпростішому варіанті включає діагностичні датчики, що сприймають діагностичну інформацію від об'єкта; перетворювачі, які перетворюють сигнали від датчиків в уніфікований вигляд, зручний для обробки; пристрої обробки та виводу інформації.



Системи діагностування поділяють за ступенем спільності інформації на локальну і загальну, а за характером взаємодії з об'єктом – на тестову і функціональну [1]. Локальне діагностування служить для оцінки технічного стану окремих вузлів і модулів, а загальне діагностування використовується, головним чином, для оцінки технічного стану об'єкта в цілому. Тестова система формує вплив, що подається на об'єкт, який перевіряється, з метою отримати від нього відповідну інформацію. Функціональна система реєструє інформацію про стан об'єкта в процесі його функціонування.

Закономірності зміни діагностичних параметрів у часі, як правило, аналогічні закономірностям зміни параметрів технічного стану об'єктів. У процесі роботи діагностичні параметри змінюються від початкового значення до гранично допустимого за час якогось напрацювання. Вимірюючи поточне значення діагностичного параметра і порівнюючи його з ознаками еталонного стану об'єкта, можна встановити технічний стан об'єкта в даний момент і прогнозувати його подальший стан. Зазвичай для діагностичного висновку потрібно аналізувати велику кількість діагностичних параметрів. Тому для складних об'єктів створюють автоматизовані системи діагностики, що виконуються на базі персональних комп'ютерів.

Сучасні безпілотні авіаційні комплекси представляють собою складну електронну систему, яка містить багато пристроїв. Дослідження впливу різних факторів на роботу електронної системи безпілотних авіаційних комплексів є актуальною задачею.

**Основні принципи проектування архітектури програмно-апаратного засобу для діагностування обладнання безпілотних авіаційних комплексів.** У загальному випадку для створення програмно-апаратного засобу діагностування безпілотних авіаційних комплексів необхідно вирішити наступні взаємопов'язані завдання:

- розробити математичну модель функціонування об'єкта діагностування, що дозволяє перевіряти працездатність і правильність функціонування по сукупності діагностичних параметрів;
- створити математичну модель пошкоджень і відмов, що дає можливість виявляти причини їх виникнення;
- побудувати алгоритми діагностування, що досягається вибором такої сукупності елементарних перевірок, за результатами яких можна в задачах виявлення пошкоджень і відмов відрізнити справний або працездатний стан або стан правильного функціонування від його несправних станів, а в задачах пошуку пошкоджень і відмов розрізнити несправні і непрацездатні стани між собою.

Для вирішення перерахованих завдань застосовують різні математичні моделі. Так, при створенні моделей, що дозволяють перевіряти працездатність і правильність функціонування, використовують системи лінійних та нелінійних рівнянь. Для побудови моделей пошкоджень і відмов використовують топологічні моделі у вигляді дерев відмов і графів причинно-наслідкових зв'язків між технічними станами і діагностичними параметрами. Моделі об'єктів діагностування є основою для побудови алгоритмів діагностування.

З технічним діагностуванням пов'язана задача прогнозування технічного ресурсу об'єкта. Алгоритм технічного діагностування служить основою для створення автоматизованої системи технічної діагностики.

**Опис схеми пристроїв безпілотних авіаційних комплексів у вигляді функціонально-логічних блоків.** Починати пошук несправностей необхідно з виявлення істотних протиріч у цих показниках. На визначенні цих протиріч засновані всі методи пошуку несправностей. Система, що реалізує метод пошуку несправностей в складних електронних пристроях з врахуванням зовнішніх факторів, може бути поділена на взаємодіючі між собою модулі, що реалізують необхідні дії. Така схема взаємодії модулів представлена на рисунку 1.

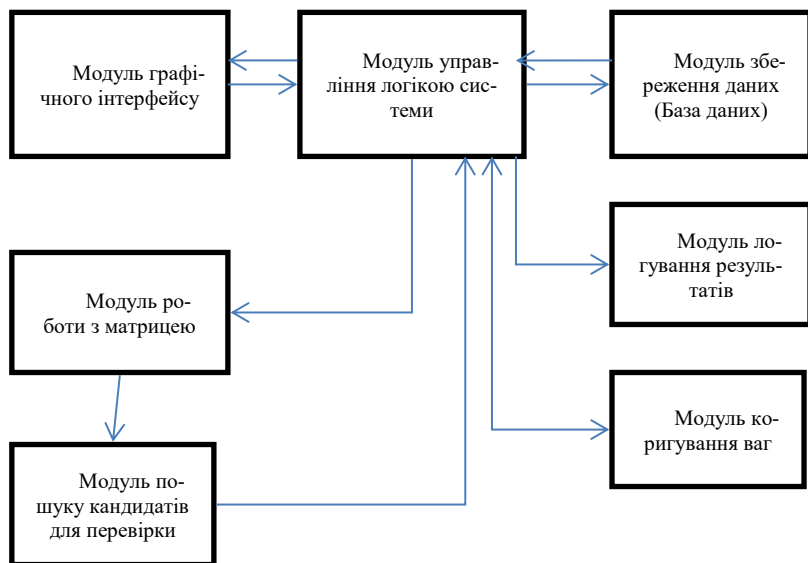


Рис. 1. Схема взаємодії модулів системи, що реалізує метод пошуку несправностей з врахуванням зовнішніх факторів

Система представляє собою реалізацію на платформі Java. Програма складається з графічного інтерфейсу користувача, бази даних та внутрішньої логіки.

Інтерфейс дає можливість побудови внутрішньої структури досліджуваного пристрою. Користувач може вказати, з яких функціональних блоків складається пристрій, які зв'язки між блоками та які зв'язки всередині блоків. Під зв'язками розуміємо причинно-наслідкові з'єднання між елементами [2].

В системі передбачено три типи блоків, за допомогою яких можна описати пристрій, а саме:

1) TYPICAL. Це блок, що представляє сам функціональний елемент, може мати злічену кількість входів і виходів.

2) IN. Блок, що вказує на сигнальні входи електронного пристрою.

3) OUT. Блок, що представляє виходи пристрою значення сигналів, які доступні для спостереження.

Кожному блоку можна задати ім'я. Інтерфейс побудований так, що користувач може пересувати елементи в межах робочої зони і розміщувати їх так як йому зручно.

### **Література**

1. Системы малой автоматизации//*О. И. Николайчук*. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 256 с.

2. Тим Хоукінс, Ілько Пладж, Питер Мембри. *The Definitive Guide to MongoDB: The NoSQL Database for Cloud and Desktop Computing*//*М.: Apress, 2010. – С. 350.*

УДК 621.9

## **АВТОМАТИЗОВАНИЙ МЕТОД ІДЕНТИФІКАЦІЇ ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

**В.А.Бичко**

*Чернігівський національний технологічний університет, м.Чернігів,  
Україна*

Вступ. Останнім часом активно розвиваються засоби та методи ідентифікації графічних об'єктів у рамках розв'язання задачі розпізнання растрових зображень. Особливо запитаними є методи розпізнавання у оцифрованих відеопотоках, що формуються, як в режимі реального часу так і в off-line режимі у файл. До категорій, що представляють інтерес для ідентифікації можна віднести рухомі об'єкти, як живої так і неживої природи.

В рамках задачі ідентифікації об'єктів неживої природи можна розглядати процес спостереження за елементами автоматизованих або напівавтоматизованих виробничих ліній, контролю за потоком автотранспорту, тощо.

В рамках задачі ідентифікації об'єктів живої природи можна розглядати процес спостереження за дикими або свійськими тваринами, або виявлення небезпечних персон у людському натовпі з метою запобігання терористичних атак.

В задачах розпізнавання образів розрізняють декілька груп методів. Зокрема використовують методи розпізнавання у просторі ознак при розпізнаванні об'єктів з несхожими фізичними ознаками, структурні методи, якщо сильно розрізняються елементи об'єкту та растровими методами при розпізнаванні графічних зображень.

Незважаючи на прикладені зусилля в данній області досі не знайдено єдиного універсального методу, який би давав оптимальні однозначні результати ідентифікації та відслідковування заданого об'єкту у широкому спектрі умов спостереження.

Розглядаючи процес відстежування об'єктів живої природи була сформульована наступна задача: Розробити та реалізувати програмно алгоритм, що дає можливість автоматизовано ідентифікувати заданий об'єкт на усіх кадрах відеопослідовності. (рис.1.)



Рис. 1. Приклад об'єктів для ідентифікації в природньому середовищі: 1- лінійно нероздільний об'єкт; 2 - лінійно роздільний об'єкт у RGB-просторі.

**Математична модель.** Для розв'язання описаної задачі при наявності графічного зображення, при розробці власного метода було вирішено поєднати деякі принципи, властиві, як методам розпізнавання у просторі ознак, так і растровим методам. В розробленому методі для виокремлення об'єкта пропонується розглядати масив пікселів об'єкта, що ідентифікується у вигляді масива векторів тривимірному просторі кольорових ознак (рис. 2.).

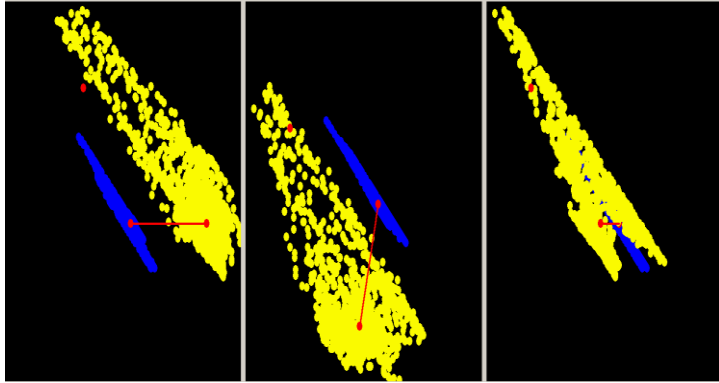


Рис. 2. Графічне представлення перетворення пікселів об'єкта та фону у масив векторів 3-вимірному просторі ознак, розкладене по площинам: R-B, B-G, R-G відповідно. Червона смуга поєднує вагові центри двох кластерів.

Координати векторів отримуються за допомогою оберненого перетворення RGB-функції.

Обговорення та перспективи. Представлені таким чином вектори утворюють кластер невизначеної форми, який може бути виокремлений замкнутим багатогранником, оскільки множина пікселів є кінцевою. Усі інші вектори, що створені пікселями фону утворюють інший кластер, який теж може бути виокремлений замкнутим багатогранником. (рис. 2, 3).

В цій роботі ход алгоритму представлений лише у вербальному вигляді з метою подальшого уточнення та удосконалення його дій.

Отже, якщо кольорова гама ідентифікованого об'єкта не перетинається з кольоровою гамою фону, то кластери об'єкта та фону не перетинаються. (рис.3). В такому випадку достатньо згенерувати лінійну вирішальну функцію, яка в подальшому буде відокремлювати схожі пікселі ідентифікованого об'єкта на усіх наступних зображеннях

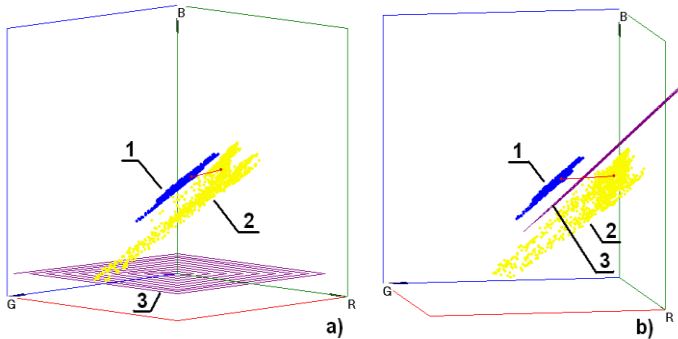


Рис. 1. Лінійно роздільний випадок графічного представлення об'єкту та фону у 3-вимірному RGB-просторі ознак: а) початкове б)кінечне зображення роздільної площини, де 1-кластер векторів ідентифікованого об'єкту; 2-кластер векторів фону;3-роздільна площина.

Якщо кольорова гама ідентифікованого об'єкту перетинається з кольоровою гамою фону, то кластери об'єкту та фону теж перетинаються. В такому випадку слід збільшити розмірність простору ознак до  $n=5$  додавши два виміри геометричних ознак. Тобто слід комбінувати ознаки геометричного розташування об'єкту з його кольоровими ознаками.

Але оскільки у загальному випадку треба розглядати рухомий об'єкт то слід враховувати, що його геометричні ознаки постійно змінюються від одного кадру до іншого. У такому разі слід проаналізувати величину наступного відношення:

$$D = \frac{L}{v * t} \quad (1)$$

де  $L$ - геометричні розміри ідентифікованого об'єкта;  $v$ - швидкість зміни положення ідентифікованого об'єкта;  $t$ - час фіксації кадру.

Якщо швидкість руху об'єкта порівняно мала, а швидкість зміни кадрів велика, на стільки щоб відношення  $D < 1$ , то слід шукати визначений об'єкт «поруч» з попереднім його положенням.

Якщо швидкість руху об'єкта порівняно велика, на стільки, щоб відношення  $D > 1$ , то слід ввести поправку  $\Delta$ , на зміщення ідентифікованого об'єкта. Для розрахунку поправки у RGB-просторі слід шукати об'єкт на декількох кадрах по унікальному кольору, який властивий лише заданому об'єкту .

В рамках проведеної роботи створюється програмний модуль, що виділений на першому кадрі об'єкт маркує на подальших кадрах іншим кольором.

В подальшому передбачається удосконалення програмного модуля в напрямку підвищення ефективності алгоритму розширення умов ідентифікації шляхом генерації розділяючих функцій.

### **Литература**

1. Устюгов М.Н., Садов В.Б. Идентификация технических объектов и систем управления во временной и частотной областях: Учебное пособие. -Челябинск: ЧГТУ, 1995. 103 с.
3. Устюгов М.Н., Червяков В.Б., Вацурин В.В. Автоматизированное исследование следящих систем двустороннего действия // В сб. Информационные устройства и системы управления. Челябинск: Изд. ЧГТУ, 1994. -С.33-37.
4. Блохин Л.Н., Осадчий С.И., Безкоровайный Ю.Н.Технология структурной идентификации и последующего синтеза оптимальных систем стабилизации неустойчивых динамических объектов//Международный научно -технический журнал “Проблемы управления и информатики”. – 2007. – №6. – С.57 –65.
5. Калиниченко Ю.В., Ищенко Я.С. Алгоритм поворота растрового изображения на произвольный угол - Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко, 2012. 5 с.

УДК 001.57

## **МОНИТОРИНГ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА**

А.А.Задорожний, Д.И.Пантелеенко

*Черниговский государственный технологический университет*

Пассажирский транспорт является одним из основных элементов социальной инфраструктуры города, обеспечивающим потребность жителей в городских, пригородных и междугородных перевозках. Надежная и эффективная работа общественного транспорта для города является важнейшим показателем социально-политической и экономической стабильности. В последние годы уровень и качество транспортного обслуживания населения города заметно снижается, и это вызывает справедливые нарекания пассажиров и может привести к нагнетанию социальной напряженности в городе. В целом положение на сегодняшний день в сфере общественного пассажирского транспорта в нашем городе можно охарактеризовать как критическое. В силу географических особенностей нашего города общественный транспорт большой вместимости, а особенно электротранспорт, играет важнейшую роль в процессе перевозок пассажиров. Однако сегодняшнее состояние городской

транспортной сети не отвечает требованиям современной жизни города и накладывает негативный.

Одной из основных проблем городского общественного транспорта является сильная изношенность и недостаточные темпы обновления подвижного состава. Как следствие износа подвижного состава – снижается уровень технической надежности и безопасности пассажирского транспорта, возрастает поток сходов с линии по техническим неисправностям. Кроме того, в значительной степени растут затраты на эксплуатацию подвижного состава и себестоимость перевозок пассажиров. С переходом на осенне-летнее расписание, возобновлением дачных маршрутов движения недостаток подвижного состава на маршрутах ощущается особенно остро. Увеличение транспортной подвижности населения, в условиях сокращения провозных возможностей приводит к росту наполняемости салонов. В часы «пик» она почти втрое превышает значения, рекомендованные Международным союзом общественного транспорта, и достигает физического предела. Не обеспечивается не только минимальный уровень комфортности поездок пассажиров, но и необходимые условия соблюдения безопасности при их перевозках. По этой причине поступают многочисленные жалобы, высказываются недовольства, растет социальная напряженность среди населения. Поддержание в работоспособном состоянии и выпуск на линию изношенных транспортных средств, требует повышенных эксплуатационных затрат, ухудшает экологическую обстановку в городах и снижает безопасность дорожного движения. Немалую роль в осуществлении городских пассажирских перевозок, а точнее в усугублении обстановки, сложившейся в волгоградском общественном транспорте, играют автобусы малой вместимости – маршрутные такси. Не отвечающие требованиям безопасности как из-за несовершенства конструкции, так и из-за низкой квалификации водителей и постоянных нарушений ими правил движения и перевозки пассажиров, «маршрутки» стали серьезной проблемой транспортной сети нашего города.

GPS мониторинг и контроль общественного транспорта с каждым годом становится все более актуальным. Современные системы мониторинга позволяют не только контролировать маршруты движения транспорта, но и контролировать пассажиропоток, составлять планы перевозок, вести контроль нарушений, учитывать существующие проблемы и нюансы транспортной отрасли.

Благодаря gps системе мониторинга транспорта с помощью любого устройства, имеющего доступ к сети Интернет, можно:

- оперативно контролировать движение пассажирского транспорта в режиме реального времени;



- автоматически освещать о любых отклонениях от маршрута, повышения скоростного режима;
  - учитывать фактически отработанное время водителей и кондукторов при повременной оплате труда;
  - обеспечить контроль расхода топлива;
  - составлять специализированные отчеты.
- Основными задачами данной системы являются:
- осуществление мониторинга функционирования общественного транспорта;
  - формирование и оптимизация единой маршрутной сети общественного транспорта;
  - осуществление диспетчерского управления общественным транспортом;
  - автоматизация продажи проездных документов на автомобильный, железнодорожный, воздушный и внутренний водный общественный транспорт.

### **Література**

1. Все о GPS-навигаторах. - М.: НТ Пресс, **2015**. - 392 с.
2. GPS - лучший друг навигатора. С.Надломов. Журнал "Шкипер" N2 – 2000
3. Кингслей-Хагис, К. Недокументированные возможности GPS; СПб: Питер, 2007. - 304 с.

УДК 001.57

## **МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ**

**І.В.СТЕЦЕНКО, А.А.ГРИЩЕНКО**

*Чернігівський національний технологічний університет*

Розрахунок параметрів діючих в Україні систем управління дорожнім рухом здійснюється виключно на підставі забезпечення безпеки руху та не передбачає швидке реагування на змінювання потоку транспорту. Розвиток сучасних технологій відеоспостереження дорожнього руху та технічних засобів регулювання дорожнім рухом відкриває можливість розвитку технологій управління дорожнім рухом на перехресті, що ґрунтуються на поточних даних про показники дорожнього руху. Метою цієї роботи є моделювання системи, яка значно полегшила б рух по перехрестям, а також прискорила б вирішення проблем у разі погіршення умов дорожнього руху.

Модель системи управління транспортним рухом виходить з таких припущень: 1) відомі середні значення інтенсивностей надходження

авто у визначених вхідних точках транспортної системи; 2) відомі значення середньої швидкості руху та довжина шляху між двома сусідніми перехрестями; 3) для кожного перехрестя відома кількість вхідних та вихідних напрямків руху, кількість смуг руху у кожному напрямку та ймовірності слідування авто, що надійшло у визначеному вхідному напрямку, до кожного з вихідних напрямків перехрестя; 4) для кожного перехрестя відомі засоби регулювання, які можуть бути використані на даному перехресті з огляду на безпеку руху і встановлення яких досліджується; 5) для перехрестя, регульованого світлофорами, відомі інтервали горіння жовтого сигналу світлофора, розрахованого з урахуванням структури перехрестя та вимог безпеки руху автомобілів, які в'їхали на перехрестя під час горіння зеленого сигналу світлофору. Транспортна система міста розглядається як сукупність перехресть, з'єднаних між собою дорогами (рис.1). Авто, що під'їжджають до перехрестя, рухаються по смугах руху до вхідних точок перехрестя. Переїзд перехрестя автомобілем розглядається як подія, при якій авто потрапляє з вхідної точки перехрестя до вихідної точки перехрестя.

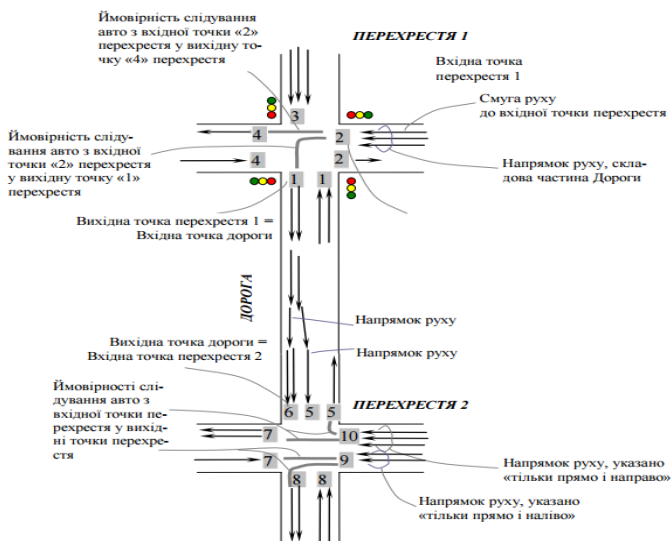


Рис. 1

Технічними засобами регулювання на перехресті є дорожні знаки, які визначають перевагу того чи іншого напрямку руху, та світлофори, які сигналізують про надання дозволу на рух транспорту. Якість системи управління транспортним рухом оцінюється показниками, що вимірюють накопичення автомобілів у місцях перетину доріг.

Нехай, наприклад, на перехресті в одних напрямках спостерігається значне очікування в чергах, а в інших – спостерігається нульове. Середнє значення очікування, за рахунок нульових значень, приймає невелике значення. Чи може таке управління вважатись якісним? Очевидно, що обмеживши рух транспорту в тих напрямках, на яких спостерігається нульове значення, отримаємо додатковий резерв для зменшення очікування у більш завантажених напрямках. Отже, середнє очікування, а також середня кількість авто у чергах не можуть представляти оцінку якості управління. На рис. 2 запропоновано для оцінки якості управління транспортним рухом використовувати максимальну кількість автомобілів, які знаходяться в очікуванні:

$$z = \max(L_{i1}, L_{i2}, \dots, L_{kn}) \rightarrow \min \quad (1)$$

де  $L_{ji}$  – середня кількість машин, що очікують переїзду на  $j$ -ому перехресті в  $i$ -ому напрямку.

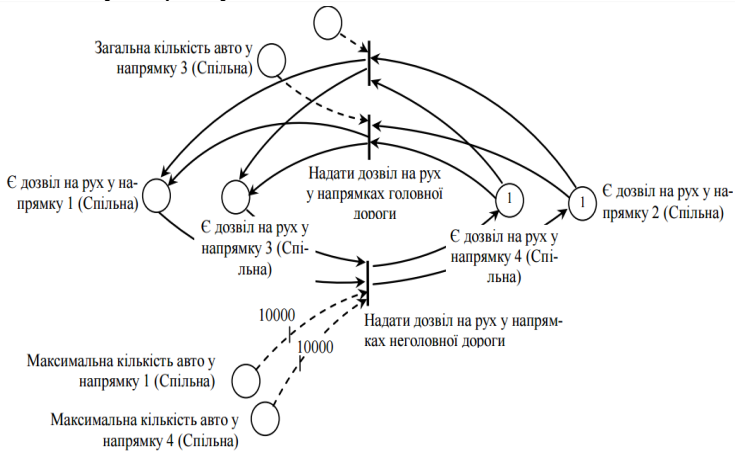


Рис. 2

На рис. 3 розроблена технологія відшукування оптимальних параметрів управління дорожнього руху через регульовані перехрестя міста, що базується на імітаційній моделі та еволюційних методах оптимізації. Функціонування світлофорного об'єкта задається послідовністю фаз. Кожна фаза складається з основного та проміжного тактів. Під час основного такту здійснюється рух транспорту на перехресті на зелений сигнал світлофора. Проміжний такт необхідний для забезпечення безпеки руху автомобілів та пішоходів і розраховується виключно з умов безпеки за формулами, які наведені на рис. 1. Сигнали світлофорів перемикаються дорожніми контролерами циклічно за заданою програмою. У табл. 1 представлена схема переключень сигналів N-фазного

світлофорного циклу, що задає сигнали для  $M$  світлофорів відповідно до  $M$  вхідних точок транспортного руху.

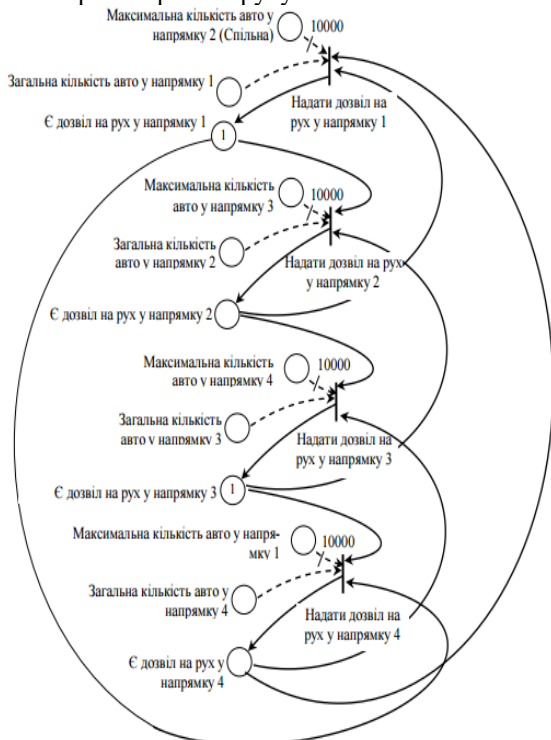


Рис. 3

Табл. 1.  $N$ -фазний світлофорний цикл

Фаза/ Вхідна точка перехрестя	Фаза 1		Фаза 2		...		Фаза $N$	
	Основний такт	Проміжний такт	Основний такт	Проміжний такт	...	...	Основний такт	Проміжний такт
1	зелений	жовтий	червоний	жовтий	...	...	червоний	червоний і жовтий
2	зелений	жовтий	червоний	жовтий	...	...	червоний	жовтий
3	червоний	жовтий	зелений	жовтий	...	...	зелений	жовтий
4	червоний	жовтий	зелений	жовтий	...	...	зелений	жовтий
...	...	...	...	...	...	...	...	...
$M$	червоний	червоний і жовтий	зелений	зелений мигаючий			жовтий	жовтий мигаючий
Тривалість	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_3$			$t_{2N-1}$	$t_{2N}$

Таким чином, управління світлофорним об'єктом характеризують такі величини: тривалість світлофорного циклу, кількість фаз у світлофорному циклі, кількість світлофорів, сигнали світлофорів відповідно до кожного такту і кожної фази світлофорного циклу.

Застосування технології моделювання до моделі системи управління дорожнім рухом дозволило вперше побудувати імітаційну модель системи з урахуванням різних способів регулювання, що використовуються в транспортних системах, та з урахуванням сумісного впливу управляючих параметрів. Об'єкти моделі системи управління транспортним рухом, які розроблені, можуть стати підґрунтям для розробки предметно-орієнтованої системи імітаційного моделювання транспортних систем. Оптимізація параметрів управління за критерієм якості (рис. 2) з використанням еволюційної стратегії, описаної на рис. 3, відкриває перспективу розробок у напрямку створення систем адаптивного управління транспортними потоками міста.

### **Література**

1. Стеценко І.В. Петрі-об'єктна модель системи управління транспортним рухом / І.В. Стеценко // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: Зб. наук. пр. – К.: ВЕК+, 2012. – №54. – С.116-125.
2. Стеценко І.В. Дослідження дискретно-подійних систем з використанням технології Петрі-об'єктного моделювання // Управляющие системы и машины. – Киев, 2014. – №5 (253). – С.77-85.
3. Стеценко І.В. Паралельний алгоритм імітації Петрі-об'єктної моделі // Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2016: тези доповідей Одинадцятої міжнародної науково-практичної конференції (Жукін, 27 червня – 1 липня 2016 р. ) / М-во осв. і наук. України, Нац. Акад. наук України, Академія технологічних наук України, Інженерна академія України та ін. – Чернігів: ЧНТУ, 2016 – С.369-372.
4. Литвинов В.В. Управління розподіленими ресурсами грид-системи / І.В. Стеценко, В.В. Литвинов // Математичні машини і системи. – Київ, 2012. – №2. – С.3-12.

## МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ РАСЧЕТА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ТРУБЕ В ПОДАТЛИВОЙ ОБОЛОЧКЕ

В.В. Можаровский, Д.С. Кузьменков, Е.А. Голубева,  
Р.А. Аль-Абси

*Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины, Республика Беларусь*

В настоящее время широкое применение композиты получили в производстве труб и трубопроводов, в связи с этим задача расчета напряженно-деформированного состояния труб из композитов является актуальной.

В данной работе рассмотрим задачу о бесконечно длинном упругом цилиндре, заключенном в податливую оболочку и полиуретановой теплоизоляцией, нагруженном внутренним давлением. Также рассмотрим алгоритм решения граничных задач, моделирующих определение напряжений в бесконечно длинном упругом цилиндре (математическая модель), заключенном в податливую оболочку, нагруженном внутренним давлением. Внутренний слой (т.е. сам цилиндр) состоит из функционально-градиентного материала.

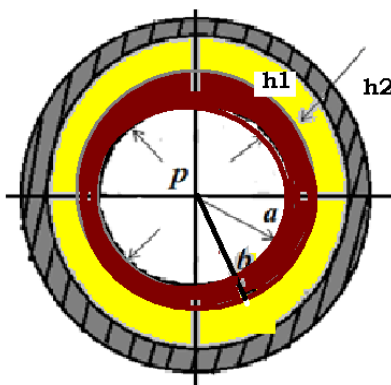


Рисунок 1 – Цилиндр в податливой оболочке под действием внутреннего давления

Поведение оболочки и наполнителя описывается уравнениями теории упругости и  $\varepsilon_z^* = \varepsilon_z = 0$ . Решается система уравнений при задан-

ных геометрических и физических параметрах (с учётом функционально-градиентного материала цилиндра), находим напряжения и перемещения.

На основании решения упругой задачи рассматривали вязкоупругий случай, в котором характеристики трубы изменяются во времени. Для реализации расчета напряженно-деформированного состояния цилиндрической трубы использовали интегральные операторы Вольтера и методику определения параметров ядра Ржаницына-Колтунова. С учетом физико-механических свойств были построены графики изменения напряжений деформаций во времени трубы из композита с учетом явления ползучести и релаксации.

С учетом физико-механических свойств были построены графики изменения напряжений деформаций во времени трубы из композита с учетом явления ползучести и релаксации. Создана компьютерная программа в среде Delphi, которая реализует расчет напряжений и перемещений для цилиндрической трубы в податливой оболочке с полиуретановой теплоизоляцией. Предлагаемые подходы могут быть использованы в производственных процессах.

### **Литература**

1. Анализ контактного взаимодействия автомобильной шины с колесным диском и дорожным покрытием / В.В. Можаровский [и др.] // Доклады Белорусского конгресса по механике: сборник научных трудов. – Минск, 2007. – С. 135–142.
  2. Wang, H. Combined effect of moving wheel loading and three-dimensional contact stresses on perpetual pavement responses / H. Wang., I.L. Al-Qadi // Transportation research record. – 2009. – Vol.2095. – P. 53–61.
- Можаровский, В.В. Прикладная механика слоистых тел из композитов / В.В. Можаровский, В.Е. Старжинский. – Минск : Наука и техника, 1988. – 280 с.

УДК 681.3

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ JAVASCRIPT-ФРЕЙМВОРКА GOJS ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

Е.И. Сукач, Д.В. Гетиков, М.А. Бужан, Ю. В. Жердецкий  
*УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины», Бела-  
русь*

**Введение.** Рассматриваются подходы к программному моделированию транспортных систем (ТС) большой размерности, имеющих веро-

ятностные характеристики ввиду наличия случайных параметров функционирования. Приводится пример моделирования ТС с использованием программного web-ориентированного комплекса, представляющего собой средство виртуализации набора параметризованных имитационных моделей для решения задач оценки надёжности многокомпонентных сложных систем с учётом динамически изменяющихся компонентов.

**Подходы, применяемые к моделированию транспортных систем.** Существует ряд задач, решаемых при исследовании ТС и их потоков. Классическими задачами в этой области являются определение кратчайшего (наиболее выгодного) пути в ТС и нахождение максимальной величины (пропускной способности) потока. Однако решение указанных задач становится возможным при определенных ограничениях ТС и их участков. В классической постановке задачи определения кратчайшего пути между заданными пунктами ТС предполагается постоянная величина характеристик участков ТС. Если такой характеристикой является длина участков, то алгоритм, основанный на аналитических расчётах, позволяет найти кратчайший путь. Однако, выбор кратчайшего пути в смысле времени перемещения транспортных средств, стоимости и общей эффективности организации транспортного процесса требует разработки специальных методов, позволяющих учесть случайный характер этих величин [1].

Целью исследования была разработка web-ориентированного программного комплекса, рассчитанного на построение кратчайшего пути/максимального потока в условиях всех возможных комбинаций сложной системы, который также позволяет установить зависимости времени выполнения алгоритма от количества вершин/состояний/связей. Объектом исследования являлась сложная система большой (ограниченной) размерности, включающая множество компонентов, каждый из которых характеризуется множеством несовместных состояний. Состояния определялись в соответствии с промежуточными уровнями исследуемого свойства компонентов, которые характеризовались некоторыми физическими параметрами. Ставилась задача определения вектора вероятностей состояний исследуемой системы по вероятностным значениям исследуемого свойства её компонентов.

В случаях, когда функционирование системы зависит от случайных факторов, возможно применение расчётного метода, основанного на сочетании аналитических алгоритмов решения классических задач и метода Монте-Карло. Суть его заключается в использовании модифицированных детерминированных алгоритмов при учете вероятностных характеристик участков системы, значения которых «разыгрываются» с



использованием метода статистических испытаний [2]. Применение имитационного моделирования позволяет исключить большинство ограничений и повысить точность результатов для существующих и прогнозируемых транзитных потоков. Однако метод подобного рода предполагает рассмотрение различных траекторий функционирования исследуемых систем во времени с последующим усреднением полученных статистических результатов, что является весьма ресурсоёмким как по материальным, так и по временным затратам процессом.

Альтернативным способом оценки максимального потока ТС является вероятностный подход. В этом случае ТС представляется в виде графа, для которого указан исток и сток. В расчетах в качестве исходных данных используются векторы вероятностей, которые характеризуют вероятные значения пропускной способности участков ТС. Задачей является поиск вероятностной оценки максимального потока ТС, а также соответствующих интервальных значений пропускной способности ТС учётом имеющихся данных. Для ТС простой графовой структуры применим метод вероятностно-алгебраического моделирования. Он гарантирует определение интегральных вероятностных характеристик ТС, увеличение числа элементарных участков которых и их состояний не приводит к экспоненциальному усложнению расчётов.

Для ТС структурно-сложной организации метод вероятностно-алгебраического моделирования предполагает декомпозицию исследуемой ТС в виде непересекающейся совокупности графовых подструктур-четырёхполюсников, являющихся образами подсистем исследуемой системы и последующее вероятностно-алгебраическое умножение полученных векторов вероятностей, характеризующих пропускную способность выделенных графовых структур.

### **Программный комплекс оптимизации функционирования ТС.**

Описанные выше методы легли в основу создания программного web-ориентированного комплекса, оптимизирующего организацию ТС с учётом случайных параметров их функционирования за счёт решения типовых задач моделирования путем эксплуатации набора параметризованных имитационных моделей [3].

Программный комплекс, представляющий собой средство виртуализации набора параметризованных имитационных моделей, реализован базовыми средствами разработки web-приложений. Структура приложения составлена на языке гипертекстовой разметки HTML5, логика приложения реализована на языке JavaScript, дружественный графический интерфейс реализован при помощи набора каскадных таблиц стилей CSS3.

Выбор средств разработки обуславливается растущей популярностью веб-приложений. На сегодняшний день средства доступа в Internet практически всегда находятся в непосредственной близости от человека (мобильный телефон, персональный компьютер, ноутбук, планшет), а значит современное приложение должно быть доступно через представляемые подобным способом сетевым сервисом.

Стиль, а также значительная часть задействованных в интерфейсе каскадных таблиц и элементов управления, обеспечены использованием современных JavaScript библиотек, таких как jQuery, гибкая настройка структуры приложения обусловлена использованием популярного фреймворка Bootstrap, что позволяет приложению работать не только на персональном компьютере, но и на современных мобильных платформах посредством одного лишь web-браузера.

Логика приложения реализована на интерпретируемом языке программирования JavaScript (ECMAScript), что позволяет использовать приложение на динамической основе и без перезагрузки страницы приложения. Заданная графовая структура ложится в основу объектно-ориентированной модели, которая в свою очередь обладает специфическими свойствами объекта класса библиотеки GoJS – JavaScript библиотеки для создания интерактивных диаграмм, графиков, а также иного рода объектных моделей динамического характера. Многие предустановленные средства и команды уже реализованы в данной библиотеке, что приводит к контролируемым и динамически предсказуемым результатам поведения объектов модели по заданным параметрам. Изменение внешнего вида, а также поведения получаемой на выходе диаграммы (визуальной графовой структуры) по большей части становится вопросом задания определенных свойств модели.

Концепция проста: Диаграммы состоят из частей – Узлов, которые, в свою очередь, могут соединяться Связями, что может быть объединено в логические Группы. Все эти элементы объединяются в Слои, организовываясь в Макет. При этом, каждая диаграмма имеет свою Модель, которая и содержит, и интерпретирует заданные приложением данные для определения отношений узел-узел, а также нахождения в группах.

Понятие Модели в контексте программного продукта расходится с понятием имитационных моделей, используемых для решения типовых задач оптимизации системы. В контексте программного комплекта, Модель – логический элемент структуры приложения, отвечающий за логику управления имеющимися для обработки данными, в том числе для динамического связывания данных приложения и отображаемого результата.

Все программные изменения в свойствах Диаграммы, Модели, других графических объектов задаются в отдельных транзакциях пользовательских действий, что обеспечивает корректное внесение изменений в объекты и динамическую реакцию виртуальной модели на внесенные изменения с последующим мгновенным изменением отображаемой структуры.

**Заключение.** Практическое применение программного комплекса позволит спрогнозировать и оценить надёжность многокомпонентных сложных систем с учётом со временем изменяющихся компонентов, а также анализировать изменение пропускной способности в результате изменения аналогичных параметров их компонентов, а использование модели данных обеспечит интуитивный интерфейс с динамическим отображением данных в интерактивном режиме.

### **Литература**

1. Сукач, Е.И. Вероятностно-алгебраическое моделирование потоковых систем / Е.И. Сукач [и др.] // Современные информационные компьютерные технологии mcIT-2010 [Электронный ресурс]: материалы II Международной научно- практической конференции. – Гродно, 2010. – 1 электр. компакт диск (CD-R). – 995 с. – Рус. – Деп. в ГУ «БелИСА» 24.05.2010 г., № Д201019.
2. Гетиков, Д.В. Моделирование вероятностных характеристик надежности потоковых систем // Д.В. Гетиков, Е.С. Абрамов, Д.В. Дервянко, //Сборник материалов научной конференции "Молодежь в науке - 2015", г.Пинск, ноябрь 2015г.
3. Сукач, Е.И. Вероятностно-алгебраический метод моделирования сложных систем / Е.И. Сукач, Д.В. Ратобыльская, В.Н. Кулага // Имитационное моделирование. Теория и практика. ИММОД-2009: материалы научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 21–23 октября 2009 г.) В 2 т. Т. 1. – Санкт- Петербург, 2009. – С. 187–191.

УДК 004.942

### **ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ВУЗЛІВ, ДАВАЧІВ ТА КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ГАЗОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ**

В.В. Литвинов, О.О. Литвин, О.І. Трунов

*Чернігівський Національний технологічний університет,*

Сучасні системи підтримки прийняття рішень (СППР) і пов'язані з ними аналітичні інформаційні технології у своїй основі базуються на

динамічному підході до аналізу ситуацій. Для оцінки якості управлінського рішення необхідно побудувати деякий прогностичний віртуальний сценарій розвитку багатопараметричної ситуації, що базується на адекватній математичній моделі або системі моделей управління. Для побудови і корекції яких використовуються ряди спостережень, отримані в процесі моніторингу стану системи. Однак на практиці якість отриманої «інформаційної сировини» виявляється недостатньою для формування адекватних математичних моделей.

У більшості випадків ті чи інші алгоритми прогнозування і прийняття рішень базуються на математичних методах, застосування яких обмежено набором умов. Дані умови зазвичай висуваються до статистичних та динамічних властивостей вихідних даних. При невиконанні цих умов відповідні алгоритми, в кращому випадку, не забезпечують формування ефективних рішень, а при деяких обставинах призводять до помилкових висновків [1, 2]. У зв'язку з цим застосуванню формалізованих методів управління повинен передувати комплексний аналіз властивостей інформаційних потоків і їх попередня обробка. Звідси безпосередньо впливає розглянуте нижче завдання розробки програмного модуля (ПМ), що забезпечує вирішення таких важливих для управління завдань, як:

- оперативне перетворення потоку вимірювальної інформації в сукупність параметрів, що допускають наочну інтерпретацію процесів, що протікають;
- виявлення прихованої (латентної) інформації, яка описує взаємозв'язки і взаємовплив параметрів системи і зовнішнього середовища;
- агрегування, стиснення і візуалізація багатовимірних взаємопов'язаних процесів;
- виявлення аномальних спостережень і прихованих невідповідностей і т. п.

Технічна реалізація ПМ може здійснюватися в найрізноманітніших формах - від програмних продуктів, що інтегруються в якості аналітичних надбудов в АСУ, до програмних додатків БД. У цілому, ПМ попередньої обробки слід розглядати як функціональний елемент СППР, призначений для підвищення ефективності керувань, що формуються.

Розглянемо конкретний приклад реалізації ПМ попередньої обробки, який орієнтовано на завдання аналізу даних, отриманих в процесі моніторингу давачів та каналів зв'язку вузлів газотранспортного комплексу (ГТК).

Функціональна структура програмного модуля попередньої обробки даних для ГТК (рис. 1)

Результати моніторингу стану ГТК і її вихідних параметрів надходять в БД у вигляді послідовності багатовимірних даних. Вміщені в БД дані можуть не повною мірою відповідати вимогам системи обробки даних. У зв'язку з цим виникає необхідність використання модуля попередньої обробки даних, що включає в себе такі функціональності, як виявлення і обробка пропусків в БД, виявлення мультиколінеарності у вихідних даних, згладжування часових рядів спостережень і ін.

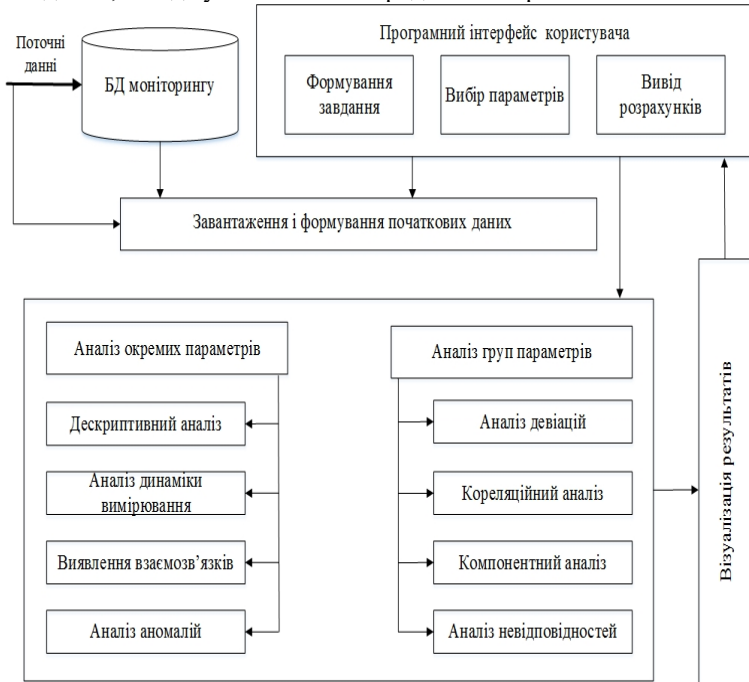


Рис. 1. Функціональна структура модуля попередньої обробки даних для діагностування вузлів, давачів та каналів зв'язку ГПК

Вибір завантажуваного масиву, використовуваних функціонально-стей і параметрів дослідження здійснюється засобами програмного інтерфейсу користувача. Сюди ж, в графічні вікна інтерфейсу, виводяться результати, що відповідають обраній задачі (функціональності).

Завдання вирішуються послідовно. При кожному зверненні до програми вибирається одна конкретна задача, відповідно до якої завдання передається відповідній процедурі, що відповідає за реалізацію даної функціональності.

Застосування модуля попередньої обробки даних може використовуватися автономно, на будь-якому робочому комп'ютері з сучасними версіями операційного середовища Windows. При цьому вихідні масиви даних передаються або в текстовому форматі, або в форматі електронних таблиць MS Excel.

Звернення до основної програми ПМ здійснюється через Visual Studio IDE інтерфейс. Крім традиційних функціональностей аналізу даних, зокрема описативний аналіз, кореляційний аналіз та інші, ПМ містить методи виявлення аномальних спостережень в БД і методи компонентного аналізу, що призначені для вирішення завдання візуалізації багатовимірного стану ГТК.

При цьому в якості критерію аномальності можна використовувати нижчеописані правила виявлення великих відхилень, застосовуючи їх у загальному просторі послідовно по кожній головній компоненті.

Виявлення аномальних вимірювань. При вирішенні завдань статистичного аналізу даних, наявність у вибірці аномальних вимірювань може привести до істотної втрати в точності формованих оцінок і прогнозів. У зв'язку з цим в ПМ передбачена функціональність, що дозволяє виявляти і усувати аномальні спостереження.

Для гауссівського розподілу похибок спостережень в якості вирішального правила при розв'язанні задачі виявлення аномальних спостережень можна використовувати найпростіший підхід, заснований на попаданні спостережень за межі довірчого інтервалу  $\Delta x = (x - \delta x, x + \delta x)$ . При цьому ймовірність того, що спостереження лежать в межах даного інтервалу зазвичай вибирається з числового ряду 0,95, 0,99, 0,999, 0,997. Нехтуючи ймовірністю відповідної помилки, можна розглядати всі спостереження, які не потрапляють в  $\Delta x$ , як аномальні. Аналогічні результати дає підхід, заснований на перевірці статистичних гіпотез. Одним з поширених вирішальних правил є критерій виявлення аномальних спостережень на основі статистики виду [3]

$$B'_1 = \frac{x_{(n)} - \bar{x}}{s}, \text{ де } s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

Тут  $x_{(n)}$  - «підозріле» спостереження,  $x$  і  $s$  - вибіркові оцінки середнього і скв, побудовані за вибіркою обсягу  $n$ .

Компонентний аналіз. Для вирішення завдання візуалізації багатовимірних процесів (близько  $m > 3$ ) часто використовуються технології

агрегації даних на основі лінійної форми  $y_k = \sum_{j=1}^m a_j x_j$ ,

( $k \leq 2 \dots 3$ , тобто допускала б візуалізацію даних), що відповідають умові максимального збереження інформації, що міститься в масиві спостережень  $X$ .

Один з варіантів вирішення забезпечується методом головних компонент [4], відповідно до якого коефіцієнти зазначеної лінійної форми є власними векторами  $A$ , що відповідають найбільшим власним числам  $\{\lambda_j, j = 1, \dots, m\}$  коваріаційної матриці  $S$  масиву вихідних даних  $X$ . Для знаходження власних чисел розв'язується характеристичне рівняння

$$|S - \lambda I| = 0,$$

де  $I$  - одинична матриця.

Розглянутий ПМ попередньої обробки дозволяє отримати додаткову інформацію про статистичні і динамічні властивості контрольованих процесів, взаємозв'язках окремих параметрів, отримати інтегроване уявлення про зміну стану вузлів, давачів та каналів зв'язку ГТК. Отримана інформація, в свою чергу, дає можливість підвищити якість прийняття рішень, щодо функціонування ГТК.

### Література

- 1.Бахтадзе Н.Н. Виртуальные анализаторы (идентификационный подход) // Автоматика и телемеханика. 2004. № 11. С. 3-24.
- 2.Мусаев А.А. Виртуальные анализаторы: концепция построения и применения в задачах управления непрерывными технологическими процессами // Автоматизация в промышленности. 2003. № 8. С. 28-33.
- 3.Сархан А.Е., Гринберг Б.Г. Введение в теорию порядковых статистик // М.: Статистика, 1970. - 416 с.
- 4.Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности // С.А. Айвазян, В. М. Бухштабер, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин. Под ред. С. А. Айвазяна. М.: Финансы и статистика, 1989. - 607 с.

УДК 004.02:007

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ РАБОТЫ МЕДИЦИНСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

В.А. Витер, А.Г. Гребенник, С.В. Злобин, Е.В. Трунова  
*Черниговский национальный технологический университет*

В современных условиях нашего мира большое значение имеет качество медицинского обслуживания. Каждый гражданин любой страны имеет право на своевременную и квалифицированную помощь специалиста-медика. В современном ритме жизни у людей все меньше вре-

мени остаётся на своё здоровье, а визит в больницу, как правило, затягивается надолго. Однако, имея талон на посещение необходимого врача на определённую дату и время, человек без труда спланирует время и попадёт на приём. Все это приводит к тому, что систему медицинского обслуживания необходимо автоматизировать.

Разработка алгоритмов оптимизации, учитывающих структурные особенности расписания работы медицинского учреждения, является актуальной задачей. Для её решения предлагается использовать композиционный генетический алгоритм составления расписания, основанный на структуризации исходной информации, адаптированных к ней генетических операциях и структурном представлении объектов генетической оптимизации.

В качестве исходной информации при составлении расписания выступают:

- а) множество  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_{N_s}\}$  оказываемых услуг;
- б) множество  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_{N_p}\}$  пациентов;
- в) множество  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_{N_d}\}$  медицинских специалистов;
- г) множество  $R = \{r_1, r_2, \dots, r_{N_r}\}$  имеющихся в распоряжении кабинетов;
- д) множество  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_{N_t}\}$  временных интервалов (время приёма),

где  $N_s$  – число оказываемых услуг,  $N_p$  – число пациентов,  $N_d$  – число медицинских специалистов,  $N_r$  – число кабинетов,  $N_t$  – число временных интервалов (консультаций).

Между данными множествами имеют место связи, вытекающие из организационной структуры системы работы медицинского учреждения, реализующей процесс медицинского обследования. Поэтому в качестве теоретико-множественной модели расписания можно рассматривать функцию, отображающую декартово произведение множеств  $S_{ch} = S \times P \times D \times R \times T$  на множество  $\{0,1\}$ :

$$s_{ch} : S \times P \times D \times R \times T \rightarrow \{0,1\},$$

причём  $r(s_i, p_l, d_m, r_j, t_k) = 1$  означает, что оказание услуги  $s_i$  для пациента  $p_l$  проводится медицинским работником  $d_m$  в кабинете  $r_j$  в интервал времени  $t_k$ .

При составлении расписания будем оперировать следующими тремя множествами объектов:



$C = \{c_j\} = (c_d^i, c_s^i, c_p^i, c_g^i, c_h^i, c_w^i, c_l^i, c_r^i), j \in \overline{1, N_c}$  – множество циклов консультаций,

где  $c_i$  –  $i$ -й элемент множества циклов консультаций;  $c_d^i$  – медицинский специалист;  $C$  – услуги;  $c_p^i$  – пациенты;  $c_g^i$  – групповая консультация;  $c_h^i$  – длительность цикла (число консультаций);  $c_w^i$  – интенсивность приёма;  $c_l^i$  – параметр, определяющий вид услуги;  $c_r^i$  – код допустимого подмножества кабинетов.

$R = \{r_j\}, j \in \overline{1, N_r}$  – множество кабинетов и помещений для проведения консультаций.

$T = \{t_k\}, k \in \overline{1, N_t}$  – множество единиц времени в течение недели.

Расписание работы можно полностью определить двумя векторами  $\alpha$  и  $\tau$ :

$$\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{N_r}\},$$

$$\tau = \{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_{N_t}\},$$

где  $\alpha_j \in R$  — код кабинета, соответствующий циклу консультаций,  $\tau_k \in T$  — код консультации, назначенной первой услугой из цикла обследования.

Все требования, предъявляемые к расписанию работы медицинских учреждений, условно разобьём на две группы: обязательные и желательные. К первой группе относятся требования, невыполнение которых делает невозможным осуществление процесса. Эти требования будем рассматривать в качестве ограничений оптимизационной задачи составления расписания.

Вторая группа включает в себя требования, выполнение которых является желательным. К числу данных требований относятся:

- соблюдение равномерности распределения нагрузки в течение недели;
- соблюдение соответствия между характером обследования и временным интервалом их проведения (например, например, анализ крови желательно проводить в начале дня и т. д.);
- учёт пожеланий медицинских работников относительно своего расписания работы;
- требования, связанные с обеспечением комфорта пациентов и медицинских работников, а также спецификой медицинского учреждения (например, минимизация интервалов времени переходов от одного специалиста к другому при комплексном обследовании).

Ети вимоги будемо розглядати як критерії.

Розглянемо обмеження моделі:

- 1) відсутність накладок для пацієнтів
- 2) відсутність накладок для кабінетів;
- 3) відсутність накладок для медичних працівників;
- 4) оптимізація «окон» для пацієнтів;
- 5) оптимізація «окон» для медичного персоналу;
- 6) тривалість прийому не повинна перевищувати заданого часу;
- 7) відповідність типу кабінету виду обстеження;
- 8) необхідність виконання запланованих послуг в повній кількості.

Предложена математическая модель составления расписания медицинских учреждений удовлетворяющая ограничениям (1)-(8) может быть реализована с помощью генетического алгоритма.

### **Література**

1. Лазарев А.А., Гафаров Е.Р. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы. М.: МГУ, 2011.
2. Brucker P. Scheduling Algorithms. Springer Verlag, 2007. 317- 320 pp.
3. Smith J. Patterns - WPF Apps With The Model-View-ViewModel Design Pattern // MSDN Magazine, February 2009.

УДК 004.75

### **РОЗРОБКА АРМ АДМІНІСТРАТОРА ПРИВАТНОЇ КЛІНІКИ**

Вітер В.О., Злобін С.В., Трунова О.В.

*Чернігівський національний технологічний інститут, Україна*

Сьогодні Україна продовжує гармонізувати законодавчу базу в галузі охорони здоров'я відповідно до європейських стандартів і норм. У більшості клінік в Україні не використовуються медичні інформаційні системи для обліку інформації про пацієнта, його оглядах у лікаря, призначеного лікування, виписаних рецептів і т.ін., що виключає отримання об'єктивних даних про лікування окремого пацієнта або статистичних даних про захворюваність жителів міста / району в цілому. Впровадження в закладах охорони здоров'я України медичних інформаційних систем, розроблених на основі пацієнт-орієнтованого підходу і з використанням сучасних технологій побудови архітектури систем є одним із шляхів забезпечення надання якісної медичної допомоги населенню України.

Метою розробки медичної інформаційної системи для медичних центрів, клінік та інших лікувальних установ є підвищення ефективності функціонування установ охорони здоров'я первинного рівня надання медичної допомоги, а також отримання достовірної, своєчасної та доступної інформації щодо лікування громадян України. Розміщення медичної системи в «хмарі» дозволяє установам охорони здоров'я уникнути первинних непотрібних інвестицій на закупівлю обладнання та ліцензій, істотно знизити сукупні витрати на володіння системою і, разом з цим, забезпечити доступ медичних фахівців до інформації про пацієнта з будь-якого місця в режимі 24/7.

Система «Медучет» призначена для медичних центрів, клінік та інших лікувальних установ. Дана програма дозволить автоматизувати роботу рецепції медичного закладу, а також робочі місця лікарів завдяки веденню всебічного обліку. Є попередній запис пацієнтів, контроль наданих послуг, зберігання інформації про пацієнтів і всіх їх відвідувань, а також зберігання історії хвороби кожного клієнта. В результаті впровадження даної конфігурації підвищиться продуктивність праці персоналу, загальна ефективність роботи організації і як наслідок, прибуток. Конфігурація легко і швидко налаштовується під конкретні вимоги замовника.

Гнучка структура бази даних дає можливість створювати нові таблиці, звіти, графіки, додавати поля, задавати списки і багато іншого. Програма для медичного центру інтуїтивно проста і зрозуміла для користувачів, так як не вимагає кваліфікуються ІТ-ресурсів.

Система «Медучет» може працювати не тільки на стаціонарних, але і на мобільних пристроях. Впровадження МІС передбачає створення функціональності робочих місць і загального інформаційного простору для ключових учасників медичної інформаційної системи.

Основні функції системи:

- Облік пацієнтів

Ведення бази даних всіх пацієнтів, їх анкетних даних та контактної інформації.

- Довідники

Ведення довідників послуг клініки, захворювань (діагнозів), симптомів.

- Реєстрація всіх візитів (відвідувань) клієнтів
- Запис на прийом

Попередній запис клієнтів на прийом до лікаря або на процедуру, можливість формування черги на прийом до лікаря.

- Облік наданих послуг пацієнтам
- Облік платежів пацієнтів

- Ведення історії хвороби пацієнтів
- Облік витратних матеріалів (опціонально)
- Можливість формування та обліку щомісячної заробітної плати для співробітників
- Зберігання інформації про співробітників (лікарів), настройка персональних прав доступу
- Логування і модельна система доступу
- Можливість імпорту і експорту даних
- Відбір, пошук, угруповання, сортування даних за різними критеріями

- Підготовка різноманітних аналітичних звітів
- Гнучка структура БД з налаштуванням під будь-які завдання

Реалізувати даний проєкт на рівні розробки нам допомогли об'єктно-орієнтована мова програмування Java, технологія ORM (об'єктно-реляційна проєкція) у зв'язці з СКБД (системою керування базами даних) PostgreSQL та фреймворки Spring, Vaadin.

ORM (Object-relational mapping) — технологія програмування, яка зв'язує бази даних з концепціями об'єктно-орієнтованих мов програмування, створюючи «віртуальну об'єктну базу даних». Ця технологія вирішує проблему збереження даних. ORM позбавляє програміста від написання великої кількості коду, часто одноманітного і схильного до помилок, тим самим значно підвищуючи швидкість розробки. [1]

Spring Framework надає повну конфігурацію для сучасних корпоративних застосунків Java. Даний фреймворк допомагає будувати прості, портативні, швидкі та гнучкі системи й додатки на основі JVM. [2,3]

Vaadin Framework дозволяє побудувати односторінкові веб-застосунки без використання складних веб-технологій. Єдина вимога - VM-мова програмування, наприклад, Java, яку ми і використовуємо при написанні нашого проєкту. Для доступу до застосунка необхідний тільки браузер без підключення яких-небудь бібліотек.[4,5]

Важливі переваги цих двох фреймворків заключаються у тому, що вони безкоштовні, мають великий набір інструментів і їх функціонал направлений в основному на розробку корпоративних веб-застосунків, яким є і наш продукт «Медучет».

Отже, за допомогою програмного продукту «Медучет» можна не тільки підвищити швидкість обслуговування пацієнтів, але і покращити якість обслуговування. Цьому в першу чергу сприяє компактне зберігання даних про пацієнтів лікарні та можливість швидкого пошуку за заданим шаблоном.

## Література

1. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Об'єктно-реляційне\\_відображення](https://uk.wikipedia.org/wiki/Об'єктно-реляційне_відображення)
2. <https://spring.io/>
3. <https://projects.spring.io/spring-framework/>
4. <https://vaadin.com/>
5. <https://vaadin.com/framework>

УДК 004.942:004.021

## ОЦІНКА РИЗИКУ ПЛАНУВАННЯ ПРИ ВИРІШЕННІ ЛОГІСТИЧНОЇ ЗАДАЧІ

Казимир В.В, Посадська А.С.

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

Методи мережевого планування та управління використовуються в тому числі і для вирішення логістичних задач, зокрема для планування маршруту польоту сільськогосподарських дронів (агродронів), оскільки сільське господарство є однією з перспективних сфер, які застосовують безпілотні літальні апарати (БПЛА) для ефективного управління сільськогосподарським виробництвом [1]. В якості концептуальної схеми виступає граф із точками обльоту в якості вершин, який можна представити як сітьовий граф. Для вирішення задачі пропонується застосувати метод динамічної оцінки ризику [2], який базується на використанні апарату керуючих E-мереж для формального представлення сітьового графіку та темпоральної логіки STL для визначення динамічних властивостей плану робіт. Оцінку ризику виконання плану за альтернативними шляхами запропоновано здійснювати шляхом обчислення ймовірностей виконання формул темпоральної логіки за результатами імітаційних експериментів з мережевою моделлю плану.

Розглянемо концептуальну модель задачі планування та управління маршруту БПЛА при обльоті чотирьох точок з метою фотографування. Задача полягає в тому, що необхідно обов'язково пройти через кожну вершину графу по одному разу і повернутись назад, а також визначити альтернативні шляхи маршруту та оцінити ризик їх виконання (рис.1).

Вирішивши задачу комівояжера, оптимальний (найкоротший) шлях маршруту польоту складає 24 км, порядок обльоту точок: 1, 3, 5, 4, 2, 1.

Однак робота дронів залежить від багатьох факторів, які на швидкість польоту дрону, що призводить до зміни одного фактору – фактору часу. Час затримки польоту визначається випадково. Під час проведення експериментів його можна задати за допомогою нормального

закону розподілу ( $N: (M, \sigma)$ ), при якому генеруються числа з математичним очікуванням  $M$  та середньоквадратичним відхиленням  $\sigma$ , де  $\sigma > 0$ .

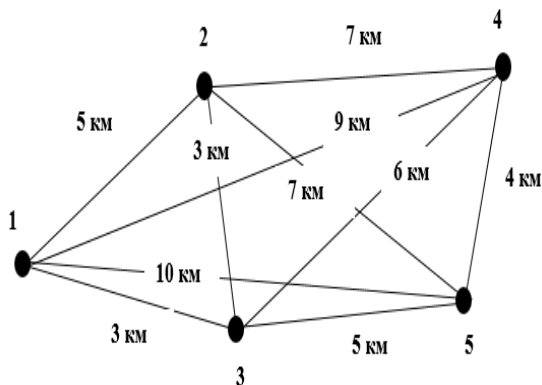


Рис. 1. Концептуальна модель логістичної мережі

Імітаційна модель для вирішення задачі планування маршруту обльоту з відстанями між точками побудована за допомогою системи розподіленого імітаційного моделювання EMS [3], в якій реалізовано метод оцінки ризику (рис. 2).

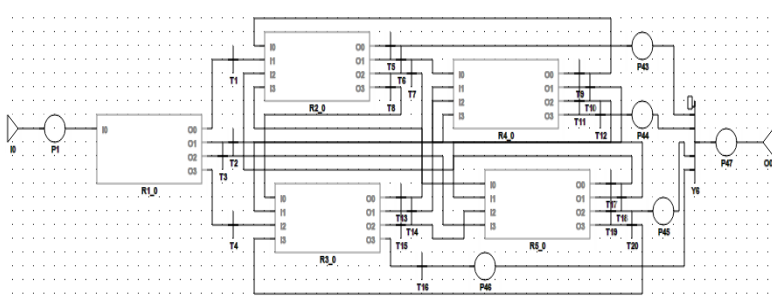


Рис. 2. Імітаційна модель обльоту з відстанями між точками

Розроблена модель складається з 5 агрегатів R1, R2, R3, R4 та R5, які моделюють точки польоту 1, 2, 3, 4, 5, починаючи з R1 – початкової, та шляхів обльоту.

Моделювання проводилось при таких заданих параметрах:

- Model\_Logistic – назва експерименту;
- 300.0 – час моделювання системи;

- 2400 – кількість прогонів моделі (так як визначається за правилом «по кожному альтернативному шляху потрібно пройти приблизно 100 разів», то дорівнює  $4! \times 100$ );

- AG – оператор темпоральної логіки;
- $TIME < 300$  – формула, за допомогою якої перевіряється умова, чи перевищується заданий час польоту.

Результати моделювання, представлені на рис. 3, показали, що шлях -->P6-->P23-->P40-->P30-->P12 із найменшим ризиком (11%) щодо виконання обмеження, заданого у вигляді формул STL, є оптимальним.

Name: Road	Experiments: quantity(successful)/quantity(all)	Value: percent(successful)
-->P3-->P12-->P21-->P30-->P39	0/108	0 %
-->P4-->P12-->P23-->P31-->P42	3/102	11 %
-->P4-->P15-->P24-->P31-->P41	10/88	0 %
-->P6-->P23-->P40-->P30-->P12	0/107	89 %
-->P6-->P21-->P42-->P33-->P13	5/98	0 %
-->P6-->P14-->P22-->P32-->P40	15/97	29 %
-->P5-->P12-->P21-->P30-->P39	2/103	0 %
-->P5-->P13-->P24-->P30-->P41	7/104	86 %
-->P5-->P22-->P41-->P31-->P12	13/91	74 %
-->P5-->P21-->P42-->P32-->P13	17/94	32 %
-->P6-->P24-->P40-->P33-->P15	0/110	0 %
-->P4-->P14-->P22-->P32-->P40	0/112	21 %

Рис. 3. Результати моделювання

Це означає, що послідовність обльоту точок буде така: 1, 3, 5, 4, 2, 1, що співпадає з розрахованим маршрутом за допомогою задачі комівояжера. Також виділено ще 2 альтернативні шляхи з трохи меншим ризиком виконання маршруту польоту – 14% та 26% відповідно, які завантажуються до пам'яті дрону перед початком польоту.

Точність проведення експерименту: похибка складає  $\Delta = 0.01$  при довірчій ймовірності 95%, кількість альтернативних шляхів  $N_A = 24$ .

Таким чином, розроблена модель дозволяє прогнозувати та визначати оптимальний маршрут польоту безпілотною згідно заданих обмежень з урахуванням ризику та умов невизначеності.

## Література

1. Сельское хозяйство [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://zala.aero/category/applications/monitoring/selskoe-hozyajstvo/> – 10.11.2016.
2. Казимир, В.В. Динамічна оцінка ризику виконання плану робіт методом імітаційного моделювання [Текст] / В.В. Казимир, А.С. Посадська // Технічні науки і технології: науковий журнал / Черніг.нац.технол.ун-т. – Чернігів, 2016. - № 3(5). – С. 113-122.

3. Казимир, В. В. Розподілене моделювання в EMS на основі архітектури HLA [Текст] / В. В. Казимир. Г. А. Сіра // Математичні машини і системи, 2011. - № 4. – С. 125-135.

УДК 004.89

## ОБМЕЖЕННЯ ЗАДАЧІ МІНІМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

О.І. Дідковський

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ*

"Комфортні" умови у житлових будинках залежить від температури навколишнього середовища та інших погодних умов, тому кількість енергії, яка витрачається на їх підтримку значно корелює з зовнішніми змінами. Відомо, що до 47% витрат на електроенергію припадає на системи клімат контролю, саме тому розгляд задачі мінімізації енергоспоживання через мінімізацію витрат на "комфортні" умови є доцільним. Крім того, доволі часто, відомий розподіл витрат на термостатах, кондиціонерах і т.д.

У періоди погодних коливань навантаження на електромережі зростає у декілька разів, що призводить до експоненційного зростання вартості електроенергії. У роботі [1] показано, що під час каліфорнійської енергетичної кризи 2000-2001 р. зниження навантаження на 5% привело до зниження вартості електроенергії на 50%.

Саме тому є нагальна потреба у побудові інтелектуальної системи прийняття рішень, яка буде використовувати інформацію щодо "комфортних" умов кожного споживача та реагувати на зміни у погодних умовах, мінімізуючи енергетичні витрати.

"Комфортні" умови визначаються через допоміжну функцію "вдоволеності"  $U(T, \omega)$  [2], де  $T$  – температура в приміщенні, а  $\omega$  – умови споживання: час дня, погода тощо. Для кожного користувача існує проміжок комфортних температур тому потрібно ввести додаткові величини  $T_l$  – нижня межа проміжку та  $T_u$  – верхня межа. Допоміжна функція «вдоволеності» задовольняє наступні умови  $\forall T \notin [T_l, T_u]$  :

$$\begin{cases} \text{sign}(T_u - T) \cdot \frac{\partial U(T, \omega)}{\partial T} > 0 \\ \text{sign}(T_u - T) \cdot \frac{\partial U^2(T, \omega)}{\partial T^2} < 0 \\ \text{sign}(T_u - T) \cdot \frac{\partial U(T, \omega)}{\partial \omega} > 0 \end{cases}$$

Розглянемо найпростіший випадок в якому мінімізується споживання тільки за період за період з  $T_1$  по  $T_2$  за умови, що стратегія мінімізації на одному проміжку часу не впливає на стратегію для іншого



проміжку часу. Тоді система прийняття рішень для управління приладом клімат-контролю буде оптимізувати таким чином:

$$\|\hat{E}\|_{T_1, T_2, t} \longrightarrow \min,$$

$$\|\hat{E}\| = E_{p, T_1, t_{T_1}^{in}, t_{T_1}^{out}, t} [E_{t, t_n}^L * p(t) - E^S(t_{T_1}^{in}, t_{T_1}^{out}, t_{T_1}^{term}, T_{T_1, T_2}^{term}, t, \dots)],$$

де  $E_{t, t_n}^L$  – енергія, яка буде витрачена у випадку, коли споживач змінить температуру на приладі клімат-контролю з  $t$  до  $t_n$ ,  $p(t)$  – ймовірність цієї події.  $E^S(t_{T_1}^{in}, t_{T_1}^{out}, t_{T_1}^{term}, T_{T_1, T_2}^{term}, t, \dots)$  – збережена енергія.

Така постановка задачі має свої обмеження:

1. На жаль через відсутність даних не враховується вплив приладів на внутрішні умови: Наприклад різниця у ККД між газовою та електроплитою, Системні блоки, які гріються при навантаженні, тощо.

2. "Комфортні" умови для кожного користувача міняються з часом. Для врахування цих змін допоміжна функція "вдоволеності" має бути стохастичним процесом, що також збільшує складність системи

3. Для побудови системи потрібна дуже велика кількість спостережень за декілька років, оскільки не завжди є така інформація, то потрібен час для збирання статистичних даних.

4. Також не всі люди бажають ділитися своїми приватними даними. Крім того, збір інформації повинен проходити згідно з існуючим регулюванням. На жаль не у всіх країнах існує нормативно- правова база, яка дозволяє належним чином використовувати інформацію користувачів

5. Задача мінімізації витрат користувачів відрізняється від задачі мінімізації витрат компанії посередника, оскільки вартість електроенергії у другому випадку набагато волатильніша. Крім того, початково, задача посередника - максимізація прибутку, частина якої є мінімізація витрат. Саме тому, неможливо побудувати систему, яка одночасно максимізує прибуток компанії посередника, навіть за умови, що користувачі залишаються задоволені, і мінімізує їх витрати. Тому спочатку система будується відносно мінімізації витрат споживача. А задача побудови системи, яка максимізує прибуток, за умови лояльності споживачів є іншою.

## Література

1. International Energy Agency. The Power to Choose - Enhancing Demand Response in Liberalised Electricity Markets. Presentation –2003.– С. 37-66.
2. Fanlin Meng. A game-theoretic and machine-learning approach to demand response management for the smart grid. PhD thesis. University of Manchester, Manchester – 2015. – С. 35-39.

## ОГЛЯД ФАКТОРІВ РИЗИКУ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ МЕДИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

О.В. Горбик

*Черкаський державний технологічний університет*

**Метою роботи** є визначення потреби удосконалення МІС за для зменшення факторів ризику при роботі з пацієнтом.

Питання інформатизації медицини з кожним днем все більше і більше набуває своєї актуальності. Робота за комп'ютером, створення електронних документів, заповнення даних та коректні діагнози – це головні обов'язки лікаря, котрий працює в МІС. Варто зазначити, що результат від впровадження напряду залежить від готовності лікарів навчатись та освоювати для себе нові обов'язки.

Оцінка ризику базується на сукупності медичних оцінок, отриманих величин ризику, порівняльній характеристиці можливих втрат для здоров'я, можливих витрат на реалізацію різних варіантів управлінських рішень, щодо зниження ризику й тих вигід, що будуть отримані в результаті реалізації заходів (наприклад, зменшення кількості ускладнень при лікуванні). У завдання керування ризиком входить також вибір стратегії динамічного (періодичного або постійного) моніторингу експозицій і ризиків. При цьому переслідуються такі функції:

- контрольна (порівняння з гранично припустимими або прийнятними рівнями);
- сигнальна (швидке реагування на виникнення небезпечної ситуації);
- прогностична (можливість прогнозування ризиків на основі аналізу тенденцій);
- інструментальна (як засіб для розпізнавання та класифікації спостережуваних явищ).

Моніторинг ризиків, заснований на результатах оцінювання ризику для здоров'я, є ефективним способом проведення спостереження за хворими групи факторів ризику, що піддаються корекції. Активне виявлення захворювання незалежно від його клінічного плану, по суті, являє собою ідентифікацію невиявленого захворювання за допомогою тестування.

**Висновок.** Для успішного лікування та профілактики пацієнта медичні інформаційні системи мають забезпечити безпечне лікування незалежно від умов.

**СЕКЦІЯ 3**  
**СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА**  
**ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ**  
**В ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ**

**ПЕРКОЛЯЦИЯ НА СЛУЧАЙНОЙ СЕТКЕ  
МУЛЬТИМАСШТАБНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОВРА  
СЕРПИНСКОГО КАК МОДЕЛЬ НОВОГО КЛАССА ЗАДАЧ**

Ю.В. Кривченко

*Одесская национальная академия пищевых технологий*

В развитие теории протекания введено представление о мультимасштабных элементах перколяционного кластера. Каждый такой элемент состоит из перколяционного кластера меньшего масштаба, также содержащем мультимасштабные элементы, и так далее ad infinitum. Понятие мультимасштабного элемента кардинально увеличивает количество параметров, характеризующих перколяционный кластер, значительно расширяет возможности описания процессов генерации и эволюции перколяционных систем, в частности, позволяет существенно увеличить вариативность условий объединения их элементов в процессе кластерообразования.

В рамках пилотной модели перколяционной задачи на ковре Серпинского описаны алгоритмы определения меры Лебега на множестве «проводящих» участков мультимасштабного элемента и расчета размерности, описывающей скейлинговое поведение энтропии их разбиения; введено представление об относительной степени упорядоченности структуры элементов, показана пригодность этой величины для оценки дрейфа их свойств. Один из важных аспектов модели – исследование свойств мультимасштабного элемента как множества, принадлежащего классу «толстых» фракталов.

**Литература**

1. W. Sierpinski, Comptes Rendus, Series I. Mathematics 162 629 (1916).
2. И.М. Соколов, УФН 150 221 (1986).
3. А.Н. Герега, Н.Г. Дрик, А.П. Угольников, УФН 182 555 (2012).
4. J. Feder, Fractals, Plenum Press, New York (1988).
6. А.Н. Герега, ЖТФ 80 149 (2010).
7. Ю.Л. Климонтович, УФН 166 1231 (1996).
8. A. Herega et al., Proc. of Inter. Conf. on Computer Techn. in Phys. and Eng. Appl., S.-Petersburg 63 (2014).
9. A. Herega, AIP Conference Proceedings, 1683, 020071 (2015).

## **ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ**

О.В. Скакаліна

*Полтавський національний технічний університет  
імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна*

Одна з основних тенденцій розвитку інформаційних технологій та інформаційних систем (ІТ та ІС) у ХХІ столітті буде пов'язана з вирішенням проблеми всебічної інтеграції зазначених технологій та систем з існуючими та майбутніми виробничими та соціально-економічними структурами і відповідними системами управління (СУ). Тому однією з актуальних наукових задач є задача оптимізації управління складними територіально – розподіленими системами, до котрих відносяться виробничо-економічні системи. Основним видом виробничо-економічної системи є сучасне підприємство, тобто- господарюючий суб'єкт. В якості такого суб'єкту може виступати агрохолдинг, нафтогазова компанія, енергетичний комплекс, інформаційні системи, галузеві системи управління, крупні банківські структури та їм подібні складні територіально розподілені системи.

В якості основних властивостей складних систем можна виділити наступні[1]:

1. велика кількість взаємопов'язаних і взаємодіючих елементів
2. складність виконуваної функції для досягнення мети функціонування
3. ієрархічну структуру, можливість поділу системи на підсистеми
4. наявність управління, інтенсивних потоків інформації та розгалуженої інформаційної мережі
5. взаємодія із зовнішнім середовищем і функціонування в умовах впливу випадкових факторів.

Проведений аналіз існуючих моделей управління складно організованих територіально – розподілених систем (СОТРС) як інтегрованих структур та ступень відповідності впроваджених в СОТРС ERP, BMR та інших систем корпоративного управління сучасним потребам СОТРС в оптимізації всіх існуючих видів виробничої та супроводжувальної діяльності господарюючих суб'єктів дозволяє дійти обґрунтованого висновку щодо суттєвої невідповідності застосованих в цих системах методів оптимізації виробничих та логістичних процесів. Об'єктивні виклики сучасної діяльності в умовах СОТРС вимагають застосування інтелектуальних інформаційних технологій на всіх рівнях

управління складними об'єктами за умов мінімізації таких ключових параметрів як повна вартість впровадження ERP, BMR та інших систем корпоративного управління, терміни їх впровадження, наявність персоналу з відповідним рівнем професійної підготовки. Аналіз класичних методів оптимізації, що реалізовані в складі відомих ERP – систем, показує, що доволі часто вони не забезпечують отримання адекватних управлінських рішень через значні часові витрати на пошук оптимального рішення. Застосування інноваційної логістики як самостійної конкурентної потужності дозволить національним СОТРС в умовах швидко мінливого світового ринку зберегти лідерство в процесах досягнення мети та реалізації стратегій.

Враховуючі все вищенаведене можна констатувати наявність важливої науково-прикладної проблеми, актуальність якої зумовлена об'єктивною необхідністю створення нових інноваційних інформаційних технологій оптимізації управління виробничими та логістичними процесами в умовах СОТРС, зокрема, алгоритмів, методів та ін. для підвищення ефективності їхнього виконання за рахунок поєднання методів керування проектами та еволюційних алгоритмів, що надає можливість отримання синергетичного ефекту.

Введемо наступне твердження: для досягнення оптимального результату в процесі управління складно організованою територіально – розподіленою системою достатньо на вхід такої системи подати хоча б одну управляючу дію з множини  $\Theta$ . Елементами цієї множини є наступні інформаційні технології [2]:

$\Theta_1$  – інформаційна технологія оптимізації виробничої діяльності складно організованої територіально – розподіленої системи (СОТРС) засобами управління проектами;

$\Theta_2$  – інформаційна технологія оптимізації логістичної діяльності СОТРС з застосуванням модифікованих генетичних алгоритмів та нечітких множин;

$\Theta_3$  – інформаційна технологія оптимізації фінансових ризиків СОТРС;

$\Theta_4$  – інформаційна технологія прогнозування фінансових показників виробничої діяльності СОТРС на основі нейромережевої модифікації методу групового обрахування аргументів.

В роботі застосована стратегія комбінування методів, так як застосування одного методу найчастіше недостатньо для отримання якісного адекватного рішення. Тому різні методи комбінують, «запускаючи» їх або послідовно, або паралельно. Звичайно застосовуються наступні стратегії комбінування: поетапний запуск, ітеративний запуск, конкуренція, розподілення на блоки даних (декомпозиція – розподіляем дані на

окремі фрагменти, які обробляємо окремо або одним методом, або - різними). В досліджуваній предметній області існування найбільш важливих в національній виробничій діяльності СОТРС - агросектор та нафтогазовидобувний - застосовані методи декомпозиції та поетапний запуск.

### **Література**

1. Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. *Основи системного аналізу*. -К.: Видавнича група ВНУ, 2007.-544 с.

2. Е.В. Скакалина. Интеллектуальные информационные технологии как единая платформа для оптимизации ресурсов // Математическое моделирование процессов в экономике и управлении проектами и программами (ММП-2016) : Труды международной научно-практической конференции (Коблево, 13-16 сентября 2016 г.) / Труды – Харьков: ХНУРЕ, 2016.- С.158-160.

УДК 519.237.5

### **ДОВІРЧИЙ ІНТЕРВАЛ ДЛЯ ВІДГУКУ РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ**

С.М. Лапач

*Національний технічний університет України «КПІ», Україна*

**Стан проблеми.** З довірчими інтервалами не все порядку при їх використанні пересічним науковцем. Найбільш часто розраховують довірчі інтервали для середнього і дисперсії. Але, майже ніхто з користувачів не статистиків не знає, що їх не можна використовувати одночасно. Автору відомо тільки про один масовий підручник [1], в якому про це говориться. Звичайно, в багатьох підручниках і довідниках пишуть про інтервали Бонфероні, але мало хто з пересічних читачів здогадається, що їх можна застосувати і в цьому випадку.

Розрахунок довірчого інтервалу для прогнозованого значення відгуку за регресійної моделлю виконується для конкретної структури рівняння [2, 3]. При цьому структура цього рівняння до експерименту і обробки даних в більшості випадків невідома і може бути метою дослідження [3, 4]. Крім того, при апроксимації швидкозмінних залежностей вимагаються відносно високі степені апроксимуючого многочлена, що приводить при задовільній апроксимації в експериментальних точках до великих відхилень (до сотень процентів) між точками [5, 6, 7]. Доведено, що всі властивості оцінок, які отримують в регресійному аналізі мають місце тільки при правильному визначенні структури рівняння регресії [8].

Напівширина довірчого інтервалу для У-розрахункового при заданих значеннях незалежних змінних розраховується за формулою

$$t_{\alpha/2; N-k'} \sigma_{yx} \left( \sqrt{\frac{1}{N} + X_0^T (X^T X)^{-1} X_0} \right). \text{ Тут } X_0 - \text{ вектор різниці між}$$

заданими значеннями незалежних змінних і відповідним середнім значенням кожної змінної;  $X$  – матриця, за якою була розрахована модель;  $\sigma_{yx}$  – стандартне квадратичне відхилення відгуку;  $t_{\alpha; N-k'}$  – значення критерію Стюдента з рівнем значущості  $\alpha$ ;  $N$  – число експериментів;  $k'$  – число членів моделі, включаючи вільний член  $b_0$ .

Зауважимо, що вимоги користувача моделі до цього параметру часто входять в протиріччя одне з одним. З одного боку він бажає мати інтервал як можна більш вузьким для забезпечення високої точності. З другого боку, бажана надійність, що вимагає його (інтервалу) розширення.

З вище приведеної формули випливає, що величина інтервалу залежить від наступних чинників:

1. величина дисперсії;
2. близькість точки, для якої розраховується інтервал, до середнього;
3. властивості матриці, за якою побудована модель.

При відсутності повторних дослідів науковці використовують у вказаній формулі залишкову дисперсію замість дисперсії відтворюваності. Це приводить до того, що від структури регресійної моделі залежить не тільки властивості матриці, але й значення дисперсії. Зміна структури приводить одночасно до зміни матриці  $X$  і до зміни залишкової дисперсії і, відповідно, іншої півширини інтервалу.

Виникає питання про точність і достовірність [9] при використанні довірчого інтервалу. Висока точність може мати оборотною стороною недостовірність. В прикладних задачах, як правило, одночасно з певним рівнем точності до моделі, від неї вимагається і достовірність. Тобто, ми очікуємо, що з заданою ймовірністю значення відгуку буде знаходитися в розрахованому інтервалі. Відразу можна сказати, що при описі швидкозмінних функцій ми не отримаємо бажаного [5, 6, 7, 10]: між точками апроксимації розраховані значення будуть далеко за межами довірчого інтервалу. Але неприємності можуть виникнути і в зв'язку з конфліктом різних статистичних показників при виборі «найкращої», з точки зору дослідника моделі [11, 12] незалежно від виду залежності, яку описує модель.

Проілюструємо ці проблеми на прикладах.



**Опис функцій, які змінюються повільно.** Як приклад, розглядається побудова залежності стійкості від режимів різання різців с пластинками зі сплаву Т14К8. Опис задачі взятий з [13, С.152], варіанти моделей з [11]. В таблиці 1 приведені структури ряду моделей і їх основні характеристики. Ці характеристики дозволяють отримати уявлення про якість моделі. Таблиця включає наступні варіанти моделей (в порядку розміщення): головних ефектів (1); ефектів, для яких розрахункове значення критерію Стюдента більше одиниці (2); статистично значимі ефекти (3); головні ефекти плюс статистично значима взаємодія (4); головні ефекти плюс всі парні взаємодії (5); один головний ефект, який пояснює біля 90% розсіяння (6); найбільш сильні ефекти (7). Для вибору будь якого варіанту можливо знайти обґрунтування в відповідній літературі. Якщо ми подивимось табл.1, то побачимо, що різні характеристики входять в протиріччя одне до одному. І це при цьому, що ми маємо справу з ідеальним варіантом – матрицею повного факторного експерименту.

Наприклад, найвищу інформативність ( $F_R$ ) має модель (6), при цьому вона не адекватна і враховує тільки одну з трьох незалежних змінних. Найбільш повно описує дані ( $R^2$ ) модель (5), але при цьому вона має найнижчу інформативність. Модель, яка має найвищу інформативність серед адекватних (3), включає тільки дві з трьох незалежних змінних. Зауважимо також, що із семи моделей чотири адекватні, тобто з точки зору математичної статистики рівнозначні. Навряд чи ми можемо вважати їх рівнозначними з точки зору технології машинобудування: вони навіть включають різні незалежні змінні.

Таблиця 1. Порівняння статистичних характеристик різних за структурою моделей

Назва регрессора	Розрахункове значення t-критерію	Структура моделі (варіанти)						
		1	2	3	4	5	6	7
$b_0$	39,89	X	X	X	X	X	X	X
$x_1$	-9,47	X	X	X	X	X	X	X
$x_2$	-2,86	X	X	X	X	X		X
$x_3$	1,27	X	X		X	X		
$x_1x_2$	-2,29		X	X	X	X		X
$x_1x_3$	-0,92					X		
$x_2x_3$	-1,58		X			X		X

Статистичні характеристики

Частка загального розсі- яння, пояснювана мо- деллю, $R^2$	0,9 03	0,9 76	0,9 36	0,9 50	0,9 81	0,8 14	0,95 8
Розрахункове критерію Фішера для перевірки значимості $R, F_R$	12, 36	14, 36	19, 41	14, 35	8,3 9	26, 20	17,2 3
Частка врахованих неза- лежних змінних в мо- делі, %	100	100	66, 67	100	100	33, 33	100
Залишкова дисперсія	0,2 20	0,1 23	0,1 46	0,1 50	0,1 76	0,2 81	0,12 6
Розрахункове значення критерію Фішера для адекватності	3,6 7	2,0 4	2,4 2	2,5 0	2,9 4	4,6 9	2,10
Табличне значення кри- терію Фішера для адек- ватності	3,0 1	3,6 3	3,0 1	3,0 1	4,4 9	2,7 4	3,24

Для всіх моделей розрахована напівширина довірчого інтервалу з використанням як дисперсії відтворюваності, так і залишкової дисперсії. Результати зведені в табл.2.

Таблиця 2. Напівширина довірчого інтервалу для моделей різної структури

	Використову- ється диспер- сія	Модель					
		2	3	4	5	6	7
Напівширина довірчого ін- тервалу	відтворюва- ності	1,86	0,98	1,26	5,94	0,79	1,26
	залишкова	1,31	0,75	0,97	4,99	0,83	0,89

В табл.4 приведені коефіцієнти кореляції між середньоквадратичним відхиленням і розмірами довірчого інтервалу для різних моделей.

З аналізу вищевказаних таблиць ясно, що зміна середньоквадратичного відхилення впливає на розмір довірчого інтервалу в незначній мірі. Тобто, основним фактором, який визначає суттєву зміну інтервалу є структура регресійної моделі, від якої залежать властивості матриці.

Дуже часто дослідники не визначають інформативність моделі, використовуючи тільки множинний коефіцієнт кореляції. Про неправильність такого підходу говорилось неодноразово [5, 11, 12].

Таблиця 3. Коефіцієнти кореляції між розмірами довірчого інтервалу

	Середньоквадратичне відхилення в % відношення до мінімального	Використовується дисперсія відтворюваності
Використовується дисперсія відтворюваності	-0,01995	1
Використовується залишкова дисперсія	0,063194	0,996238

На рис.1 показана залежність розміру довірчого інтервалу від інформативності моделі (точніше від значення  $F_R$  для оцінки значущості множинного коефіцієнта кореляції), а на рис. 2 залежність того ж розміру від якості наближення моделі до експериментальних даних (від значення множинного коефіцієнта кореляції  $R$ ).

Видно, що зі збільшенням інформативності довірчий інтервал асимптотично зменшується, а при збільшенні коефіцієнта множинної кореляції збільшується. Чим більший коефіцієнт множинної кореляції і точність опису емпіричних даних, тим гірше модель прогнозує за межами інтервалу опису і має компоненти, які описують не закономірності процесу, а випадкові відхилення від нього. Довірчі інтервали для 5-ї моделі настільки великі, що включають в себе не тільки експериментальні точки саму п'яту модель, але й шосту модель повністю. Модель 5, яка найточніше описує експериментальні дані має найширший довірчий інтервал, що з точки зору кінцевого користувача моделі викликає здивування. Але сама по собі висока інформативність не є гарантією надійності отриманого довірчого інтервалу. Для моделі 6 довірчий інтервал навіть не включає повністю всі експериментальні точки. Правда, якщо використовувати дисперсію залишкову замість відтворюваності, то в такому разі інтервал буде їх включати.

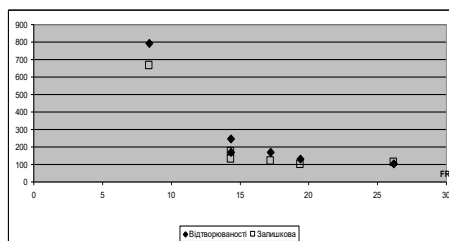


Рис.1. Залежність напівширини довірчого інтервалу від інформативності

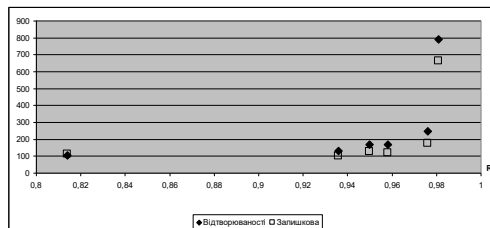


Рис. 2. Залежність напівширини довірчого інтервалу від якості наближення моделі

Опис функцій, які змінюються швидко. Розглянемо для ілюстрації умовний приклад з [10]. В табл. 6 приведені необхідні розрахунки.

Таблиця 4. Довірчі інтервали і регресія для швидкозмінної функції

Фактор	Регресія	Функція	Нижня границя довірчого інтервалу	Верхня границя довірчого інтервалу	% відхилення
10	148,4132	148,41 32	-328,674	625,5001	0,00
11	5416,793	244,69 19	5118,791	5714,794	2113,72
12	7146,753	403,42 88	6884,909	7408,597	1671,50
13	6408,486	665,14 16	6135,208	6681,763	863,48
14	4272,185	1096,6 33	4000,988	4543,381	289,57
15	1808,042	1808,0 42	1556,296	2059,789	0,00
16	86,25202	2980,9 58	-146,4	318,9043	-97,11
17	177,0063	4914,7 69	-55,646	409,6586	-96,40
18	3150,498	8103,0 84	2898,752	3402,244	-61,12
19	10076,92	13359, 73	9805,724	10348,12	-24,57
20	22026,47	22026, 47	21753,19	22299,74	0,00

21	40069,33	36315, 5	39807,48	40331,17	10,34
22	65275,7	59874, 14	64977,7	65573,7	9,02
23	98715,77	98715, 77	98238,68	99192,86	0,00

В точках з координатами 10, 15, 20, 23, за якими побудована модель досягнуто максимальної точності: відхилення 0%, тобто модель проходить через ці точки. Разом з тим, між точками апроксимації (координати 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19) відхилення досягає неприйнятних для використання величин і виходить далеко за межі розрахованого довірчого інтервалу. І довірчий інтервал не включає в себе експериментальні дані.

Зауважимо, що добитись бажаних значень довірчого інтервалу і збігу функції регресії з описуваною можливо, але при іншій структурі рівняння регресії.

**Висновки і рекомендації.** Величина довірчого інтервалу в основному залежить від властивостей матриці, за якою побудована модель, тобто від конкретної структури рівняння регресії. Загально використовувані статистичні характеристики моделі (інформативність та адекватність) не гарантують довірчого інтервалу, придатного для практичного використання. Використання залишкової дисперсії замість дисперсії відтворюваності теж може привести до негативних наслідків.

Головним висновком є відсутність гарантії попадання відгуку в розрахований для конкретної структури інтервал при а ргіогі невідомій структурі рівняння регресії. Тобто, не слід використовувати довірчий інтервал при невідомій структурі рівняння регресії.

Гарантією достовірності розрахованого довірчого інтервалу для відгуку є правильність конкретної структури рівняння регресії. В більшості випадків ця структура невідома і встановлюється в процесі побудови моделі. Формалізованих методів, які б давали обчислювану оцінку надійності визначення структури на даний час не існує. Таким чином, використання довірчого інтервалу є свого роду заспокійливим самообманом.

Гарантованою перевіркою прогнозних властивостей моделі є перевірка моделі на контрольній послідовності дослідів, тобто набору експериментів, які не співпадають з навчальною, по якій була побудована модель. В ідеалі за Івахненком вибірок має бути три: по одній визначається структура, по третій обчислюються коефіцієнти, а третя для перевірки. Тобто специфікація, ідентифікація і перевірка. Але, враховуючи, що перші дві вибірки повинні бути приблизно однакового розміру, то

такий підхід вимагає збільшення затрат на проведення дослідження майже вдвічі. Крім того, відсутні програмні засоби, які забезпечують підтримку роздільного визначення специфікації та ідентифікація, що змушує виконувати їх кустарними методами. Це вимагає високої кваліфікації дослідника і також збільшує затрати на виконання роботи. Для зменшення затрат теоретично можливе застосування методу складного ножа, але для впевненості в цьому необхідні додаткові дослідження.

### Література

1. Пугачев, В.С. Теория вероятностей и математическая статистика / В.С. Пугачев –2-е изд., испр. и дополн. –М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. –496с.
2. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит –Изд.3. –М.: Диалектика, 2007. –912с.
3. Грін Г. В. Економетричний аналіз / Г. В. Грін –К.: Основи, 2005. –1198с.
4. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Исследование зависимостей / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д.Мешалкин –М.: Финансы и статистика, 1985. –487с.
5. Лапач, С.Н. Статистические методы в фармакологии и маркетинге фармацевтического рынка / С.Н. Лапач, М.Ф. Пасечник, А.В. Чубенко –К.: 1999, ЗАТ “Укрспецмонтаж” –312с.
6. Калиткин, Н.Н. Численные методы / Н.Н. Калиткин –М.: Наука, ГРФМЛ, 1978. –512с.
7. Компьютерный анализ и интерпретация эмпирических зависимостей / под. ред. С.В. Поршнева –М.: Бином, 2009. –336с.
8. Демиденко, Е.З. Линейная и нелинейная регрессия / Е.З. Демиденко –М.: Финансы и статистика, 1981. –302с.
9. Уилан, Ч. Голая статистика. Самая интересная книга о самой скучной науке / Ч. Уилан –М.: Манн, Иванов и Фербер, 2016. –352с.
10. Артёмов, А.О. Апроксимация швидкозмінних залежностей / А.О. Артёмов, С.М. Лапач // Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді – машинобудуванню», секція «Технологія машинобудування» – К: НТУУ «КПІ», 2016. –С.5–8
11. Лапач, С.М. Проблеми побудови регресійних моделей процесів різання металів / С.М. Лапач //Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Машинобудування». 2014, №3(72). С.40–47.
12. Лапач, С.Н. Основные проблемы построения регрессионных моделей / С.Н. Лапач, С.Г. Радченко // Математичні машини і системи, 2012, № 4, –С. 125–133.

Кацев, П.Г. Статистические методы исследования режущего инструмента / П.Г. Кацев – изд. 2-е, перераб. и доп. –М.: Машиностроение, 1974. –231с. Редактор Горский В.Г.

УДК 517.957

## АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ КЛАСИФІКАЦІЇ ТЕКСТОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Г.В. Ханько

*НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», факультет інформатики та обчислювальної техніки, кафедра автоматизованих систем обробки інформації та управління*

Сьогодні важливість інтелектуального аналізу текстових документів стрімко росте. Оскільки щодня формуються мільйони символів контенту, то людина не має фізичної можливості для обробки всієї інформації. Саме тому необхідні застосування, які допоможуть знайти, відфільтрувати та структурувати текстові данні. Для вирішення цієї проблеми використовують автоматизовану класифікацію текстів – задачу машинного навчання з області обробки природної мови (Natural Language Processing). Задача методів класифікації полягає в тому, щоб вибрати найкращі такі ознаки і сформулювати правила, які будуть приймати рішення про віднесення тексту до певної категорії та проведенні інтерактивного буріння (розбиття певних класів на підкласи).

**Постановка задачі.** Задача класифікації текстових документів може бути сформульована як задача апроксимації невідомої функції  $\Phi: D \times C \rightarrow \{0,1\}$  (яким чином документи повинні бути класифіковані) через функцію  $K: D \times C \rightarrow \{0,1\}$ , яка є класифікатор, де  $C = \{c_1, \dots, c_{|C|}\}$  – множина можливих категорій, а  $D = \{d_1, \dots, d_{|D|}\}$  – множина документів.

$$\Phi(d_j, c_i) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } d_j \in c_i \\ 0, & \text{якщо } d_j \notin c_i \end{cases}$$

Документ  $d_j$  називається позитивним прикладом категорії  $c_i$ , якщо  $\Phi(d_j, c_i) = 1$ , та негативним в іншому випадку. Якщо кожному документу може відповідати лише одна категорія, то це задача однозначної класифікації, а якщо декілька – багатозначної класифікації.

Перед тим, як вибирати ознаки, за якими алгоритм буде визначати належність тексту до певної категорії, треба зробити пре обробку текстових документів, тобто токенизувати текст, виконати стемінг та видалити так звані «стоп-слова»: прийменники, сполучники, займенники і т.д., тобто слова, які не несуть цінної інформації про зміст документа.

Одним з найбільш вживаним методів вибору ознак є використання TF-IDF метрики. TF-IDF - статистична міра, яка використовується для оцінки важливості слова в контексті документа, що є частиною колекції документів або корпусу.

$$tf - idf(t, d, D) = \frac{n_t}{\sum_k n_k} \times \log \frac{|D|}{|\{d_i \in D \mid t \in d_i\}|}$$

де  $n_t$  – кількість входів слова  $t$  в документ,  $\sum_k n_k$  - загальна кількість слів у документі,  $|D|$  - кількість документів в корпусі,  $|\{d_i \in D \mid t \in d_i\}|$  - кількість документів з колекції  $D$ , в яких зустрічається  $t$ .

Після вибору ознак документи можуть бути легко представлені у формі, яку можуть використовувати алгоритми машинного навчання. Найбільш популярні алгоритми, які застосовуються для вирішення задачі класифікації тексту – це наївний байєсовський класифікатор, метод опорних векторів та логістична регресія.

Баєсівський класифікатор використовує оцінку апостеріорного максимуму (Maximum a posteriori estimation) для визначення найбільш вірогідного класу [1].

$$c_{map} = \arg \max \frac{P(d|c)P(c)}{P(d)}$$

де  $P(c|d)$  - ймовірність що документ  $d$  належить класу  $c$ , саме її треба розрахувати;

$P(d|c)$  - ймовірність зустріти документ  $d$  серед всіх документів класу  $c$ ;

$P(c)$  – безумовна ймовірність зустріти документ класу  $c$  в корпусі документів;

$P(d)$  - безумовна ймовірність документа  $d$  в корпусі документів.

Наївний баєсівський класифікатор є ефективним методом класифікації для даних, малого розміру [2]. Отримана точність складає 82.7 % на валідаційних даних.

Бустінгові алгоритми є найбільш ефективними для задач класифікації. Бустінг – це алгоритм послідовної побудови композиції алгоритмів машинного навчання, коли кожний наступний алгоритм намагається компенсувати недоліки композиції усіх попередніх композицій [3]. Для вирішення задачі класифікації використовувався алгоритм градієнтного бустінгу, який будує модель у вигляді суми дерев

$$f(x) = h_0 + v \sum_{j=1}^M h_j(x),$$



де  $h_0$  – деяка константна модель,  $v \in (0,1]$  - параметр, що регулює швидкість навчання та вплив окремих дерев на всю модель,  $h_j(x)$  - регресійні дерева рішень. Використовуючи алгоритм, отримано точність на валідаційних даних – 78.3 %.

Логістична регресія – метод побудови лінійного класифікатора, який дозволяє оцінити апостеріорні ймовірності приналежності об’єктів класам. Логістична регресія дає більш точний результат ніж наївний байєсівський класифікатор на даних великого розміру, але на даних малого обсягу більш точний результат показує наївний байєсівський класифікатор [2]. Отримана точність на валідаційних даних – 84.8%.

Ефективність класифікатора перевіряється на тестовій вибірці даних (даних, на яких класифікатор не навчався).

Доля документів, для яких класифікатор зробив вірне рішення обробується за формулою:

$$Accuracy = \frac{P}{N}$$

де  $P$  – це кількість документів, для яких класифікатор зробив вірне рішення,  $N$  – розмір вибірки [4].

Точність – це доля документів, які дійсно належать даному класу відносно всіх документів, яких система віднесла до даного класу. Повнота системи – це доля знайдених класифікатором документів, які належать класу, відносно всіх документів цього класу в тестовій вибірці.

Ці значення можна розрахувати за допомогою таблиці контингентності.

Таблиця 1 - Таблиця контингентності

		Експертна оцінка	
		Позитивна	Негативна
Оцінка системи	Позитивна	TP	FP
	Негативна	FN	TN

TP – істинно-позитивне рішення, TN – істинно-негативне рішення, FP – хибно-позитивне рішення, FN – хибно-негативне рішення.

Точність та повноту системи можна виразити наступним чином:

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad Recall = \frac{TP}{TP+FN}$$

Отримано такі результати на обраних алгоритмах:

Таблиця 2 – Результати випробувань

Алгоритм	Accuracy	Average Precision	Average Recall	AUC
Логістична регресія	0.848	0.878	0.811	0.87

Наївний баєсівський класифікатор	0.827	0.842	0.773	0.85
Градiєнтний бустінг	0.783	0.801	0.739	0.83

Можна зробити висновок, що найбільш ефективним для обраної задачі виявився алгоритм логістичної регресії. Його показники точності, повноти, ефективності виявилися найвищими. Найгірші результати у градієнтного бустінгу. Головними недоліками алгоритму є його схильність до перенавчання, чутливість до викидів та низька ефективність у роботі з розрідженими даними.

### Література

1. Ng, A. Y. and Jordan, M. I. (2002). On discriminative vs. generative classifiers: A comparison of logistic regression and naive bayes. In NIPS 14, p. 841–848.
2. T. S. Guzella and W. M. Caminhas, “A review of machine learning approaches to spam filtering,” Elsevier, Expert System with Applications, 2009. – p. 11–12.
3. A. Markov and M. Last, “A simple, structure- sensitive approach for web document classification,” in Atlantic Web Intelligence Conference - AWIC, 2005. - с. 293–298.
4. Vinciarelli A., “Noisy Text Categorization, Pattern Recognition”, 17th International Conference on (ICPR'04) , 2004. – с. 554-557.

УДК 621.3.019.3

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ КВАЗИМОСТИКОВОЙ СТРУКТУРЫ

А.В. Федухин, Н.В. Сеспедес Гарсия, Ар.А. Муха

*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины,  
Украина*

С целью повышения безотказности и эксплуатационной готовности дублированной структуры предлагается ее декомпозиция, при которой каждый функциональный блок (ФБ) разбивается на  $n$  функциональных субблоков (ФСБ), которые с помощью блока контроля и реконфигурации (БКР) образуют  $n$  дублированных узлов. Такая новая структура получила название “*квазимостиковой*” [1]. При моделировании и последующих расчетах БКР считается абсолютно надежным и не отображается на структурной схеме надежности.

**Примечание.** Если ФБ разбиваются на условно равнонадежные ФСБ, то средняя наработка до отказа такого ФСБ может быть ориентировочно вычислена по формуле:  $T_{\text{ОНА}} = \sqrt{n} \cdot T_{\text{ОА}}$ .

Для анализа надежности квазимостиковой структуры был использован специально разработанный пакет программ статистического моделирования надежности сложных систем – **RELIABmod v.2.0** (рис. 1)[2].

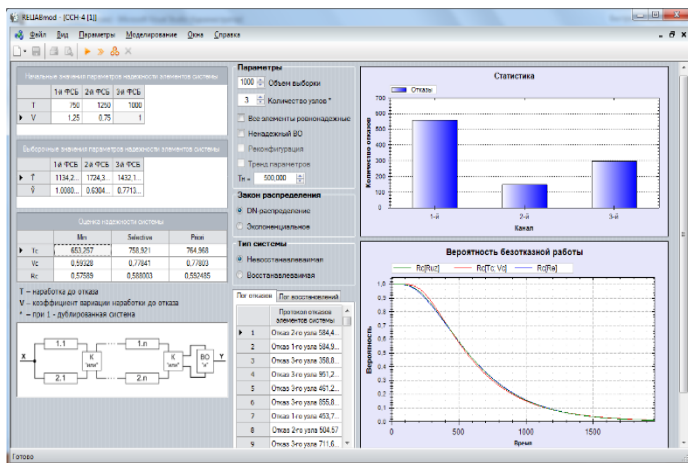


Рис. 1 Экранная форма пакета программ **RELIABmod v.2.0**

Моделирование осуществлялось методом «слабого звена» с использованием генератора случайных чисел, распределенных в соответствии с *DN*-распределением [3]. Одновременно с моделированием проводился аналитический расчет надежности структуры классическим методом, используя базовые теоремы теории вероятностей.

Составим таблицу состояний дублированной структуры из 1 узла (рис. 2, табл. 1), которая включает три работоспособных состояния.

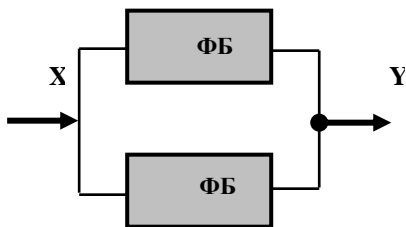


Рис. 2 Дублированная структура из 1 узла

Табл. 1 Таблица состояний дублированной структуры из 1 узла

Обозначение работоспособного состояния структуры, $A_i$	Отказавшие ФБ за время $t$	Безотказно проработавшие ФБ в течение времени $t$
$A_1$	-	1, 2
$A_2$	1	2
$A_3$	2	1

Воспользуемся теоремой сложения вероятностей и запишем выражение для вероятности безотказной работы:

$$R(t) = P(A_1) + P(A_2) + P(A_3) \quad (1)$$

Распишем вероятности работоспособных событий:

$$P(A_1) = R_1 \cdot R_2; \quad P(A_2) = F_1 \cdot R_2 = (1 - R_1) \cdot R_2;$$

$$P(A_3) = F_2 \cdot R_1 = (1 - R_2) \cdot R_1; \quad (2)$$

При равнонадежных ФБ:

$$P(A_1) = R^2_{\acute{O}\acute{A}}; \quad P(A_2) = (1 - R_{\acute{O}\acute{A}}) \cdot R_{\acute{O}\acute{A}}; \quad (3)$$

$$P(A_3) = (1 - R_{\acute{O}\acute{A}}) \cdot R_{\acute{O}\acute{A}}.$$

Запишем вероятность безотказной работы структуры:

$$R_C(t) = R^2_{\acute{O}\acute{A}} + (1 - R_{\acute{O}\acute{A}}) \cdot R_{\acute{O}\acute{A}} + (1 - R_{\acute{O}\acute{A}}) \cdot R_{\acute{O}\acute{A}} = 2R_{\acute{O}\acute{A}} - R^2_{\acute{O}\acute{A}} \quad (4)$$

Рассмотрим следующий численный пример.

**Пример 1.** Пусть  $T_{\acute{O}\acute{A}} = 1000$  ч. При справедливости диффузионного немонотонного закона распределения ( $DN$ -распределения) для  $t = 500$ ч. и  $V_{\acute{O}\acute{A}} = 0,75$  по таблицам [4] вычислим  $R_{\acute{O}\acute{A}} = 0,635$ , откуда по (4) получаем  $R_C(t) = 2R_{\acute{O}\acute{A}} - R^2_{\acute{O}\acute{A}} = 0,669$ .

Составим таблицу состояний квазимостиковой структуры из 2-х узлов (рис. 3, табл. 2), которая включает девять работоспособных состояний.

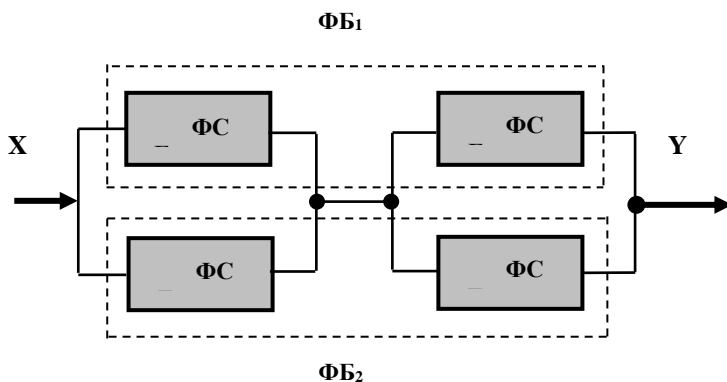


Рис. 3 Квазимостиковая структура из 2-х узлов

Табл. 2 Таблица состояний квазимостиковой структуры из 2-х узлов

Обозначение работоспособного состояния структуры, $A_i$	Отказавшие ФБ за время $t$	Безотказно проработавшие ФБ в течение времени $t$
$A_1$	-	1.1, 1.2, 2.1, 2.2
$A_2$	1.1	1.2, 2.1, 2.2
$A_3$	2.1	1.1, 1.2, 2.2
$A_4$	1.2	1.1, 2.1, 2.2
$A_5$	2.2	1.1, 1.2, 2.1
$A_6$	1.1, 1.2	2.1, 2.2
$A_7$	1.1, 2.2	1.2, 2.1
$A_8$	1.2, 2.1	1.1, 2.2
$A_9$	2.1, 2.2	1.1, 1.2

Воспользуемся теоремой сложения вероятностей и запишем выражение для вероятности безотказной работы:

$$R(t) = P(A_1) + P(A_2) + P(A_3) + P(A_4) + P(A_5) + P(A_6) + P(A_7) + P(A_8) + P(A_9) \quad (5)$$

Распишем вероятности работоспособных событий:

$$\begin{aligned}
 P(A_1) &= R_{1.1} \cdot R_{2.1} \cdot R_{1.2} \cdot R_{2.2}; \\
 P(A_2) &= F_{1.1} \cdot R_{2.1} \cdot R_{1.2} \cdot R_{2.2} = (1 - R_{1.1}) \cdot R_{2.1} \cdot R_{1.2} \cdot R_{2.2}; \\
 P(A_3) &= F_{2.1} \cdot R_{1.1} \cdot R_{1.2} \cdot R_{2.2} = (1 - R_{2.1}) \cdot R_{1.1} \cdot R_{1.2} \cdot R_{2.2}; \\
 P(A_4) &= F_{1.2} \cdot R_{1.1} \cdot R_{2.1} \cdot R_{2.2} = (1 - R_{1.2}) \cdot R_{1.1} \cdot R_{2.1} \cdot R_{2.2}; \\
 P(A_5) &= F_{2.2} \cdot R_{1.1} \cdot R_{2.1} \cdot R_{1.2} = (1 - R_{2.2}) \cdot R_{1.1} \cdot R_{2.1} \cdot R_{1.2}; \\
 P(A_6) &= F_{1.1} \cdot F_{1.2} \cdot R_{2.1} \cdot R_{2.2} = (1 - R_{1.1}) \cdot (1 - R_{1.2}) \cdot R_{2.1} \cdot R_{2.2}; \\
 P(A_7) &= F_{1.1} \cdot F_{2.2} \cdot R_{2.1} \cdot R_{1.2} = (1 - R_{1.1}) \cdot (1 - R_{2.2}) \cdot R_{2.1} \cdot R_{1.2}; \\
 P(A_8) &= F_{2.1} \cdot F_{1.2} \cdot R_{1.1} \cdot R_{2.2} = (1 - R_{2.1}) \cdot (1 - R_{1.2}) \cdot R_{1.1} \cdot R_{2.2}; \\
 P(A_9) &= F_{2.1} \cdot F_{2.2} \cdot R_{1.1} \cdot R_{1.2} = (1 - R_{2.1}) \cdot (1 - R_{2.2}) \cdot R_{1.1} \cdot R_{1.2}.
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

При равнонадежных ФСБ:

$$\begin{aligned}
 P(A_1) &= R^4_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}}; P(A_2) = (1 - R_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}}) \cdot R^3_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}}; \\
 P(A_3) &= (1 - R_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}}) \cdot R^3_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}}; P(A_4) = (1 - R_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}}) \cdot R^3_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}}; \\
 P(A_5) &= (1 - R_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}}) \cdot R^3_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}}; P(A_6) = (1 - R_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}})^2 \cdot R^2_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}}; \\
 P(A_7) &= (1 - R_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}})^2 \cdot R^2_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}}; P(A_8) = (1 - R_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}})^2 \cdot R^2_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}}; \\
 P(A_9) &= (1 - R_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}})^2 \cdot R^2_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}}.
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Запишем вероятность безотказной работы структуры:

$$R_C(t) = R^4_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}} + 4 \cdot (1 - R_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}}) \cdot R^3_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}} + 4 \cdot (1 - R_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}})^2 \cdot R^2_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}}
 \tag{8}$$

Рассмотрим следующий численный пример.

**Пример 2.** Пусть ФСБ равнонадежны и  $T_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}} = \sqrt{n} \cdot T_{\hat{O}\hat{A}}$ , где  $n=2$  – количество ФСБ в канале,  $T_{\hat{O}\hat{A}}=1000$  ч., откуда  $T_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}}=1414$ ч. При справедливости диффузионного немонотонного закона распределения (**DN**-распределения) для  $t=500$ ч. и  $V_{\hat{O}\hat{A}}=0,75$  по таблицам [4] вычислим  $R_{\hat{O}\hat{A}}=0,7809$ , откуда по  $R_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}}=0,9063$

$$R_C(t) = R^4_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}} + 4 \cdot (1 - R_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}}) \cdot R^3_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}} + 4 \cdot (1 - R_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}})^2 \cdot R^2_{\hat{O}\hat{N}\hat{A}} = 0,9063.$$

Проведем сравнение полученных результатов аналитического расчета надежности квазимостиковой структуры классическим методом с результатами статистического моделирования [5].

Табл. 3 Результаты моделирования надежности квазимостиковой структуры методом "слабого звена"

Количество узлов	Коэффициент вариации наработки до отказа системы, $V_C$	Вероятность безотказной работы системы, $R_C$
1	0,595	0,9414
2	0,476	0,9740

Табл. 4 Результаты аналитического расчета надежности квазимостиковой структуры классическим методом

Количество узлов	Вероятность безотказной работы системы, $\tilde{R}_C$	Относительная ошибка моделирования $\delta_1, \%$
1	0,8669	8,6
2	0,9063	7,4

В процессе исследований путем статистического моделирования и аналитического расчета классическим методом установлено, что с ростом количества узлов квазимостиковой структуры происходит увеличение ее вероятности безотказной работы.

Интересным является также тот факт, что с увеличением количества узлов коэффициент вариации наработки до отказа структуры существенно уменьшается, что наряду с ростом средней наработки до отказа также является причиной роста вероятности безотказной работы структуры.

Использование на практике квазимостиковой структуры для создания бортовых отказоустойчивых систем специального назначения открывает дополнительные возможности в направлении повышения их эксплуатационной надежности при незначительном увеличении аппаратных затрат на реализацию функций самоконтроля и реконфигурации.

### Литература

1. Федухин А.В. К вопросу об аппаратной реализации избыточных структур: резервированная двухканальная система с реконфигурацией / А.В. Федухин, Ар.А. Муха // Математические машины и системы. — 2010. — № 4. — С. 156-159.
2. Федухин А.В. Моделирование надежности систем средствами пакета программ **RELIABmod** / А.В. Федухин, В.П. Пасько // Математичні машини і системи. - 2011. - № 4. - С.176 – 182.

3. Федухин А.В. К вопросу о статистическом моделировании надежности / А.В. Федухин, Н.В. Сеспедес Гарсия // Математичні машини і системи. - 2006. - № 1. - С. 156-163.
4. Стрельников В.П. Оценка и прогнозирование надёжности электронных элементов и систем / В.П. Стрельников, А.В. Федухин. — К.: Логос, 2002. — 486 с.
5. Федухин А.В. К вопросу о моделировании надежности двухканального невосстанавливаемого вычислительного комплекса специального назначения / А.В. Федухин, В.П. Пасько // Математичні машини і системи. - 2016. - №.4 - С. 142-145.

УДК 004

## МИРОВЫЕ ПРОЕКТЫ ПО СОЗДАНИЮ ИСКУССТВЕННОГО МОЗГА

В.А.Яценко

*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины*

В настоящее время существует 5 крупных мировых проектов разработки искусственного мозга: 1.Human Brain Project; 2.SpiNNaker; 3.SyNAPSE (DARPA); 4.NeuroGrid; 5.BrainScaleS. Направление этих разработок - крупномасштабное, биологически реалистичное моделирование человеческого мозга на суперкомпьютерах и нейронных вычислительных устройствах, которые максимально похоже моделируют биологические нервные ткани.

**1. Human Brain Project.** Страна - Швейцария. Организация - IBM и Швейцарский Федеральный Технический Институт Лозанны (École Polytechnique Fédérale de Lausanne - EPFL). Руководитель - Проф. Генри Маркрам (Henry Markram). Источник финансирования - Швейцарское правительство, гранты Евросоюза. Объем финансирования - 1 млрд евро на 2012-2023. Электронная база - В данном проекте используется суперкомпьютер «Blue Gene» с программным обеспечением «NEURON».

**2. SpiNNaker (Spiking Neural Network Architecture).** Страна – Великобритания. Организация - Манчестерский ун-т, Университет Саутгемптона. Руководитель - Профессор Стив Фарбер (Steve Furber)

Источник финансирования. EPSRC (Engineering and Physical Sciences Research Council). Объем финансирования £ 2.5m на 2005-2010 и еще £ 2.5m на 2010-2014. Электронная база - Микропроцессоры.



**3. SyNAPSE** (Systems of Neuromorphic Adaptive Plastic Scalable Electronics). Страна – США. Организация - IBM, ведущие университеты: Колумбийский, Корнельский и др., Hughes Research Labs, HP. Руководитель - Дхармендра Моха (Dharmendra Modha).

Источник финансирования - DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), IBM. Объем финансирования - 2009-2013: \$ 102 млн. Электронная база - Цифровые СБИС.

**4. NeuroGrid** (Grid technology for neurosciences). Страна - США. Организация - IBM, Стэнфордский университет (Stanford University) и др. Руководитель Профессор Квабена Боэн (Kwabena Boahen). Источник финансирования - NSF (National Science Foundation), NIH (National Inst of Health). Объем финансирования 2006-2009: \$ 4,9 млн

Электронная база - Аналоговые СБИС на основе к-МДП.

**5. BrainScaleS** (Brain-inspired multiscale computation in neuromorphic hybrid systems)

Страна - Евросоюз. Организация - 18 исследовательских групп (в т.ч. 13 университетов) из 10 европейских стран. Руководитель - Профессор Карлхайнц Майер (Karlheinz Meier),

Источник финансирования - Грант Евросоюза. Объем финансирования - € 8 500 000 сначала, плюс € 700 000 в продолжение. Начало 2005-2010 - проект FACETS, с 2011 – BrainScaleS. Окончание 2014. Электронная база - Аналоговые СБИС (180 нм) на основе к-МДП [1].

**Преимущества и недостатки проектов:** Human Brain Project связан с исследованием и моделированием мозга человека на суперкомпьютере. Аналогичный американский проект больше ориентирован на исследование структуры мозга и функциональных связей между нейронами. В этом подходе конечная цель - детально узнать, как устроен мозг. В европейском проекте другой подход. Здесь создается компьютерная модель мозга — это будет не просто модель, а база данных, в которой будут храниться все знания о том, как работает мозг. При всех плюсах обоих вариантов очевидно, что они очень трудозатратные, и в принципе непонятно, сколько времени надо на их реализацию. Однако, оба подхода подразумевают некий качественный скачок в понимании работы мозга.

К недостаткам следует отнести следующее: отсутствуют связи между нейронами, поскольку технологически невозможно создание большого количества электрических линий связи в плоскости полупроводникового кристалла. Непосредственные связи заменяются организацией программируемых протоколов обмена между группами нейронов, которые позволяют уменьшить количество линий связи в плоскости по-

лупроводникового кристалла, но при этом нарушаются принципы работы биологического мозга; 2) обучение нейронной сети происходит с помощью программного обеспечения, а не с помощью собственных непрограммных механизмов и средств, не связанных с вычислениями.

**Проект Электронный мозг.** Наше решение проблемы принципиально отличается от перечисленных выше проектов. В результате системного, кибернетического подхода изучения физиологии мозга выделены основные функциональные нейронные структуры мозга и разработана архитектура системы. Это новая активная, ассоциативная, матричная структура, разработанная на базе нового типа нейронных сетей, не имеющих аналога.

**Главные элементы концепции:** нейроподобный элемент – нового

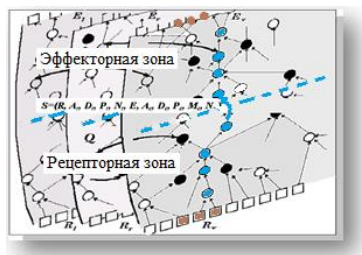


Рис.1. Многомерная рецепторно-эффektorная нейроподобная растущая сеть

типа; многомерная рецепторно-эффektorная нейроподобная растущая сеть (рис.1), состоящая из активной, ассоциативной, многомерной структуры, содержащей рецепторные и эффektorные зоны (общение на естественном языке, формирование безусловных и условных рефлексов, обучение и самообучение); рецепторная зона – восприятие информации, анализ, синтез и запоминание; эффektorная зона – управление исполнительными механизмами [2-5]. Принцип

параллельной обработки и хранения информации, согласно которому операции над информацией проводятся по всему объему активной, нейроподобной, ассоциативной памяти одновременно (аналог мозг человека). **Аппаратная реализация** однородной, многосвязной, многомерной, нейроподобной, растущей, активной, ассоциативной, матричной структуры состоит из множества модулей (чипов). В настоящее время, в рамках проекта Электронный мозг стоит задача разработки чипа нейроподобного элемента и его серийное производство.

Объем финансирования на выполнение предлагаемого проекта отличается от выше перечисленных проектов в сторону уменьшения на порядок потому, что основные исследования функционирования мозга уже проведены и определена архитектура системы. Проект может быть выполнен в короткие сроки. Сфера применения «Электронного мозга» - робототехника и все отрасли промышленности, где требуются разумные интеллектуальные системы. Технология разработки электронного

мозга может быть применена для создания разумных вычислительных машин нового поколения.

Наиболее близким нашему проекту и наиболее продвинутым проектом считается проект **SyNAPSE**. Корпорация IBM в сотрудничестве с рядом университетов в рамках этого проекта разработали новый класс нейросинаптических процессоров. Цель данного проекта заключается в создании системы, которая должна не только анализировать сложную информацию из различных сенсорных модальностей, но и динамически перестраивать себя на базе взаимодействия с внешней средой. Однако сейчас исследователи говорят, что созданные чипы пока способны анализировать данные, но не способны самоперестраиваться. Данная способность, как надеются исследователи, у них появится в будущем.

Руководитель проекта Дхармендра Мода сказал: «Если это в конечном итоге приведет к серийному выпуску мозговых чипсетов, то проект может перевернуть все с ног на голову. Может традиционный стиль компьютерных вычислений, который правит с момента зарождения информационной эпохи заменить на что-то гораздо больше похожие на мышление - искусственный мозг. Применение этого чипа может иметь огромное влияние на бизнес, науку и правительство».

К сказанному Дхармендра Мода добавлю, что наш проект «Электронный мозг» хоть и похож на проект SyNAPSE, но пока он значительно опережает вышеперечисленные проекты за счет новой нейроподобной технологии. Но самое главное меня сильно расстраивает то, что в Украине нет возможности реализовать наш проект. Мы теряем темп. Наука настолько быстро движется вперед, что потеря темпа может привести к катастрофе. Необходимо срочно объединять наши усилия и приступать к созданию принципиально новых мыслящих машин. Иначе вместо того, чтобы продавать их и получать прибыль, придётся покупать их у конкурентов.

## Литература

1. <https://technowars.defence.ru/article/2890/>
2. Yashchenko V. Neural-like Growing Networks the Artificial Intelligence Basic Structure Springer International Publishing Switzerland 2015 K. Arai et al. (eds.), *Intelligent Systems in Science and Information 2014*, Studies in Computational Intelligence 591, DOI 10.1007/978-3-319-14654-6\_3 (Springer2015)
3. Yashchenko V. Multidimensional neural-like growing networks - a new type of neural networks / *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, (IJACSA).- 2015.- Vol. 6, No. 4, P.48-55.

4. Yashchenko V. Theoretical foundations of the hardware implementation of neural-like growing networks. // *Mathematical Machines and Systems*. – 2015. – N 4. – P. 3-18.

Яценко В.А. Искусственный интеллект. Теория. Моделирование. Применение. – К. Логос. 2013. – 289с. – Библиогр. с.283-289.

УДК 519.2:530.1:600.1

## ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И ТЕОРИЯ ГИПЕРСЛУЧАЙНЫХ ЯВЛЕНИЙ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ

И.И. Горбань

*Институт проблем математических машин и систем, Украина*

**Введение.** Одним из удивительнейших физических феноменов является *феномен статистической устойчивости массовых явлений*, проявляющийся при больших объемах выборки в *стабильности статистик* (функций выборки). Существует две теории, описывающие этот феномен: *теория вероятностей*, имеющая многовековую историю развития, и *теория гиперслучайных явлений*, разрабатываемая в последние десятилетия.

Разные ученые интерпретировали и интерпретируют эти теории по-разному. Физики и инженеры обычно относят их к *физическим (физико-математическим)*, а математики – к *математическим* дисциплинам. Кто из них прав?

*Цель доклада* – рассказать об эволюции взглядов на эти теории и ответить на поставленный вопрос.

Для прояснения вопроса рассмотрим эволюцию взглядов на объект и предмет исследования каждой из этих теорий.

**Теория вероятностей.** *Теория вероятностей* первоначально создавалась в интересах описания *феномена статистической устойчивости* и рассматривалась как *физическая дисциплина*. Так воспринимал ее, в частности, Д. Гильберт [1]. На начало XX века *объектом исследования* теории вероятности считался феномен статистической устойчивости, а *предметом исследования* – способы его описание с помощью случайных моделей.

В 1929 г. А.Н. Колмогоров предложил вариант аксиоматизации теории вероятностей, нашедший всеобщее признание и распространение [2]. Этот вариант теории вероятностей считается классическим.

Под влиянием идей А.Н. Колмогорова физическая сущность теории вероятностей постепенно начала отходить на задний план, уступая место математике.

Смещение акцента в сторону математики представляется вполне естественным, поскольку аксиоматический подход А.Н. Колмогорова не связан с физикой реального мира, в частности с феноменом статистической устойчивости. В этом подходе физические понятия вообще не фигурируют. Теория вероятностей базируется на абстрактных математических понятиях: пространстве элементарных событий  $\Omega$ , борелевской  $\sigma$ -алгебре  $\mathfrak{F}$ , вероятностной мере  $P$ , определяющих *вероятностное пространство*  $(\Omega, \mathfrak{F}, P)$ , и на четырех математических аксиомах.

При таком варианте аксиоматизации теория вероятностей имеет дело не с реальными физическими объектами, а с их абстрактными математическими моделями – случайными событиями, величинами и функциями, под которыми подразумеваются события, величины или функции (процессы или поля), имеющие *вероятностную меру*. Явления, не имеющие *вероятностной меры*, случайными не считаются.

Естественно, с такой точки зрения теория вероятностей – *математическая дисциплина*. Объектом ее исследования оказывается *абстрактное вероятностное пространство*, а предметом исследования – *связи между абстрактными случайными моделями*.

Обратим внимание на две особенности этой теории. Во-первых, исследования *физических свойств* феномена статистической устойчивости оказываются за ее пределами. Во-вторых, случайные модели этой теории описывают не только *идеализированный феномен статистической устойчивости*, но еще и существенно более широкий круг *физических явлений*, адекватно представляемых *многозначными математическими моделями с мерой*. В результате подход А.Н. Колмогорова применим не только для описания *массовых явлений*, рассматриваемых в *математической статистике*, но и *одиночных многозначных явлений (моделей)*, для которых определена мера (существует *однозначная функция распределения*).

В рамках *физико-математической теории вероятностей*, описывающей *реальные массовые явления*, связь с физикой обеспечивают две *физические гипотезы адекватности*: *гипотеза идеальной статистической устойчивости*, признающая *сходимость статистиков*, в частности *относительной частоты любого события* к некоторой постоянной величине, трактуемой в физике и прикладных разделах теории вероятностей как *вероятность*, и *гипотеза адекватного писания реальных физических явлений случайными моделями* [3, 4].

Объектом исследования этой *физико-математической теории* является *идеализированный феномен статистической устойчивости*, а

*предметом исследования – способы его описания случайными моделями.*

**Теория гиперслучайных явлений.** Исследования разнообразных реальных процессов на больших интервалах наблюдения показали [3, 4], что *гипотеза идеальной статистической устойчивости не находят экспериментального подтверждения.* В реальной жизни имеет место *ограниченная статистическая устойчивость.* При относительно небольшом объеме выборки увеличение количества отсчетов приводит к уменьшению флуктуации статистик. Но при большом объеме выборки эта тенденция не наблюдается: достигнув определенного значения, уровень флуктуаций практически не изменяется или даже растет.

В интересах изучения физических свойств феномена статистической устойчивости и описания *массовых физических явлений с учетом нарушения сходимости* была разработана *физико-математическая теория гиперслучайных явлений* [3, 4].

В *математической ее части* базовое понятие – *гиперслучайное событие* – задается с помощью множества вероятностных пространств  $(\Omega, \mathfrak{F}, G, P_g)$ , где  $\Omega$  – пространство элементарных событий,  $\mathfrak{F}$  – борелевская  $\sigma$ -алгебра,  $P_g$  – вероятностная мера в условиях  $g \in G$ , и системы аксиом А.Н. Колмогорова. *Гиперслучайное явление* (событие, величина, функция) представляет собой множество *случайных явлений* (событий, величин, функций), зависящих от условий  $g$ . Для каждого  $g$ -го случайного явления определена вероятностная мера, но для условий  $g$  мера *не определена.* В *математической части теории гиперслучайных явлений объектом исследования* является *множество вероятностных пространств*, а *предметом исследования* – *связи между гиперслучайными моделями.*

Исследования показали, что *математическая часть теории гиперслучайных явлений* позволяет описывать не только *массовые явления с учетом нарушений сходимости*, но и *любые явления*, адекватно представляемые *многозначными математическими моделями с множеством мер* (т.е. *многозначными (в общем случае) функциями распределения*), учитывающими нарушения сходимости [3–7].

В рамках *физико-математической теории гиперслучайных явлений*, описывающей *реальные массовые физические явления с учетом нарушений статистической устойчивости*, вместо гипотез адекватности теории вероятностей используются другие гипотезы: *гипотеза ограниченной статистической устойчивости* и *гипотеза адекватного описания реальных физических явлений гиперслучайными моделями.* *Объектом исследования этой теории* является *феномен статистической*

*устойчивости*, причем без каких – либо ограничений, а *предметом исследования* – способы его описания *гиперслучайными моделями*.

**Выводы.** В зависимости оттого, что считается объектом исследования, меняется отношение к теории вероятностей и теории гиперслучайных явлений. Если в качестве объекта исследования выступает феномен статистической устойчивости, то обе эти теории – физико-математические дисциплины. Если объектом исследования выступает абстрактное математическое понятие (в случае теории вероятностей – вероятностное пространство, а в случае теории гиперслучайных явлений – множество вероятностных пространств), то рассматриваемые теории – чисто математические дисциплины.

### **Литература**

1. Проблемы Гильберта / Сб. под общ. ред. П.С. Александрова. — М.: Наука, 1969. — 238 с.
2. International standard ISO 3534-1:2006 (E/F). Statistics. Vocabulary and symbols. Part I: General statistical terms and terms used in probability. — 2006. — 105 p.
3. Горбань И.И. Случайность и гиперслучайность. — К.: Наукова думка, 2016. — 288 с. . — Режим доступа: [http://www.immsp.kiev.ua /per-spages/gorban\\_i\\_i/Publications/11\\_.pdf](http://www.immsp.kiev.ua/per-spages/gorban_i_i/Publications/11_.pdf).
4. Gorban I.I. The statistical stability phenomenon / Gorban I.I. – Springer, 2017. – 362 p.
5. Горбань И.И. Многозначные величины, последовательности и функции / И.И. Горбань // Математичні машини і системи. — 2012. — № 3. — С. 147—161.
6. Gorban I.I. Divergent and multiple-valued sequences and functions // Problems of Computer Intellectualization. Book 28. — Kiev—Sofia: ITNEA, 2012. — P. 359—374.
7. Горбань И.И. Многозначные детерминированные величины и процессы случайного и гиперслучайного типов / И.И. Горбань // Математичні машини і системи. — 2017. — № 1. — С. 3—24.

## МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОИСКА

В. А. Тертышный, И. В. Шевченко

*Кременчугский национальный университет  
имени Михаила Остроградского, Украина*

Среди многочисленных разновидностей СППР имеется класс так называемых пассивных систем, которые подготавливают для пользователя данные для принятия решений, но не генерируют решения как таковые [1]. Среди пассивных СППР можно выделить системы, в основе которых лежит информационный поиск. Это так называемые «СППР, управляемые документами» (Document-Driven DSS), которые осуществляют поиск и манипулируют неструктурированной информацией, заданной в различных форматах. Для поддержки принятия управленческих решений, например, в маркетинге, пассивные СППР должны осуществлять фактографический поиск, а именно – поиск неструктурированных данных, релевантных решаемой задаче.

Задача подготовки принятия решений определяется выражением:

$$Z = \langle DM, S, S_0, S_K, IR(A), QR \rangle, \quad (1)$$

где  $DM$  – модель проблемной ситуации в предметной области;  $S$  – множество текущих состояний (ситуаций);  $S_0 \in S$  – подмножество начальных состояний;  $S_K \in S$  – подмножество конечных, или целевых состояний;  $IR$  – конечное множество информационных ресурсов. Каждый элемент этого множества несет информацию по нескольким аспектам  $A$ ;  $QR$  – множество критериев качества найденных ресурсов.

*Модель структуры СППР.* Формально структуру системы поддержки принятия решений  $SAD$  представим в виде теоретико-множественной модели:

$$SAD = \langle MFR(PS), SED, FSE, KB, DB, AB, SM, ISP, DS \rangle, \quad (2)$$

где  $MFR$  – модель поиска информационных ресурсов;  $PS$  – модель проблемной ситуации в предметной области;  $SED$  – поисковая машина документов;  $FSE$  – фактографическая поисковая машина;  $KB$  – база знаний;  $DB$  – база данных;  $AB$  – база алгоритмов, реализующих обработку запросов, поиск документов и фактографический поиск;  $SM$  – блок синхронизации информационных процессов;  $ISP$  – блок интеграции с ИУС предприятия;  $DS$  – подсистема диалога с ЛПР.

Проблемная ситуация в контексте бизнес-процессов может описываться посредством некоторого выделенного множества признаков или



посредством некоторой структуры, позволяющей отражать различные связи (отношения) между элементами проблемной области. Формирование модели проблемной ситуации возможно на основе онтологии предметной области, формальное описание которой дано в последующих подразделах.

Модель поиска информационных ресурсов  $MFR$ , предназначенную для решения задачи многоаспектного поиска данных, формально определим набором:

$$MFR = \langle PS, Q, D, F, R(d, q) \rangle, \quad (3)$$

где  $PS$  – дескриптивная модель, описывающая проблемную ситуацию;  $Q$  – множество представлений информационной потребности (запроса);  $D$  – множество представлений документа;  $F$  – средства моделирования представлений документа, запросов и их отношений, в основе которых лежит модель специализированного поиска на основе связанных данных [2,3].  $R(d, q)$  – функция ранжирования, которая ставит в соответствие  $d$  из  $D$  и  $q$  из  $Q$  вещественные числа и определяет порядок на множестве документов относительно запроса  $q$ .

$SED$  – поисковая машина документов, основанная на методе корпоративного поиска сущностей на основе связанных данных, позволяющего повышать эффективность анализа семантического пространства предприятия за счет настраивания гибких шаблонов сущностей на основе нечетких критериев [3].

$FSE$  – фактографическая поисковая машина, основанная на логико-лингвистической модели и методе многоаспектного фактографического поиска [4].

Модель базы знаний  $KB$  кроме отношений проблемной области содержит метазнания, необходимые для быстрого переключения (выбора) необходимого фрагмента основной БЗ и генерации вторичных запросов для поиска документов:

$$KB = \langle ND, SR \rangle, \quad (4)$$

где  $ND$  – матрицы нечетких продукций, позволяющих оценивать степень близости содержания документа по относительной частоте встречаемости ключевых слов и лексем по аспектам решаемой задачи;  $SR$  – набор правил для генерации комментариев и рекомендаций для пользователя.

База данных  $DB$  содержит данные следующих категорий:

- форма исходного запроса пользователя и формы вторичных поисковых запросов;
- тезаурусы предметной области, разделенные по задачам и аспектам;

- матрицы частот встречаемости термов и лексем в эталонных документах;
- матрицы частот встречаемости термов и лексем в анализируемых документах;
- массивы, содержащие списки отобранных документов;
- формы отчетов по фактографическому поиску.

Блок синхронизации информационных процессов  $SM$  – основной программный модуль СППР, осуществляющий диспетчеризацию процесса анализа, поиска информационных ресурсов, генерации сообщений, запуск и остановку всех функциональных модулей СППР.

База алгоритмов представлена набором:

$$AB = \langle AK, AF3, APD, AFA, AFO \rangle, \quad (5)$$

где  $AK$  – алгоритмы кластеризации пространства документов;  $AF3$  – алгоритмы обработки и формирования запросов;  $APD$  – алгоритмы поиска документов;  $AFA$  – алгоритмы фактографического анализа;  $AFO$  – алгоритмы формирования отчетов. Эти алгоритмы реализованы в программном обеспечении СППР в виде функциональных модулей, работающих под управлением модуля синхронизации.

Блок интеграции с ИУС –  $ISP$  описывается моделью:

$$ISP = \langle XM, XS \rangle, \quad (6)$$

где  $XM$  – множество входов, отображающих запросы пользователя;  $XS$  – множество входов подсистемы, отображающих данные, получаемые от существующей ИУС.

Множество  $XM$  определяется набором:

$$XM = \langle T, T_s \rangle \quad (7)$$

где  $T$  – текст запроса;  $T_s$  – тексты ответа пользователя в режиме диалога.

Множество  $XS$  определяется вектором:

$$XS = \{ E_{IPD}, A_E \}, \quad (8)$$

где  $E_{IPD}$  – сущности предметной области;  $A_E$  – атрибуты сущностей. Подсистему диалога с ЛППР –  $DS$  – можно представить набором:

$$DS = \langle L(RD, SR(D_S, D_C)), P_M, MS(TM, SM, R, PM, A) \rangle, \quad (9)$$

где  $L$  – язык диалога;  $RD$  – правила формирования сообщений;  $SR$  – множество стандартных сообщений;  $D_S$  – множество стандартных сообщений по запросам;  $D_C$  – множество стандартных сообщений процесса диалога по результатам поиска;  $P_A$  – процедура выдачи советов.  $MS$  – стандартное сообщение, где  $TM$  – время сообщения;  $SM$  – ключевая тема

сообщения;  $R$  – ссылка на предыдущее сообщение  $PM$ ;  $A$  – ответ пользователя.

Таким образом, модель системы поддержки принятия решений на основе информационного поиска представлена выражениями (2) – (9). Модель позволяет разработать на концептуальном и техническом уровне систему и информационную технологию многоаспектного фактографического поиска.

### **Література**

1. Скрэг Г. Семантические сети как модели памяти // НЗЛ. – М.: Прогесс, 1999. – Т. III. – С. 259-302.
2. В. А. Тертышный. Модель специализированной системы поиска сущностей на основе связанных данных. // Вісник кременчуцького національного університету – Кременчук. Випуск 5/2014(88) С. 112 – 117.
3. Артамонов В. В., Тертышный В. А. Разработка модели информационного поиска с использованием связанных данных // Системи обробки інформації. – Харків, 2015 р. Випуск 10(135). С. 69
4. В. А. Тертышный, И. В. Шевченко. Модель и метод многоаспектного поиска фактографических данных для поддержки принятий решений. // Вісник кременчуцького національного університету – Кременчук. Випуск 5/2016(100). С. 19-25

УДК 004.052

### **КОНСТРУИРОВАНИЕ АНАЛИТИКО-ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ГАРАНТОСПОСОБНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ**

В.Н. Томашевский<sup>1</sup>, И.В. Стеценко<sup>1</sup>, Т.З. Фидаров<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сикорського», Україна*

<sup>2</sup> *Інститут проблем математических машин и систем НАН України, Україна*

В последние 30 лет одним из важнейших направлений информационно-компьютерных технологий стала разработка гарантоспособных компьютерных систем (ГКС) критического применения. Эти системы используются на транспорте, в высокотехнологических системах атомных и гидроэлектростанций, и др. объектах с инфраструктурой, включающей исполнительные устройства, системы контроля, системы дат-

чиков и т.п. В проблемном плане основополагающей в этом направлении стала работа [1], а в методологическом (постановка задач и технологий исследования ГКС, разработка средств моделирования ГКС, как цельных систем), - значительный вклад внесли отечественные учёные [2, 3].

В докладе авторами рассмотрены:

1. Особенности методов аналитического моделирования, а также специализированных программных систем для построения имитационных и аналитико-имитационных моделей (ИМ и АИМ).

2. Важнейшие требования к разработке системы конструирования аналитико-имитационных моделей (СКАИМ) ГКС, включая требования к программным системам моделирования для её реализации, а также требования к информационной технологии (ИТ) построения и использования СКАИМ на основе специализированных библиотек программных модулей, с помощью которых по предложенной нами методике осуществляется «сборка» ИМ и/или АИМ для решения конкретных задач оптимизации (анализа и синтеза) структуры и функционирования ГКС на отдельных этапах их ЖЦ. Хорошим примером построения подобных библиотек служит Петри-объектное моделирование [4].

3. Отладочные и исследовательские эксперименты с ИМ и АИМ. Обобщённая структурно-функциональная модель ГКС. Обоснование выбора программной системы для реализации СКАИМ.

4. Особенности технологии конструирования АИМ ГКС с учетом изменения их структурно-функциональной организации на важнейших фазах (этапах) их ЖЦ.

5. Пример построения АИМ с использованием выбранных программных средств.

6. Технология построения и применения СКАИМ с учетом её соответствия проектным требованиям.

7. Сроки реализации проекта.

8. Определение важнейших задач и проблем, которые могут быть решены с помощью СКАИМ ГКС.

В исследовании предлагается развить пакет прикладных программ (ППП) GARANTmod [5], а именно, дополнить его средствами аналитико-имитационного моделирования структурно-функциональной организации ГКС различного назначения на конкретных этапах их ЖЦ. Анализ работы [5] показал, что в аппарате моделирования ГКС в составе GARANTmod использовано множество упрощающих предположений аналитического плана, из-за которых достижение требуемой адекватности моделей на уровне их отличия в 5-7% от параметров функ-

ционирования исследуемой системы, - сомнительно. Поэтому, в качестве выхода из создавшегося положения нами предлагается решение о создании СКАИМ.

ИМ и АИМ, как особый вид математических моделей, позволяют добиться более адекватного описания исследуемых объектов по сравнению с аналитическими моделями. Эти модели позволяют не только «снять» большинство из упрощающих предположений аналитических моделей, но и моделировать процессы, протекающие с разными скоростями (в разных временных масштабах) [6], а также детальнее описывать структуру, функции и процессы, происходящие в исследуемой ГКС. В этом случае, процессы в ГКС можно исследовать в виде цельного объекта. Кроме того, в ИМ и АИМ можно учесть воздействие возмущающих факторов случайного и даже гиперслучайного характеров.

Следовательно, методология имитационного и аналитико-имитационного моделирования в состоянии в рамках единого программно-объектного инструментария интегрировать наиболее развитые методы и методологические средства исследования, что позволит успешно решать задачи оптимизации структур и функций ГКС, в том числе по управлению разветвлённой и критически важной инфраструктурой внешних объектов с принятием решений в условиях неопределённости.

Такой подход позволит создать инструментарий не только для оценки эффективности применения научно-практической разработки ГКС (допроектная фаза), но и для определения в ГКС «узких мест», которые могут проявиться как на любом из периодов их разработки, так и на любом из этапов ЖЦ ГКС (от возникновения идеи по её созданию до управления поддержкой работоспособности ГКС на требуемом уровне в периодах (фазах) возникновения деградиционных процессов), а также для нахождения и поиска оптимальных механизмов устранения в системе «узких мест».

Поэтому, применение методов имитационного и аналитико-имитационного моделирования является не просто актуальным и современным, но и единственной возможностью обеспечения условий оптимального функционирования ГКС на любом из периодов ЖЦ, - согласно их предназначению. Учитывая сложность структуры и организации функционирования, стохастический характер процессов, происходящих в ГКС, а также необходимость получения более точных количественных и качественных оценок характеристик этих процессов, - аналитико-имитационные модели являются сегодня наилучшим методом исследования. Оптимизация качеств управления, - наиболее важные интегральные системные характеристики, убедительно отражающие свойства таких систем.

Современные процессы создания архитектур ГКС включают: мультиверсионное проектирование, применение оригинальных решений по резервированию узлов ГКС для достижения цельности и отказобезопасности системы. Поэтому, необходим индивидуальный подход к проектированию системы, к поддержке цельности функционирования ГКС на каждом из этапов их ЖЦ, особенно в части использованных или предлагаемых к использованию структурно-функциональных решений. В этом плане наиболее важным этапом создания СКАИМ ГКС является разработка логических и структурно-функциональных схем моделирования планируемых и/или происходящих в ГКС процессов.

Такие обобщенные схемы и концептуальные описания работы ГКС являются надёжной базой для их последующей декомпозиции, что требует построения структурно-функциональных схем для исследования одной или большего количества версий создания (оптимизации структуры и алгоритмов функционирования) ГКС, а также выделения в рамках полученных блок-схем отдельных модулей ИМ и/или АИМ в составе СКАИМ.

Полученные схемы и модули обязательно документируются, а в результате их сравнения выделяют некоторую неизменяемую для разных вариантов структур ГКС часть конструируемых моделей, которую мы назвали базовой. Структурно-функциональная схема СКАИМ ГКС показана на рис. 1.

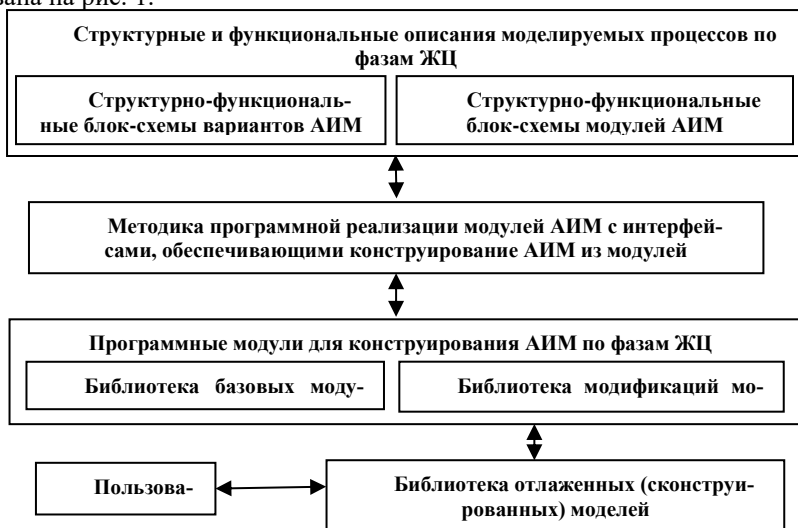


Рис. 1 Структура системы конструирования АИМ (СКАИМ) для отдельных фаз ЖЦ ГКС

Следующим этапом создания СКАИМ является выбор программной системы для создания библиотек программных модулей на основе разработанных блок-схем – базовой и модифицируемой (мультиверсионной) [4, 7]. Для использования СКАИМ необходима не только методика унификации программной реализации библиотек модулей, но и методика по «сборке» ИМ и/или АИМ, соответствующих задачам проводимых исследований. Некоторые из вариантов модулей отлаживаются отдельно и выполняются работы по сборке и отладке одного или нескольких вариантов структур АИМ. Разработанные ИМ (АИМ) составят отдельную библиотеку уже отлаженных и готовых к реальным экспериментам моделей ГКС.

Задачи исследования ГКС требуют создания достаточно сложного по структуре и функциям программно-документального инструментария по их имитационному и/или аналитико-имитационному моделированию. В докладе приведен один из подходов к созданию СКАИМ. Срок реализации подобного проекта в его базовой форме от нескольких месяцев до года, в зависимости от количества исполнителей, степени сложности необходимых библиотек модулей и моделей, определяемой спецификой требований потенциальных Заказчиков ГКС.

## **Литература**

1. Basic Concepts and Taxonomy of Dependable and Secure Computing. Algirdas Avizienis, Fellow, IEEE, Jean-Claude Laprie, Brian Randell, and Carl Landwehr, Senior Member, IEEE. IEEE TRANSACTIONS ON DEPENDABLE AND SECURE COMPUTING, VOL. NO. 1., JANUARY-MARCH 2004, pp. 11-33.
2. Харченко В.С. / Гарантоспособность и гарантоспособные системы: Элементы методологии. // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2006. - № 5. – С. 7-19.
3. А.А. Фурманов, И.Н. Лахижа, В.С. Харченко / Моделирование гарантоспособных сервис-ориентированных архитектур при атаках с использованием уязвимостей. // Радіоелектронні і комп'ютерні системи, 2009, № 7 (41). – С. 65-69.
4. Стеценко И.В. /Теоретические основы Петри-объектного моделирования систем. // Математичні машини і системи, 2011, № 4. – С. 136-148.
5. А.В. Федухин, Н.В. Сеспедес-Гарсия. / Пакет прикладных программ GARANTmod в инжиниринге гарантоспособных систем. // Математические машины и системы, №3, 2013. – С 178-185.
6. Томашевский В.Н. Моделювання систем. – К.: Видавнична група BHV, 2005. – 352с.

7. Т.З. Фидаров / Основы методики построения и периодического обновления глоссария для исследований по обеспечению устойчивого функционирования гарантоспособных систем. // Математические машины и системы. – 2015. - №4. – С. 152-162.

УДК 004.519.217

## **ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ НА РАННІХ ЕТАПАХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ**

<sup>1</sup>О.А. Руденко, <sup>2</sup>З.М. Руденко, <sup>2</sup>Н.М. Ревуцька

*<sup>1</sup>Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

*<sup>2</sup>Полтавський коледж нафти і газу Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка*

В умовах інформатизації всіх сфер людської життєдіяльності до програмно-технічних комплексів (ПТК) висуваються вимоги щодо забезпечення ними високих показників надійності, оскільки вони виконують відповідальні функції, пов'язані із забезпеченням фінансової та фізичної безпеки людини.

Зростання складності ПТК і, як наслідок, зростання складності їх програмної складової, з одного боку висуває більш жорсткі вимоги до надійності програмних засобів, а з іншого, ускладнює процес оцінювання їх показників надійності.

Як відомо, оцінка показників надійності програмних засобів здійснюється на основі моделей, що характеризуються певними класифікаційними ознаками. Так, наприклад, згідно системи класифікації Полонікова-Нікандрова моделі поділяють за ознаками: структура часу, складність реалізації програмного забезпечення, розмітка помилок, структура тексту програми, структура простору вхідних даних [1]. Існують інші системи класифікації (Гоела [2], Фатуєва [3], Хетча [4] тощо), у яких поділ здійснюється дещо інакше.

У відомих моделях не завжди обумовлюється етап життєвого циклу програми, під час якого їх можна застосовувати. А цей фактор відіграє важливе значення. Так, на етапі проектування дефекти виявляють на основі використання певних процедур, або візуально. Тому застосування класичних моделей оцінки надійності програмних засобів недоцільне, оскільки відсутня статистика дефектів, не створені тестові програми.



На етапі модульного тестування доцільно віддати перевагу моделям на основі внесення дефектів (Міллса, Бейзіна [1]), зважаючи на близькість ймовірнісних характеристик наявних і внесених дефектів. На даному етапі також можна використовувати ймовірнісні моделі (Джелінські-Моранди [5], Шика-Уолвертона [6] та ін.), незважаючи на невідповідність деяких припущень (про розподіл часу між виявленням дефектів, про однаковий ступінь серйозності дефектів) реаліям. Ймовірнісні моделі доцільно використовувати у випадку кількісної оцінки дефектів.

Диференційований підхід при виборі моделей оцінки надійності програмних засобів з огляду на етапи життєвого циклу програм дозволяє підвищити точність оцінювання показників надійності.

### **Література**

1. Полонников Р. И. Методы оценки показателей надежности программного обеспечения [Текст] / Р. И. Полонников, А. В. Никандров. – СПб.: Политехника – 1992. – 78 с.
2. Goel A. L. Software reliability models: Assumptions, Limitations and Applicability [Text] / A. L. Goel // IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. SE-11, № 12. – 1985. – P. 1411-1423.
3. Фатуев В. П. Надежность автоматизированных информационных систем: Учебное пособие [Текст] // В. П. Фатуев, В. И. Высоцкий, В. И. Бушинский – Тула: ТГУ, 1998. – 104 с.
4. Haag S. Quality Function Deployment. Usage in Software Development [Text] / S. Haag, H. K. Raja, L. L. Sekade // Comm. of ACM. – 1998. – 39. – N1.
5. Jelinski Z. Software reliability research [Text] / Z. Jelinski, P. Moranda // Statistical computer performance evaluation W. Freiberger, Ed. Academic Press. – 1972. – P. 465-484.
6. Shick G. J. An analysis of computing software reliability models [Text] / G. J. Shick, R. W. Wolverson // IEEE Trans. Software Eng. – V. SE-4. – № 2. – 1978. P. 104-120.

## **БАЗА МОДЕЛЬНИХ ЗНАТЬ ЯК ЗАСІБ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ ОБ'ЄКТІВ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ**

І.А. Жирякова, С.В. Голуб

*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького,  
Україна*

Застосування систем багаторівневого інтелектуального моніторингу для забезпечення інформацією процесів адаптивного управління в заданій предметній області вимагає консолідації та наступної обробки великих масивів даних. Їх здобувають з різнорідних джерел в різних предметних галузях, піддають критичному аналізу і використовують для зменшення невизначеності в процесі прийняття управлінських рішень. Важливим етапом технології багаторівневого інтелектуального моніторингу об'єктів управління є реалізація процесів створення знання-орієнтовних моделей, які за словами Ньюелла [1] є основним засобом інтелектуалізації систем підтримки прийняття рішень.

Як стандарт де-факто знання-орієнтовні моделі стали застосовуватись при проектуванні прикладних вузькоспеціалізованих експертних систем, для формалізованого представлення знань про предметну область, пізніше для діалогових систем типу «питання-відповідь» [2], природно-мовних діалогових систем [3] та в інтелектуальних розв'язувачах задач і системах управління [4-6]. Але навіть на сучасному етапі основним недоліком існуючих моделей представлення знань є підтримка актуальності бази знань у відповідності до нових задач. Отже, розробка нових підходів до роботи зі знаннями та принципів їх збереження є актуальною науковою задачею.

В даній роботі пропонується новий підхід до використання бази модельних знань (БМЗ) для забезпечення інформацією процесів адаптивного управління в рамках будь-якої предметної галузі. Особливістю БМЗ спроектованої за таким підходом є автоматична перебудова її структури в залежності від результатів моніторингу. Отже, завдяки цьому БМЗ буде актуальною в будь-який момент часу. Даний підхід припускає інші принципи збереження знань, що в свою чергу дає можливість створення нових більш ефективних засобів для автоматизації досить кропіткого та тривалого процесу їх інтеграції в адаптивних системах управління. Запропонований підхід базується на використанні основних положень теорії ієрархічних багаторівневих систем [7], зокрема поло-

женні про координацію елементів складної системи, та методу багаторівневого моделювання складних систем за даними спостережень в умовах неповноти інформації [8].

Знання – це відомості про закономірності в динаміці властивостей об'єктів. Отже, процес отримання знань – це пролонгований у часі процес перетворення форми інформації. Для визначення загальних для будь-якої предметної галузі етапів перетворення інформації під час формування рішення скористаємось схемою, яка запропонована Лохейзеном [9] (рис. 1).

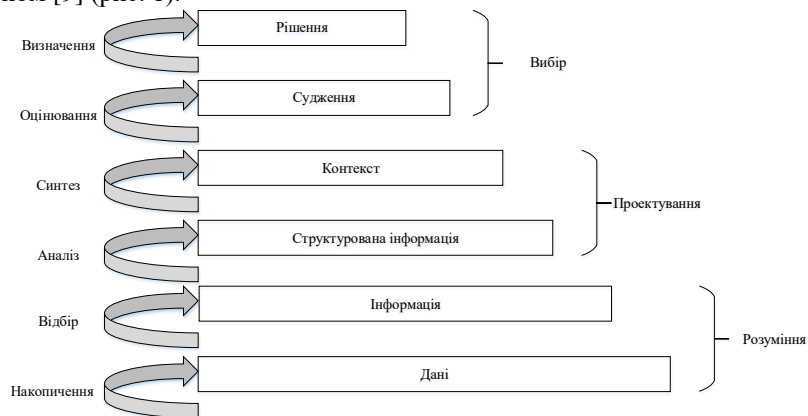


Рис. 1. Структурна схема формування рішення.

Згідно з наведеними етапами розглянемо особливості процесу перетворення інформації, яка відбувається в БМЗ. На першому етапі накопичені чи отримані в режимі реального часу дані, які необхідні для первинного поверхневого ознайомлення з об'єктом відбираються для визначення поточного стану об'єкту дослідження. Під станом розуміється вектор значень властивостей об'єкта, які змінюються в процесі моніторингу. Структурування із масиву вхідних даних інформації для аналізу будемо розглядати як індуктивний синтез знань, що реалізується в результаті автоматичної генерації класифікаційної багато-параметричної моделі на основі спеціально підготовлених тестових (навчальних) даних. Навчальні вибірки, як правило, являють собою невеликі набори даних, відповідні описам уже відомих об'єктів знань. А індуктивна модель виглядає як сукупність зразків (реалізацій) даних, за якими ідентифікується подібний об'єкт. Кожна модель на етапі синтезу дає можливість її випробування для визначення показників впливовості кожної із характеристик на вивчає мий об'єкт, проаналізувавши яку

можна зробити певні висновки щодо його контексту. Складність комбінацій моделей на кожному рівні обробки інформації зростає в залежності від кількості нових образів, які враховуються в процесі синтезу моделі. Отримані ієрархічні структури, являтимуть собою фрагменти знань (образи). В результаті, на кожному рівні відбуватиметься висхідний синтез елементів структури знань, який породжуватиме образ. Кожен образ – це дедалі складніша комбінація нових знань про досліджуваний об’єкт. Кожен рівень ієрархії буде відображати вплив змін стану об’єкту на структуру моделей та фактично генеруватиме множину нових знань необхідних для формування сценарію дій для розв’язання поставленої задачі та вагові коефіцієнти (частинні похідні моделей по кожній змінній).

Підвищення інформативності БМЗ відбувається за рахунок постійного моніторингу за станом об’єкту спостереження та додавання додаткових параметрів або ж конструювання цих параметрів за допомогою синтезатора моделей чи на основі запитів, які формує кінцевий користувач через окремих структурний елемент БМЗ – брокер знань (рис. 2).



Рис. 2. Підвищення інформативності БМЗ.

Брокер знань в представленій структурі служить посередником між кінцем користувачем (особою, що приймає рішення) і знаннями, які формуються БМЗ. Іншими словами – це шлюз для розподілених знань по сформованій мережі знань, який слід розглядати як окремих структурний елемент БМЗ. Фактично, він являє собою структуру накопичених знань яка грає роль мета-каталогу (онтології) для ефективної організації знань, які представлені в якості моделей в БМЗ, і надає доступ до них. На рис. 3 представлено набір абстракцій об’єктів моніторингу мета-каталогу.

Тобто, він містить не лише інформацію про знання, що формуються БМЗ, а і інформацію про структуру взаємозв’язків між ними, враховуючи їх розташування в структурі онтології. Також в структурі онтології

зберігаються всі проміжні образи, які були отримані під час пошуку образу оптимальної складності (оцінений на предмет його точності та адекватності) та аксіоматичні положення по застосованим алгоритмам синтезу моделей та їх структури. Кожен раз, коли нова порція знань додається до БМЗ, структура онтології оновлюється автоматично.

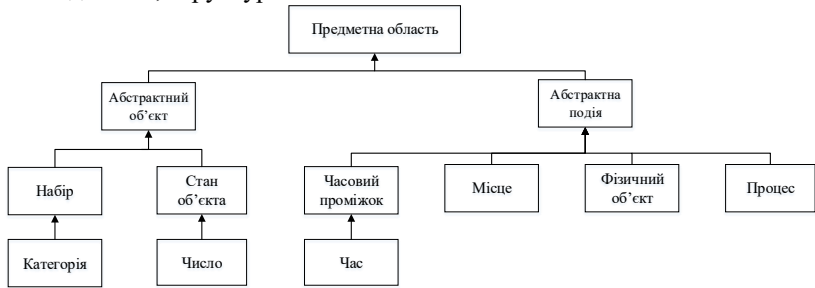


Рис. 3. Набір абстракцій об'єктів моніторингу.

Запропонований підхід орієнтований на автоматичне формування та подальший автоматизований супровід баз знань для будь-якої предметної області. Крім того, така форма подання знань легко читається, і аналітик майже завжди може простежити шлях, по якому рухалася інтелектуальна система прийняття рішень при побудові остаточної класифікації і відборі методів управління.

### Література

1. Newell A. The Knowledge Level // Artificial Intelligence. – 1982. – V. 18(1). – P. 87–127.
2. Белоногов Г.Г., Кузнецов Б.А. Языковые средства автоматизированных информационных систем. – М.: Наука, 1983. – 288 с.
3. Попов Э.В. Искусственный интеллект: [в 3 кн.] / под ред. Э.В. Попова. – М.: Радио и связь, 1990. – Кн. 1: Системы общения и экспертные системы: справочник. – 1990. – 464 с.
4. Нильсон Н. Принципы искусственного интеллекта. – М.: Радио и связь, 1985. – 376 с.
5. Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления. – М.: Энергоиздат, 1981. – 385 с.
6. Минский М. Фреймы для представления знаний. – М.: Энергия, 1979. – 151 с.
7. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара. – М.: Мир, 1973. – 344 с.

8. Голуб С.В. Багаторівневе моделювання в технологіях моніторингу оточуючого середовища / С.В. Голуб. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2007. – 220 с.  
 van Lohuizen C.W.W. Knowledge Management and Policymaking // Knowledge: Creation, Diffusion, Utilization. – 1986. – V. 8(1). – P. 87–127.

УДК 519.85

## ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ УПАКОВКИ ШАРОВ

Пичугина О.С.

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

Рассматривается задача упаковки следующего вида: задан набор шаров

$$\left\{ B_{r_i}(x^i) \right\}_{i \in J_m}, \quad i \in J_m = \{1, \dots, n\} \quad (1)$$

в нормированном пространстве  $E^n \subseteq R^n$ :  
 $B_{r_i}(x^i) = \{x \in E^n : \|x - x^i\| \leq r_i\}$  - шар радиуса  $r_i$  с центром в точке  $x^i$ ,  $i \in J_m = \{1, \dots, n\}$ . Также задан центрально симметричный контейнер  $B$ . Необходимо упаковать эти шары в этот контейнер с целью оптимизации некоторого критерия  $K$ , зависящего от метрических характеристик контейнера, если известно он представляет собой декартово произведение шаров в пространствах  $E^{n_j}, n_j \leq n$ :

$B = \bigotimes_{j=1}^k B_{R_j}(\theta^j)$ ,  $B_{R_j}(\theta^j) = \{y \in E^{n_j} : \|y\| \leq R_j\}$ ,  $\sum_{j=1}^n n_j = n$  ( $\theta^j \in R^{n_j}$  - нулевой вектор), часть метрических характеристик – радиусов шаров - которых неизвестны:

$$\left\{ R_j \right\}_{j \in J_k} : \exists I \subseteq J_k \quad R = \left\{ R_j \right\}_{j \in I} \text{ неизвестны, } \left\{ R_i \right\}_{i \notin I} \text{ заданы.} \quad (2)$$

**Математическая модель задачи.** Необходимо найти параметры размещения  $x^i, i \in J_m$  упаковываемых шаров с целью оптимизации критерия  $K$

$$K = f(R) \rightarrow \text{extr} \quad (3)$$

при условии их взаимного непересечения (**Условие 1**) и размещения в области  $B$  (**Условие 2**).

Формализуем эти условия:

1. Поскольку объекты упаковки являются шарами в  $E^n$ , условием их взаимного непересечения будет то, что расстояние между центрами шаров не меньше суммы их радиусов:

$$\text{Условие 1: } \|x^i - x^j\| \geq r_i + r_j, \quad 1 \leq i < j \leq n. \quad (4)$$

2. Для формализации второго условия, осуществим проектирование шаров (1) в пространство меньшей, воспользовавшись тем фактом, что проекциями будут также шары этого нормированного пространства размерности ниже:

$$Pr_{E^{n_j}} B_{r_i}(x^i) = \{x^{ij} \in E^{n_j} : \|x^{ij} - x^{0j}\| \leq R_{ij}\}_{i \in J_m} = B'_{R_{ij}}(x^{i0}), \quad (5)$$

$$R_{ij} \geq r_i, \quad i \in J_m, \quad j \in J_k.$$

Условием размещения в области  $B$  будет то, что расстояние от центра спроектированного шара (5) до точки  $\theta^j \in R^{n_j}$  - это как минимум разница между радиусами  $B_{R_{ij}}(\theta^j)$  и этого шара. В итоге имеем:

$$\text{Условие 2: } \|x^{0j}\| \leq R_j - R_{ij}, \quad i \in J_m, \quad j \in J_k. \quad (6)$$

Итак, мы построили математическую модель (3),(4),(6) поставленной задачи упаковки. На охватывает многие известные задачи упаковки одинаково ориентированных объектов. Так, например, что касается разнообразия форм объектов и области, то:

- Если  $\|\cdot\| = \|\cdot\|_2$  - евклидова норма, эта модель охватывает при  $n = 2$  задачи упаковки кругов в круг и в прямоугольник; при  $n = 3$  - задачи упаковки шаров в шар, в круговой цилиндр или в прямоугольник.

- Если  $\|\cdot\| = \|\cdot\|_\infty$  - максимальная норма, то при  $n = 2$  - это задача упаковки квадратов в квадрат или прямоугольник; при  $n = 3$  - это будет задача упаковки кубов в параллелепипед произвольной формы.

- Если  $\|\cdot\| = \|\cdot\|_1$  - абсолютная норма, при  $n = 2$  мы имеем дело с задачей упаковки ромбов  $|x_1| + |x_2| = r_i$  в ромб или прямоугольник; при  $n = 3$  - с задачей упаковки октаэдров в октаэдр, цилиндр с основанием в виде ромба или параллелепипед.

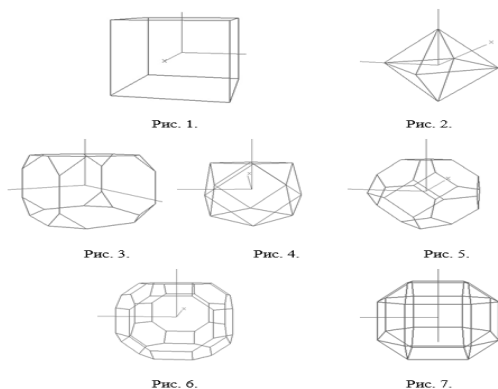
Помимо вышеупомянутых известных норм, выбор других  $l_p$  - норм -  $\|\cdot\| = \|\cdot\|_p$  ( $p \in (1, \infty)$ ) позволяет существенно расширить классы объектов упаковки на множество супешаров, а формы области - на супершары и суперцилиндры.

Помимо этого, различные полиэдральные нормы могут быть использованы, что позволяет расширить число многогранных форм объектов

упаковки с классов гиперкубов и гипероктаэдров (рис.1,2). Так, например, суперпозиция  $\|\cdot\| = \|\cdot\|_\infty$  и  $\|\cdot\| = \|\cdot\|_1$  позволяет перейти в  $R^2$  к упаковке восьмиугольников, в  $R^3$  - к упаковке, помимо кубов и октаэдров – трех видов многогранников, образованных из куба отсечением вершин (рис.3-5). При использовании нормы  $\|\cdot\| = \|\cdot\|_{[2]}$  возникают

Относительно критерия оптимизации, то, в зависимости от размерности задачи и того, радиусы каких шаров в (2) неизвестны, и вида функции (3), целью может быть минимизация периметра, объема, площади области размещения и т.п.

Модель может быть расширена на множество других одинаково ориентированных гомотетических объектов упаковки. Основными требованиями к ним является выпуклость и центрально-симметричность.



УДК 004.94: 004.428

## СКЛАДНІСТЬ АЛГОРИТМУ РОЗРОБКИ МОДЕЛІ ДИСКРЕТНО-ПОДІЙНОЇ СИСТЕМИ В СЕРЕДОВИЩІ ВІЗУАЛЬНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

І.В. Стеценко, О.Ю. Дифучина

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна*

Моделі дискретно-подійних систем широко використовують для аналізу і проектування складних систем. Перспективним є їх використання також в якості компонентів інформаційних управляючих систем та систем прийняття рішень в таких галузях, як управління транспортом



[1], військові стратегії, кіберзахист [2] та інші. Програмне забезпечення моделювання дискретно-подійних систем має задовольняти кільком вимогам: гнучкість при формулюванні умов подій, масштабованість відносно часу виконання моделювання, коректність та точність результатів моделювання, зручність інтерфейсу введення моделі та масштабованість відносно часу введення і моделі.

Петрі-об'єктна технологія моделювання систем базується на представленні дискретно-подійного процесу функціонування системи стохастичною мережею Петрі з багатоканальними та конфліктними переходами [3], що забезпечує необхідну гнучкість представлення елементарних подій. Математичний опис алгоритму забезпечує коректність та точність алгоритму імітації. Дослідження складності алгоритму імітації, виконане на основі математичних оцінок та підтверджене експериментальними дослідженнями, доводить кубічну залежність часу виконання алгоритму від кількості подій [4].

Розробка Петрі-об'єктної моделі є дворівневою: на першому рівні розробляють мережі Петрі, які описують динаміку об'єктів, а на другому виконується тиражування об'єктів з заданими параметрами динаміки та зв'язування їх. Візуальні засоби розробки моделі зі складною структурою значно скорочують кількість помилок при її введенні та спрощують її сприйняття. Водночас вони потребують розробки спеціальних засобів обробки графічного представлення моделі та її програмного представлення для взаємної однозначної трансформації цих представлень (графічного в програмне і навпаки) [5].

При використанні графічного інтерфейсу введення моделі, як правило, ставиться за мету наочність представлення і не враховується вплив графічного інтерфейсу на швидкість роботи користувача. Проте останній фактор є дуже важливим для практичного використання програмного забезпечення саме фахівцями, а не початківцями. В даному дослідженні проводиться аналіз ефективності візуальної розробки Петрі-об'єктної моделі з великою кількістю елементів.

Оскільки кожний користувач має особисті якості, такі як навички роботи з середовищем візуального програмування, швидкість набору чи швидкість реакції, для оцінки швидкості розробки моделі запропоновано використовувати кількість елементарних операцій середовища візуального програмування, витрачених на розробку.

При введенні мережі Петрі користувач виконує такі дії: 1) розробка позиції: 1.1) клацнути та 1.2) потягти, 1.3) відкрити вікно параметрів, 1.4) задати назву, 1.5) задати маркування, 1.6) закрити вікно параметрів; 2) розробка переходу: 2.1) клацнути та 2.2) потягти, 2.3) відкрити вікно параметрів, 2.4) задати назву, 2.5) задати часову затримку, 2.6) закон

розподілу, 2.7) (не для всіх) ймовірність або пріоритет, 2.8) закрити вікно параметрів; 3) розробка дуги: 3.1) клацнути на позначці елемента в командному меню, 3.2) клацнути на елементі, який є початком дуги, 3.3) клацнути на елементі, який є кінцем дуги, 3.3) (не для всіх) відкрити вікно параметрів, 3.4) задати кількість зв'язків, 3.5) (не для всіх) означити, що дуга є інформаційною, 3.6) закрити вікно параметрів. Позначимо  $z$  – кількість переходів,  $p$  – кількість позицій,  $a$  – середня кількість вихідних дуг елемента мережі Петрі, тоді кількість дій користувача оцінюється величиною:

$$C_{net} = 8z + 6p + 6a(z + p). \quad (1)$$

При введенні Петрі-об'єкта користувач виконує такі дії: 1) зберегти мережу Петрі як метод, 2) створити нову мережу Петрі збереженням методом, в аргумент якого передається фактичне значення параметру, 3) створити об'єкт конструктором, в аргументі якого передаємо створену мережу Петрі. Тобто, 3 елементарні дії для кожного об'єкта плюс дії, витрачені на розробку мережі Петрі об'єкта. Останні оцінюються величиною  $C_{net}$ , якщо мережа розробляється вперше і  $2+m$ , якщо використовується вже розроблена мережа Петрі, що потребує налаштування  $m$  параметрів з вікна редагування параметрів. Маємо,

$$C_{obj} = 3 + F(obj)C_{net} + \overline{F(obj)}(2 + m), \quad (2)$$

де  $F(obj)$  – предикат, рівний 1, якщо об'єкт створюється першим з групи однотипних.

Для розробки Петрі-об'єктної моделі користувач виконує такі дії: 1) розробити всі Петрі-об'єкти, 2) створити список Петрі-об'єктів, 3) додати розроблені об'єкти в список, 4) створити зв'язки, 5) запустити модель на виконання. Маємо,

$$C_{model} = NC_{obj} + 1 + N + k\frac{N}{2} + 1 = N\left(C_{obj} + 1 + \frac{k}{2}\right) + 2, \quad (3)$$

де  $N$  – кількість об'єктів,  $k$  – кількість зв'язків об'єкта.

Наприклад, для Петрі-об'єктної моделі з  $N$  однотипних об'єктів, кожний з яких має два зв'язки з іншими елементами, маємо

$$C_{model} = N(C_{obj} + 2) + 2 = N\left(3 + F(obj)C_{net} + \overline{F(obj)}(2 + m) + 2\right) + 2 = 5N + C_{net} + (N - 1)(2 + m) + 2 = (7 + m)N + C_{net} - m.$$

Оцінку ефективності середовища візуальної розробки Петрі-об'єктного моделей отримаємо із співвідношення складності візуальної розробки мережі Петрі за звичайною та Петрі-об'єктною технологіями:

$$F = \frac{C_{net}}{C_{model}} = \frac{C_{net}}{N\left[\left(3 + F(obj)C_{objNet} + \overline{F(obj)}(2 + m)\right) + 1 + \frac{k}{2}\right] + 2}. \quad (4)$$

де  $C_{net}, C_{objNet}$  – оцінка складності візуальної розробки мережі Петрі за формулою (1) для всієї моделі системи та для окремого Петрі-об'єкта відповідно.

Для дослідження залежності (4) побудована модель, що складається з події «генерування» та декількох послідовних подій «обслуговування», яка є зручною для швидкого змінювання кількості подій в кожному об'єкті та кількості об'єктів. Можемо розробляти модель як мережу Петрі з  $ZN$  подій «обслуговування», або як сукупність  $N$  Петрі-об'єктів з  $Z$  послідовними подіями «обслуговування» в кожному.

У випадку розробки мережі Петрі маємо таку оцінку складності:

$$C_{net} = 56 + 8ZN + 6(2ZN + 1) + 12(3ZN + 1) = 56ZN + 74. \quad (5)$$

У випадку розробки такої ж мережі Петрі за технологією Петрі-об'єктного моделювання маємо ( $m = 1$ ):

$$C_{model} = [3 + (8 + 6 \cdot 2 + 6 \cdot 6)] + [8N + C_{net} - 1] = 58 + 8N + 8Z + 6(2Z + 1) + 12(Z + 2Z + 1) = 76 + 56Z + 8N. \quad (6)$$

З оцінок (5), (6) слідує оцінка ефективності:

$$F = \frac{C_{net}}{C_{model}} = \frac{28ZN+37}{28Z+4N+38}. \quad (7)$$

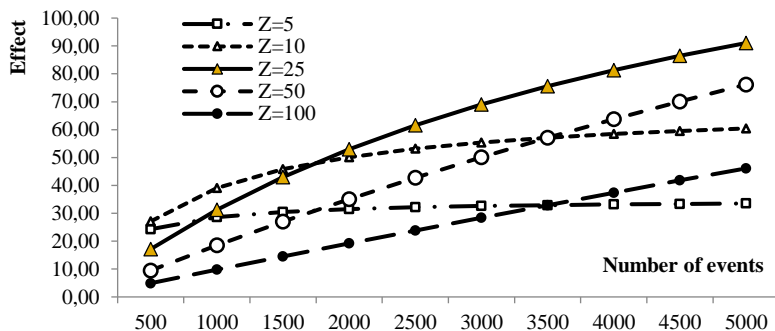


Рис. 1 Ефективність візуальної розробки Петрі-об'єктної моделі

Дослідження залежності (7) представлено на рисунку 1. В усіх випадках спостерігається суттєве зменшення витрат часу на введення Петрі-об'єктної моделі у порівнянні зі звичайною мережею Петрі, а саме, в 8 і більше разів. Найбільше спостережуване значення ефекту - в 91 раз. При відносно нескладних моделях (до 1500 подій), найбільший ефект дає використання об'єктів по 10 подій, а найменший – об'єктів по 100 подій. При більш складних моделях (більше 2000 подій) найбільший ефект спостерігається при використанні об'єктів по 25 подій, а найменший – при використанні об'єктів по 5 подій.

Таким чином, отримано математичну оцінку ефективності розробки моделей дискретно-подійних систем в спеціалізованому середовищі візуального програмування та виконаний аналіз зростання ефекту від використання Петрі-об'єктної технології розробки моделі при зростанні складності моделі. Ефективність досягається за рахунок багатократного використання мереж Петрі та тиражування об'єктів зі схожою динамікою. Результати аналізу свідчать про наявність оптимального розміру Петрі-об'єкта, який забезпечує максимальний ефект від використання технології. Отже, Пері-об'єктна технологія надає переваги в швидкості не тільки на етапі виконання алгоритму імітації, але й на етапі розробки моделі.

### **Література**

1. A. Di Febbraro A deterministic and stochastic Petri Net model for traffic-responsive signaling control in urban / A. Di Febbraro, D. Giglio, N. Sacco // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. Feb. 2016. – Vol.17, Issue 2. – P. 510-524.
3. A. El Bouchti Cyber security modeling for SCADA systems using stochastic game nets approach / A.El Bouchti, T.Nahhal // Future Generation Communication Technologies 2016 Fifth International Conference. Aug. 2016. – P. 42-47.
4. Стеценко И. В. Теоретические основы Петри-объектного моделирования систем / И.В.Стеценко // Математичні машини і системи. – 2011. – № 4. – С. 136-148.
5. I.V. Stetsenko Petri-Object Simulation: Software Package and Complexity / I. Stetsenko, V. Dorosh, A. Dyfuchyn // Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications. – Warsaw, 2015. – P. 381-385.
6. Стеценко І.В. Інтелектуальний компонент візуального програмування стохастичних мереж Петрі / І.В.Стеценко, К.С.Лещенко // Технічні науки та технології. – 2016. - №4(6) – С.139-147.

УДК 004.942

## **НЕЧІТКЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЙОВОГО ІНТЕЛЕКТУ В РОЗПОДІЛЕНІЙ ЕНЕРГОСИСТЕМІ**

Ю.І. Рудяков, В.М. Томашевський

*Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут" імені Ігоря Сікорського, Україна*

**Вступ.** На фоні зростаючого попиту на електричну енергію постійно загострюється потреба її оптимального розподілу між споживачами.

Поновлювані джерела все частіше використовуються разом з традиційними копалинами-енергоносіями, і технології їх застосування з кожним днем стають все вигідніше і зручніше.

Однак більшість поновлюваних джерел не дозволяють постійно виробляти потрібний обсяг енергії. Їх ефективність досить сильно залежить від таких факторів оточення системи, як поточний сезон, час доби, поточні погодні умови, та інших. Для балансування в режимі реального часу попиту і пропозиції енергії, виробленої з використанням поновлюваних і не відновлюваних ресурсів, необхідні системи інтелектуального управління. Імітаційна модель однієї з таких систем проектується в пропонуваному підході.

У наш час методи ройового інтелекту швидко розвиваються і дозволяють оптимізувати розподіл енергії: зв'язати об'єкти енергомереж, що використовують різні центри виробництва енергії (сонячні панелі, вітрові установки, теплоелектроцентралі) і центри споживання (будівлі, підприємства, електромобілі). Сучасні інтелектуальні рішення здатні розраховувати оптимальні способи передачі енергії між постачальниками і споживачами, а також прогнозувати попит і пропозицію, враховуючи при цьому накопичені статистичні дані.

**Системи інтелектуального управління розподіленими енергосистемами.** Глобальний ринок технологій накопичення енергії в «розумних» енергомережах може досягти \$68 млрд до 2024 р. Ймовірний термін максимальної прояви технологічного тренду - 2030-2030 рр. Системи інтелектуального управління розподіленими енергосистемами надають наступні ефекти:

- підвищення безпеки та стійкості інфраструктури електромереж;
- зменшення витрат на енергоносії;
- більш ефективний розподіл і використання енергії, зниження викидів парникових газів.
- Розробка цих систем супроводжується наступними драйверами і бар'єрами:
  - розвиток довгострокових програм і проектів в галузі відновлюваної енергетики;
  - жорсткість екологічних норм у сфері енергетики;
  - дорожнеча і складність модернізації інфраструктури енергомереж;
  - економічна вигода від використання традиційних енергоносіїв (нафта, газ, вугілля) [1, 2].

Етапи розвитку мереж з розподіленими джерелами енергії представлені на рисунку 1.



Рисунок 1 – Технологічна еволюція: етапи розвитку мереж з розподіленими джерелами енергії

**Нечітке моделювання розподіленої енергосистеми на основі експертних знань про систему.** У підході, що розглядається, використовується нечітке моделювання на основі експертних знань про систему, в основі якого лежить використання знань і досвіду людини, глибоко компетентної в питаннях, пов'язаних з системою, що моделюється.

Сукупність усвідомлених (явних) і неусвідомлених (здатність інтуїтивно «відчувати» механізм) знань про реальну систему, що накопичуються в думках експерта, говорять як про ментальну модель (mental model) [3]. Шляхом бесіди з експертом можна вилучити тільки «явну» частину наявних у нього знань про систему, виражену у формі вербальних правил, які описують взаємозв'язки між входними та вихідними параметрами системи, та мають, наприклад, такий вигляд:

ЯКЩО (хмарність *низька*) І (час доби *ранковий*)

ТО (вироблення енергії *високе*),

або, в загальному випадку:

$$\text{ЯКЩО } (x_1 \in A_i) \text{ І } (x_2 \in B_j) \text{ ТО } (y \in C_k),$$

де  $x_1, x_2$  – входи системи;  $y$  – вихід;  $A_i, B_j, C_k$  – нечіткі множини, які використовуються експертом для лінгвістичної оцінки значень входів і виходів.

Експерт також може надавати інформацію про використовуваний лінгвістичний значення, наприклад: «кажучи про *високий* рівень зарядки накопичувача, я маю на увазі рівень заряду більше 70 %»

Нечіткі експертні системи дозволяють не тільки враховувати невизначеність, а й моделювати міркування, що з великими труднощами піддається реалізації в системах на класичній логіці. Таким чином, основною метою використання нечіткої логіки є створення методу, здатного моделювати людські міркування і пояснювати прийоми прийняття рішень [4].

Підхід, запропонований в даній роботі, використовує алгоритм рою часток для пошуку оптимальних керуючих параметрів агента системи, і нечітку логіку за алгоритмом Мамдані для динамічного формування стратегій його поведінки. Така комбінація сприяє зручності в адаптації імітаційної моделі під реальні показники і дозволяє користувачеві

гнучко налаштовувати поведінку агентів, залежну від факторів оточення системи.

Агенти системи є споживачів електроенергії, кожен з яких має своє власне поновлюване джерело енергії (наприклад, сонячну панель) і акумулятор, здатний накопичувати певну кількість електроенергії.

Система також має агента-генератора, який забезпечує споживачів енергією з не відновлюваного джерела. Цим генератором може бути, наприклад, теплова електростанція. Передбачається, що постачання енергії від електростанції стабільне і цілодобово, може повністю покривати максимальні витрати енергії споживача. Однак вартість енергії залежить від його поточного рівня споживання (за поточним загальним тарифом), а частково покривати витрати він може за рахунок продажу енергії (за поточним "зеленим" тарифом). Процес моделювання простої системи представлений на рисунку 2. Споживачі представлені зеленими кружками, їх поточні чисельні параметри користувач моделі може спостерігати у вікнах статистики програми.

На агентів постійно впливають фактори навколишнього середовища, такі як хмарність, швидкість вітру, вологість, час доби і інші.

Завдання кожного агента-споживача полягає в мінімізації своїх витрат на електроенергію. Для цього агент кожен одиницю часу моделювання використовує рій часток (набір потенціальних рішень), які знаходять необхідне оптимальне значення цільової функції за поточними параметрами управління.

УДК681.3

## **ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ СИСТЕМЫ РЕШЕНИЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

Е.П. Ильина

*Институт программных систем НАН Украины*

Автоматизированная поддержка современных парадигм управления в организации, рассматриваемой как система организационного управления (СОУ), требует оперирования моделью знаний, центрированной на системе решений СОУ. В то же время такая модель должна увязывать решения с концептами двух других ракурсов СОУ-целями и бизнес-процессами, в силу их одновременной вовлеченности в задачи управления. Эти тенденции постепенно входят в моделирование бизнес-процессов, через модель DMN, непосредственно вводящую решение в модель BPMN, и проекты GoalSpec и GOBPMN, направленные на связь целей с бизнес-процессами. Но проблема, помимо неполноты замыкания, в том,

что сфера внимания ограничена программированными решениями, чье принятие сводится к выбору варианта из заданного множества по известному алгоритму.

Непрограммированные решения, характерные для верхних уровней управления, новых вызовов и динамичности условий, включают этапы анализа проблемной ситуации, выработки альтернатив, неформального аргументированного выбора и анализа результатов. Процессы их принятия могут быть описаны в ВРМН, но с адресацией к онтологии и ретроспективе решений СОУ и к сервисам экспертно-аналитической поддержки их этапов[1]

Экспертно-аналитическая парадигма предполагает поддержку процесса экспертизы посредством двух видов функций. Экспертные функции осуществляют взаимодействие с экспертом (запрос мнения, информирование, совет, введение мнения и аргументации в информационное поле процесса). Аналитические формируют новые сведения посредством автоматического (в том числе интеллектуального) оперирования структурами знаний СОУ и информацией текущего процесса.

Модель задачи экспертизы имеет вид

$$MET = \langle E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7 \rangle,$$

где  $E1$  – операционный тип (оценивающая, классификационная, фильтрующая, выбирающая, диагностическая);  $E2$  – постановка задачи;  $E3$  – контекст;  $E4$  – модель экспертной группы (ЭГ);  $E5$  – модель результата;  $E6$  – критерии качества результата;  $E7$  – модель процесса экспертизы.

$$E2 = \langle E21, E22, E23 \rangle,$$

где  $E21$  – объект экспертизы (ОЭ);  $E22$  – определение характеристики ОЭ;  $E23$  – элементы деятельности, управляемые результатом экспертизы.

$$E3 = \langle E31, E32, E33, E34 \rangle,$$

где  $E31$  – нормативный;  $E32$  – постановочный (входные параметры);  $E33$  – справочный (дополнительная информация);  $E34$  – консультативный (данные об аналогах и гипотезы, основанные на ретроспективе и связях в онтологии).

$$E4 = \langle E41, E42, E43 \rangle,$$

где  $E41$  – репрезентуемые функциональные области;  $E42$  – точки зрения, позиционированные в рамках структуры СОУ;  $E43$  – приемлемые характеристики деловой квалификации экспертов.

$$E5 = \{ \langle E51^i, E52^i, E53^i \rangle \}_{i=1, \dots, N},$$



где  $N$  – число используемых моделей;  $E51$  – целевая характеристика;  $E52$  – множество конкретизирующих характеристик;  $E53$  – отношения, задающие структур модели.

$$E6 = \langle E61, E62 \rangle,$$

где  $E61$  – характеристики системы исходных и обобщенных экспертных мнений;  $E62$  – условия приемлемости.

$$E7 = \{E71^j \{ E72^j, E73^j, E74^j, E75^j \} i=1, \dots, Mi, E76^j\} i=1, \dots, N,$$

где  $N$  – число туров экспертизы;  $Mi$  – число этапов  $i$ -го тура;  $E71$  – имя тура;  $E72$  – имя этапа;  $E73$  – экспертные функции, составляющие этап;  $E74$  – аналитические функции, используемые на этапе;  $E75$  – связи с другими этапами;  $E76$  – связи с другими турами.

Структурами знаний, используемыми аналитическими функциями, являются онтология целей, решений и структуры СОУ и ретроспектива решений [1], а также библиотека рекомендованных моделей, значения элементов модели  $MET$  и результаты решения экспертной задачи, структурированные согласно модели процесса экспертизы  $E7$ .

В состав необходимых аналитических функций формирования элементов модели  $MET$  входят следующие.

$FA1$  для формирования множества перспективных значений элементов  $MET$  по прецедентам. Использует формализм сходства для онтологических концептов [2], анализ ретроспективы деятельности СОУ; модель целевой совместимости и достижимости [3].

$FA2$  для определения необходимого состава элемента. Использует механизм наследования в онтологических классах [1].

$FA3$  для определения гипотетических побочных влияний ОЭ на деятельность СОУ в ее текущем состоянии. Использует формализмы сходства [2], наследования в онтологических классах и выявления кластеров взаимовлияющих решений [3].

$FA4$  для выявления и оценки влияний ОЭ на цели и интересы, актуальные для СОУ. Использует формализмы анализа онтологически обусловленных отношений в системах целей [3].

$FA5$  для оценки когерентности рассматриваемого ОЭ с текущим состоянием СОУ. Использует систему онтологически базированных показателей когерентности системы решений [3].

$FA6$  для подбора модели ценности. Использует выявление аналогичных постановок экспертных задач, отображенных в ретроспективе решений и в системе рекомендованных моделей.

*FA7* для выявления актуальных для задачи соотношений и конфликтов в онтологически специфицированной системе точек зрения. Использует методы онтологически базированного анализа и концептуального компромисса [4].

*FA8* для оценки перспективности использования процесса экспертизы с заданной моделью. Использует методы [4] и анализ ретроспективы принимавшихся решений.

*FA9* для формирования компромиссных вариантов модели экспертной задачи для текущего тура экспертизы, снижающих риски итогового решения при неоднородности экспертных точек зрения. Использует методы концептуального компромисса [4]; гармонизации системы целей [3]; статистического анализа структуры экспертных мнений [5].

*FA10* для построения онтологической аргументации в пользу предложенного расширения рамочной модели целедостижения для выбираемого мероприятия и гипотетической оценки достижимости цели воздействия. Использует механизмы анализа систем целей [3] и специальную продукционную модель достижимости цели воздействия, базирующуюся на онтологии решений и целей.

*FA11* для автоматического формирования результирующего решения. Использует методы: интеграции и обобщения экспертных мнений в диагностических деревьях ценности [6]; оценки свойств решения [4,5].

*FA12* для формирования рекомендуемого состава ЭГ. Использует анализ ретроспективы решений и данных о субъектах деловых процессов СОУ.

*FA13* для вывода рекомендаций по дальнейшему управлению ОЭ. Использует метод вывода рекомендаций и диагнозов на основе системы индивидуальных и обобщенных экспертных мнений применительно к классу ОЭ [6].

Создание сервисов, соответствующих рассмотренным аналитическим функциям, наряду с предоставлением средств ведения необходимых структур знаний СОУ, может рассматриваться как перспективный путь для распространения активно развиваемой в настоящее время парадигмы Business Process Management на непрограммируемые решения, а также на этапы жизненного цикла программируемых решений, на которых производится выработка либо пересмотр алгоритмов их принятия.

## **Литература**

1. *Ильина Е.П.* Методы и модели использования экспертно-аналитического знания для поддержки принятия решений в организации. Часть 1.

Моделі знання о рішеннях. / Е.П. Ільїна // Проблеми програмування. – 2016. – № 1. – С. 89 – 101.

2. *Ільїна Е.П.* Форми, метрики і свойства отношения сходства между концептами в онтологиях експертних точок зрення / Е.П. Ільїна, О.А. Слабоспицкая // Проблеми програмування, 2005, N 4 – С.39-49

3. *Ільїна Е.П.* Методи і моделі використання експертно-аналитического знання для підтримки прийняття рішення в організації. Часть 2. Онтологіческіе отношения и анализ гармоничности поля рішень/ Е.П. Ільїна // Проблеми програмування. – 2016. – № 4. – С. 66 – 80.

4. *Ільїна Е.П.* Функції і методи підтримки сучасних парадигм метода Дельфі // Проблеми програмування. – 2009. – № 1. – С. 36-52.

5. *Ільїна Е.П.* Оцінка і використання показателів качества експертного рішення проблеми// Проблеми програмування. – 2006 – №1. – С. 38-45.

*Автоматизированная* підтримка прийняття рішень по управлінню програмами фундаментальних научних досліджень с использованием експертной методології / Ільїна Е.П., Слабоспицкая О.А., Синицын И.П., Яблокова Т.Л. – Киев, 2010. – 94 с. (Препринт. Киев: Институт программных систем НАН Украины, 2010).

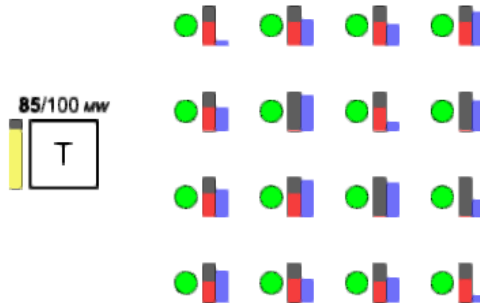


Рисунок 2 – Процес моделювання енергосистеми

На вагові коефіцієнти цільової функції впливає нечіткий висновок, що формується за допомогою алгоритму Мамдані. Таким чином формується поточна стратегія управління балансом електроенергії споживача, яка враховує ряд зовнішніх і внутрішніх факторів. Для визначення цієї стратегії потрібна база знань нечітких змінних і нечітких правил, яка будується за допомогою розглянутого раніше методу на основі експертних знань про систему.

**Висновок.** На прикладі імітаційної моделі розподіленої енергосистеми був продемонстрований підхід моделювання систем ройового інтелекту з нечіткою логікою в поведінці агентів. Такі системи відрізняються високою стійкістю до збоїв, адаптивністю до показників реального світу і гнучкістю в регулюванні. Користувач системи може налаштовувати специфіку поведінки агентів, задаючи необхідні функції приналежності і кількісні характеристики параметрів агентів, такі як вагові коефіцієнти стратегій поведінки.

### **Література**

1. Прогноз научно-технологического развития РФ до 2030 года (prognoz2030.hse.ru)
  2. International Federation of Robotics (IFR) (<http://worldrobotics.org/>)
  3. Babuska R. (1995) Fuzzy modeling a control engineering perspective. Proceedings of the International Conference FUZZ-IEEE/IFES'95. Yokohama, Japan, pp.1897-1902.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. Information and Control 8 (3). с. 338. doi:10.1016/S0019-9958(65)90241-X

УДК 004

## **МОДИФІКОВАНИЙ МЕТОД ДЕКОДУВАННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ТУРБО КОДІВ**

С.В. Зайцев, Б.В. Горлинський

*Чернігівський національний технологічний університет*

*БДержавна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України*

Для підвищення достовірності інформації в безпроводових системах передачі даних застосовуються завадостійкі коди. Найбільш ефективними серед них є турбо коди (ТК). По енергетичній ефективності ТК поступають теоретичному граничному значенню лише 0,5 дБ [1].

Експериментально встановлено та практично доведено, що високі характеристики завадозахищеності ТК отримали завдяки використанню пристрою перемищення в структурі кодера ТК, ітеративного декодування з використанням ймовірнісних алгоритмів в декодері, а також за рахунок використання декількох компонентних кодів в структурі ТК. До основних ймовірнісних алгоритмів декодування ТК, які мінімізують ймовірність декодування біт даних, відносяться Map, Max Log Map та Log Map. Принцип декодування ТК оснований на використанні решіт-

частої діаграми станів відповідних рекурсивних систематичних згорткових кодів кодера ТК, а також розрахунків основних метрик, рекурсій та функцій правдоподібності про передані біти даних [2].

Експериментально було встановлено, що підвищити завадостійкість ТК можна шляхом оптимізації процесу декодування ТК за рахунок використання нечітких правил прийняття рішень при розрахунку основних метрик, рекурсій та функцій правдоподібності.

Метою роботи є розробка модифікованого методу оптимізації процесу декодування багатокomпонентних ТК за рахунок використання функцій приналежності для прийняття рішень при розрахунку логарифмічних відношень функцій правдоподібності про передані біти інформаційної послідовності в кожному компонентному декодері.

В зв'язку з тим, що рішення на прийомній стороні приймаються за умов невизначеності, будемо розглядати нечітке описання функції  $Q(*)$ . При цьому задача (1) буде формулюватися наступним чином:

$$\begin{aligned} Q(\vec{x}, \vec{z}, \vec{L}_a) &\leq q_0, \\ g(\vec{x}, \vec{z}, \vec{L}_a) &\leq 0, \end{aligned}$$

де хвиляста лінія в нерівностях свідчить про їх нечіткість,  $q_0$  – задане значення функції мети  $Q(*)$ .

Функції приналежності нечіткої мети та обмежень записуються у вигляді:

$$\begin{aligned} \mu_M(\Gamma) &= \begin{cases} 0, & \text{якщо } Q(*) \leq q_0 - a, \\ \mu_1(\Gamma, a), & \text{якщо } q_0 - a < Q(*) < q_0, \\ 1, & \text{якщо } Q(*) \geq q_0, \end{cases} \\ \mu_C(\Gamma) &= \begin{cases} 0, & \text{якщо } g(*) \geq b, \\ \mu_2(\Gamma, b), & \text{якщо } 0 < g(*) < b, \\ 1, & \text{якщо } g(*) \leq 0, \end{cases} \end{aligned}$$

де  $\mu_1, \mu_2 : \Gamma \rightarrow [0; 1]$  – функції, які характеризують ступінь виконання відповідних нерівностей.

На першому етапі необхідно визначити показник оптимальності та ввести нечітку множину рішень.

Нехай  $\Gamma = \{\gamma\}$  – задана множина альтернатив, тоді нечітка мета  $M$  буде ототожнюватися з фіксованою нечіткою множиною  $M$ , яка описується функцією приналежності  $\mu_M : \Gamma \rightarrow [0; 1]$ . Дійсне представлення «м'якого» рішення або логарифмічне відношення функцій правдоподібності (ЛВФП) поза декодером визначається виразом [2,3]

$$L(x_t | y_t) = \ln \frac{P(y_t | x_t = +1)}{P(y_t | x_t = -1)} + \ln \frac{P(x_t = +1)}{P(x_t = -1)} = L_a(x_t) + L(y_t | x_t)$$

де  $L(y_t | x_t)$  – ЛВФП  $y_t$ , яке одержується шляхом виміру  $y_t$  на виході каналу при чергуванні умов, що може бути переданий  $x_t = +1$  або  $x_t = -1$ , а  $L_a(x_t)$  – апіорне ЛВФП біта даних  $x_t$ .

Принцип нечіткого ітеративного турбо декодування багатоконпонентних ТК полягає в розрахунку математичного очікування показника оптимальності  $M_{F^*} = \frac{1}{L} \sum_i^L F_i^*$ , де  $F_i^*$  – усереднена оцінка невизначеності декодування, на протязі вікна спостереження розміром  $L$  та змінення нечітких параметрів алгоритму декодування кожного компонентного декодера ТК для досягнення нечіткої мети.

В якості показника оптимальності можна використовувати середньоквадратичну похибку  $RMSE$  (Root Mean Square Error):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{h=1}^M (F_h^* - F_n^*)^2},$$

де  $L$  – розмір вікна спостереження,  $F_n^*$  – задане нормалізоване значення показника невизначеності.

Алгоритм вибору значення функції приналежності кожного компонентного декодера ТК наступний:

Крок 1. Одержуємо значення  $RMSE$  при поточному значенні деякого коефіцієнта  $p$ .

Крок 2. За допомогою нечітких множин одержуємо значення функцій приналежності  $\mu_A(RMSE)$  й  $\mu_B(RMSE)$ .

Крок 3. Знаходимо перетинання (узяття мінімуму) нечітких множин  $\mu_A(RMSE)$  і  $\mu_B(RMSE)$ :

$$\mu_D^i(RMSE) = \min\{\mu_A^i(RMSE); \mu_B^i(RMSE)\}.$$

Крок 4. Порівнюємо  $\mu_D^i(RMSE)$  з попереднім значенням  $\mu_D^{i-1}(RMSE)$ .

Крок 5. Якщо  $\mu_D^i(RMSE) < \mu_D^{i-1}(RMSE)$ , то призначається нове значення коефіцієнта  $p$ , якщо  $\mu_D^i(RMSE) > \mu_D^{i-1}(RMSE)$ , те значення коефіцієнта  $p$  залишається без змін.

Таким чином, отриманий модифікований метод оптимізації декодування багатокомпонентних турбо кодів за рахунок додаткового використання показника невизначеності й функцій приналежності для прийняття рішень при розрахунку логарифмічних відносин функцій правдоподібності про передані біти інформаційної послідовності в алгоритмах декодування кожного компонентного декодера турбо кода.

Результати імітаційного моделювання безпроводової системи передачі даних з турбо кодами показали, що використання запропонованого методу дозволяє поліпшити їхні характеристики достовірності.

### Література

1. Berrou C. Near Shannon Limit Error-Correcting Coding and Decoding: Turbo-Codes / C. Berrou, A. Glavieux, P. Thitimajshima // Proc. Int. Conf. On Commun., May 1993. – 1993. – P. 1064 - 1070.
2. Woodard J. Comparative Study of Turbo Decoding Techniques: An Overview / J. Woodard, L. Hanzo // IEEE Transactions on Vehicular Technology. – 2000. – Vol. 49, No. 6. – P. 2208 - 2232.
3. Hanzo L. MIMO-OFDM for LTE, WiFi and WiMax. Coherent versus Non-coherent and Cooperative Turbo-transceivers / Hanzo L., Akhtman Y., Wang. L. – New York: John Wiley & Sons, 2011. – 658 p.

УДК 004.056.53

## ВИКОРИСТАННЯ МЕРЕЖ ПЕТРІ ДЛЯ ОЦІНКИ РИЗИКУ ВРАЗЛИВОСТЕЙ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

П. С. Давиденко

*Чернігівський національний технологічний університет*

Методи, які використовуються в сучасних системах виявлення вразливостей (СВВ) є досить ефективними, якщо відомі точні характеристики атаки або загрози для інформаційної безпеки (ІБ). Проте тактика комп'ютерних атак на інформаційні системи (ІС) і, зокрема, мережеві варіанти атак постійно змінюються, наприклад, з появою нових технологій GPRS, Wi-Fi та ін. В подібних ситуаціях першочергове значення

набуває вміння скористатися доступною інформацією про всі потенційні загрози ІБ .

На сьогоднішній день існує багато робіт, які розкривають різні підходи до моделювання атак: мережі Петрі, метод аналізу зміни станів, емуляція вторгнень в послідовному і паралельному режимах, причинно-наслідковий модель, концептуальні моделі комп'ютерних вторгнень, описові моделі мережі і зловмисників, структурований опис на базі дерев, моделювання "виживання" комп'ютерних систем, об'єктно-орієнтоване дискретне подієве моделювання, модель запит / відповідь для комп'ютерних атак, ситуаційне обчислення і цілеспрямований виклик процедур, використання графів атак для аналізу вразливостей тощо.

Одним з найважливіших показників ефективності функціонування ІС є захищеність, поряд з такими показниками як надійність, відмовостійкість, продуктивність і т. д. Під захищеністю ІС зазвичай розуміють ступінь адекватності реалізованих в ній механізмів захисту інформації від існуючих в даному середовищі функціонування ризиків [1], пов'язаних із здійсненням загроз безпеки , що порушують такі властивості інформації, як конфіденційність, цілісність і доступність.

Типова методика включає використання наступних методів [2]:

- дослідження вхідних даних ІС;
- оцінка ризиків, пов'язаних із здійсненням загроз безпеки щодо ресурсів ІС;
- аналіз механізмів безпеки організаційного рівня і політики безпеки організації щодо забезпечення режиму інформаційної безпеки, а також їх адекватності існуючим ризикам;
- ручний аналіз конфігураційних файлів маршрутизаторів, міжмережевих екранів і проксі-серверів, які здійснюють управління міжмережевими взаємодіями, поштових і DNS серверів, а також інших критичних елементів мережевої інфраструктури.

На етапі експлуатації комп'ютерних систем для аналізу вразливостей і визначення рівня захищеності можуть використовуватися дві основні групи методів: пасивні та активні. Активне тестування системи захисту полягає в емуляції дій потенційного зловмисника по подоланню механізмів захисту. Пасивне тестування передбачає аналіз конфігурації операційної системи (ОС) і програм за шаблонами з використанням списків перевірки. Тестування може проводитися вручну, або з використанням спеціалізованих програмних засобів. Існує безліч систем аналізу захищеності (CA3), що функціонують на етапі експлуатації, наприклад, Retina, Internet Scanner, CyberCop Scanner, Nessus Security Scanner тощо. Їх основними недоліками є:



1) відсутність відповіді на питання: "Які помилки в політиці безпеки були виявлені в процесі сканування?";

2) використання активного аналізу вразливостей для функціонуючої системи може призвести до порушення працездатності окремого сервісу або системи в цілому і т.д.

Серед методів, що використовуються в СВВ, можна виділити два напрямки: одне спрямоване на виявлення аномалій в захищається системі, а інше - на пошук зловживань.

Традиційними способами забезпечити гарантований захист ІС в умовах впливу комп'ютерних атак здається малоімовірним. Недосконалість засобів захисту інформації призводить до того, що в реальних умовах застосування ІС невідомі атаки долають границі протидії і вчиняють деструктивний вплив на систему.

Наявність факторів невизначеності апіорних знань про характеристики сценарію інформаційних акцій порушника і засобах реалізації атак, складність процесів управління і захисту інформації ІС призводить до необхідності створення комп'ютерних моделей для оцінки захищеності ІС [3].

Модель аналізу ризиків інформаційної системи

Якість аналітичних моделей оцінки інформаційної безпеки ІС має обмежену точність та достовірність. Підвищення цих показників можливе при імітаційному моделюванні ІС за допомогою мереж Петрі [4].

Покажемо на прикладі використання розфарбованих мереж Петрі, модельованих у системі CPN Tools для побудови моделі аналізу ризиків інформаційної системи.

У системі моделювання CPN Tools розфарбовані мережі Петрі являють собою комбінацію графа мережі Петрі та мови програмування CPN ML, використовуваної для опису атрибутів елементів. Фішка розфарбованої мережі Петрі - елемент абстрактного типу даних, який зазвичай називається кольором [5].

Структурно модель оцінки ризиків ІС включає в себе елементи представлені на рис. 1.

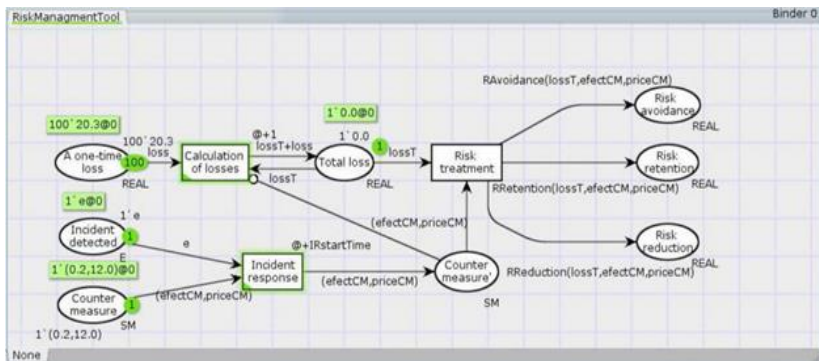


Рис. 1 - Модель обробки ризиків інформаційної безпеки

Представлена мережа Петрі (рис. 1) складається із 8 позицій та 3 переходів. Значення у позиції *A one time loss* сигналізує про кількість потенційних порушників та єдиноразові збитки від дій порушника, значення у позиції *Total loss* – загальні збитки до вжиття заходів захисту, наявність фішки у позиції *Incident detect* свідчить про факт, що інцидент виявлено через проміжок часу *IRstartTime*, фішка в позиції *Countermeasure* сигналізує про наявність заходу захисту проти загрози. Перехід *Incident response* використовується для демонстрації, що вживаються заходи для подолання інциденту, перехід *Calculation of losses* використовується для розрахунку загальних збитків, перехід *Risk treatment* використовується для обрання варіанта оброблення ризику.

У моделі використано три основних типи фішок: стандартний тип *REAL*, який описує рівень збитків від реалізації загроз; тип *SM*, який описує засоби захисту (а саме їх вартість та відсоток незахищеності, який залишиться після його впровадження); тип *E*, який в даній моделі використовується формально для демонстрації можливості факту виявлення інциденту безпеки.

Функція *RAvoidance* використовується для перевірки відповідності вимозі ухилення від ризиків, *RRetention* – утримання ризиків, *RReduction* – зниження ризиків.

Оголошення *IRstartTime*, яке визначає час від моменту настання інциденту до його розв’язання, тобто вживання заходів та/або засобів захисту, *ACriteria* – критерій прийняття ризиків, *Profit* – прибуток установи за певним процесом або в цілому.

Зміна *loss* описує збитки в результаті єдиноразової реалізації загрози, *lossT* – загальні збитки, які буде нанесено організації до моменту вжиття заходів захисту, *priceCM* – вартість засобів захисту інформації,

*effectCM* – небезпека, яка залишиться після використання даного механізму.

Висновок. Використовуючи мережі Петрі можна створити модель ідентифікації вразливостей ІС, що дають можливість отримати цілісне представлення про ризики ІБ незалежно від розмірів системи. Моделі, розроблені за допомогою мереж Петрі дають змогу підвищити рівень захисту ІС і зменшити рівень загроз та затрат ресурсів на наслідки вторгнень.

### **Література**

1. Котенко Д.О. Метод оценки риска информационной безопасности на основе сценарного логико-вероятностного моделирования/ Котенко Д.О. – С.-Пб., 2010. – 16 с.
2. Вовченко В. В., Степанов И. О. Організаційні проблеми захисту інформації. - К.: Академія, 2003. - 48-65с.
3. Стеценко, І.В. Моделювання систем: навч. посіб./ І.В. Стеценко ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2010. – 399 с.
4. Кузьмук В.В. Сети Петри и моделирование параллельных процессов. – К.: ИПМЕ, 1985. – 64 с.
5. Зайцев Д.А. Исследование эффективности технологии MPLS с помощью раскрашенных сетей Петри/ Зайцев Д.А., Сакун А.Л. – [http://teka.rulitru.ru/docs/2/1025/conv\\_1/file1.pdf](http://teka.rulitru.ru/docs/2/1025/conv_1/file1.pdf)

УДК 004.942:004.715

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ**

А.М. Хошаба

*Национальный технический университет, Винница, Украина*

**Актуальность.** Современные вычислительные системы (ВС) и используемые в них методы управления производительностью являются сложными и разнообразными, состоят из большого количества разнообразных элементов управления и учитывают множество различных факторов. Изучение таких систем актуально в связи с необходимостью анализа и оптимизации их функционирования, получения достоверной аналитической модели изучаемых технологических процессов, формализации описаний для разработки программных продуктов. Поэтому, на

первый план решения вышеперечисленных задач выступает такой довольно эффективный инструмент как имитационное моделирование с использованием теории конечных автоматов.

**Описание проблемы.** К наиболее частым ошибкам в построении ВС и программных средств относятся: недостаточная формализация предметной области; неточное построение входных и выходных потоков данных в изучаемых моделях; практическое отсутствие эскизных макетов и прототипов разрабатываемых информационных систем (ИС). Недостаточно проанализированные последовательности входных сигналов в информационных потоках создают предпосылки к взлому ИС. Большую часть проблем, связанных с разработкой ИС удастся решить с помощью имитационного моделирования и теории конечных автоматов.

**Основные сведения.** Конечный автомат (КА) — это некоторая абстрактная модель, содержащая конечное число состояний какого-либо объекта, технического процесса или явления. КА используется для представления и управления потоком выполнения каких-либо команд или действий.

Детерминированный конечный автомат (ДКА) - это модель вычислений, основанная на гипотетической машине состояний, которая описывается следующим образом:

$$DFA: L(DFA) = \{w \mid 1...1\} \quad (1)$$

Соотношение (1) показывает, что ДКА принимает язык L, состоящий из множества бинарных слов, которые начинаются с символа 1 и заканчиваются символом 1.

В один момент времени в ДКА только одно состояние может быть активным. Следовательно, при выполнении каких-либо действий необходимо изменения состояний. В этом случае, ДКА описывается как:

$$DFA = \Sigma, Q, q_0 \in Q, F \subseteq Q, \delta: Q \times \Sigma \rightarrow Q > \quad (2)$$

где Q - множество состояний;

$\Sigma$ - конечный алфавит;

$q_0$  - множество начальный состояний;

F - множество конечных состояний;

$\delta$ - функция перехода.

ДКА можно представить в виде графа, вершины которого являются состояниями, а ребра — переходы между ними. Каждое ребро имеет метку, информирующую о том, когда должен произойти переход.

**Построение и описание процесса в ВС.** Опишем возможные состояния процесса, происходящие в ВС. Реализация ДКА начинается с определения его состояний и переходов между ними (рис. 1.1). Код состоя-

ния процесса представляет собой определенный этап функционирования процесса во времени. Выделяют семь этапов, один из которых (P7) является атипично завершенным.

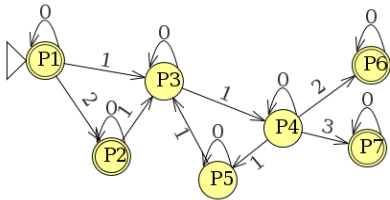


Рисунок 1.1. Описание возможных состояний процесса BC

Input	Result
2 0 0 1 1 0 2	Accept
0 1 0 1 0 0 3	Accept
0 0 1 1 0 0 1	Reject

Рисунок 1.2. Тестирование ДКА

Характеристика этапов функционирования процесса и используемые ресурсы описаны в табл. 1. Каждый этап функционирования процесса имеет следующие обозначения с особенностями переходов:

P1: 0 - процесс создается; 1 - процесс завершил создание локально;

P2: 0 - процесс создается; 1 - процесс завершил создание удаленно;

P3: 0 - процесс ожидает выполнения; 1 - процесс закончил ожидать выполнения;

P4: 0 - процесс в стадии выполнения; 1 - процесс приостановил выполнение;

P5: 0 - процесс заблокирован; 1 - процесс разблокирован;

P6: 0 - процесс завершается; 1 - процесс завершился;

P7: 0 - процесс на этапе атипичного завершения (зомби, ресурсы освобождены, однако PID - имеется); 1 - процесс освободил PID.

Таблица 1. Состояния и используемые ресурсы процесса в BC

Код состояния процесса	Наименование этапа (стадии) выполнения процесса	Используемые ресурсы	Код ресурса
P1	Созданный локально (Created Locally)	Processor, Hard Disk	R1 R3
P2	Созданный удаленно (Created Remotely)	Processor, Hard Disk, Network	R1 R3 R4
P3	Ожидающий	Processor,	R1

	(Waiting)	Memory	R2
P4	Выполняемый (Running)	Processor, Memory	R1 R2
P5	Блокируемый (Blocked)	Processor, Memory	R1 R2
P6	Окончательный (Terminated)	Processor, Hard Disk	R1 R3
P7	Зомбированный (Zombied)	Processor, Hard Disk	R1 R3

Рассмотрим этапы функционирования процесса с точки зрения ДКА. Исходя из (2) определим для изучаемого процесса (рис. 1.1):

$$\Sigma = \{0, 1, 2, 3\};$$

$$Q = \{P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7\};$$

$$q_0 = \{P1, P2\};$$

$$F = \{P6, P7\}.$$

Функция перехода  $\delta$  может быть записана в виде таблицы 2.

Таблица 2. Функция перехода ДКА

Функция $\delta$	0	1	2	3
P1	P1	P3	P2	--
P2	P2	P3	--	--
P3	P3	P4	--	--
P4	P4	P5	P6	P7
P5	P5	P3	--	--
P6	P6	F	--	--
P7	P7	F	--	--

Использование программных средств ДКА таких как jflap позволяет моделировать информационные потоки данных как последовательности входных сигналов (цепочки символов), подаваемых на вход автомата. Так, на рис. 1.2 изображены правильные (Accept) и ошибочные (Reject) информационные потоки, выполненные в среде jflap и подаваемые в виде входных сигналов, которые объясняются следующим образом:

2 0 0 1 1 0 2 - Процесс порожден через удаленный доступ, далее через ожидание выполняется и завершается в обычном режиме.

0 1 0 1 0 0 3 - Процесс порожден локально, далее через ожидание выполняется и завершается в атипичном режиме.

0 0 1 1 0 0 1 - Процесс порожден локально, далее через ожидание и выполнение переходит на этап блокирования (не свойственное процессу завершение).

После этапа тестирования входных цепочек ДКА появляется возможность строить структурные логические схемы, которые также могут служить эскизными макетами и прототипами разрабатываемых ИС.

УДК 004.415.52

## **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ**

М.В. Лапа\*, А.О. Кислицын

*\*Черниговский национальный технологический университет, Украина*

Проблемам управления качеством программных продуктов посвящены фундаментальные работы авторов М. Холстеда, А.Альбрехта, Б. Боэма. Необходимо отметить классические работы по управлению качеством таких ученых, как Э. Деминг, А.У.Шухарт, К.Исикава, Д.Джурган и другие. Проблемам управления процессом разработки программного обеспечения (ПО) и управления ИТ-услугами посвящены исследования Ф.Брукса, У.Хэмфри, Ф. Кратчена, М.Полка, М. Мюллера, Т. Фелманна, С. Кана, В.А.Липатникова, В.Ш. Сулаберидзе, М.А.Годлевского, В.А.Шеховцова, Е.М.Корнышовой и др. Однако в этих работах не рассматриваются вопросы обеспечения качества ПО для мобильных устройств, единой методологии усовершенствования процессов разработки ПО нет.

Огромный вклад в решение проблем повышения качества производственных процессов и управления качеством применительно к продуктам, услугам и процессам внесли такие организации, как ISO[1], SEI, Microsoft, Oracle, SETIC, Eurostat, Apple, Google, Nokia. Существует ряд

стандартов широкого профиля, применимых к разработке ПО: ISO 9001-2011, ИСО 9004-2010. Используются и специфические стандарты, разработанные для компаний, работающих в сфере IT-услуг и разработки ПО: британский стандарт TickIT, свод знаний по управлению проектами РМВОК, стандарт ИСО/МЭК 20000-2010, определяющий требования к системе управления IT-услугами, стандарт ИСО/МЭК 12207-2010, описывающий процессы жизненного цикла программных продуктов. Применяются подходы, предложенные крупными компаниями в качестве стандартов для собственных разработок, а затем ставшие международными стандартами – Oracle CDM (Oracle), RUP (Rational Software), MSF (Microsoft). Ряд международных стандартов и метамodelей основаны на моделях зрелости процессов – СММІ, ИСО/МЭК 15504 [2] и их адаптации для малых и средних компаний – OWPL. Начиная с 2007 года рынок ПО для мобильных устройств развивается с очень большой скоростью, нормативная база не успевает за развитием информационных технологий для мобильных устройств.

Как известно с точки зрения процессного подхода, качество процесса переносится на качество продукции. Выбор номенклатуры показателей качества для конкретного ПО осуществляется с учетом его назначения и требований областей применения, в зависимости от принадлежности ПО к тому или иному подклассу [3]. Выбранная номенклатура показателей качества фиксируется в техническом задании на разработку программной системы. Исследованы процессы разработки ПО на примере ПК Fibiz - мобильное приложение для инвестиций на рынке бинарных опционов, язык программирования Swift 3.0 (рис.1).



Рис.1 - ПК Fibiz

На рис.2 построена причинно-следственная диаграмма Исикава возникновения дефектов ПО.



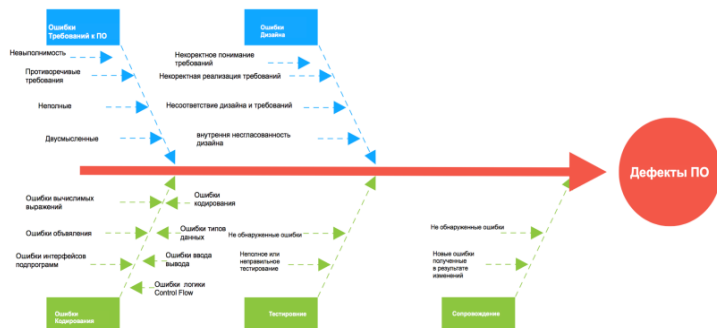


Рис.2 - Причинно-следственная диаграмма возникновения дефектов ПО

Проведено исследование существующих моделей процессов разработки ПО для мобильных устройств («Waterfall Model», «V-Model», «Incremental Model», «RAD Model», «Agile Model», «Spiral Model», «Iterative Model»). В современной практике модели разработки программного обеспечения многовариантны, нет единственно верной для всех проектов, стартовых условий и моделей оплаты. Проведен анализ существующих инструментов автоматического тестирования ПО, определены основные инструменты и методы автоматического тестирования ПО для мобильных устройств. Анализ нормативной базы, международных стандартов ИСО показал, что терминология требует уточнения и обновления, не учитывается порядок и методы анализа отказов, последствий и критичности отказов в зависимости от категории тяжести последствий отказов.

## Литература

1. ISO/IEC 9126-1: Software-Engineering – Product Quality Model. – 2001 - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iso.org>.
2. ИСО/МЭК 15504-4:2004: Информационная технология. Оценка процесса. Часть 4. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iso.org>.
3. Лапа М.В., Кислицын А.О., Лапа Ю.Б. Оценка качества программных систем// Матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції „Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем”. – Чернівці:ЧНТУ, 2016. – С.317-318.

**ВИЯВЛЕННЯ ЗМІСТОВНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У ТЕКСТОВИХ  
ФРАГМЕНТАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛОГІКО-  
ЛІНГВІСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

А.І. Вавіленкова

*Національний авіаційний університет, Україна*

Проблема виявлення змістовних зв'язків в електронних текстових документах особливо гостро окреслилася сьогодні через підвищення відсотку плагіату академічних робіт, появу однотипних статей в мережі Інтернет, некоректність функціонування пошукових систем та ін. Одним із способів формального опису текстової інформації є логіко-лінгвістичні моделі [1], на основі побудови та аналізу яких можна виявити логічні зв'язки між реченнями природної мови. Саме цьому питанню присвячено матеріали доповіді.

Текст – це об'єднана змістовним зв'язком послідовність мовленнєвих одиниць – речень, висловлювань, абзаців, розділів, для якого характерні структурна та змістова єдність, комунікативна цілеспрямованість та жанрова віднесеність. Структурний принцип організації тексту ґрунтується на вживанні розділових знаків і пов'язаний зі змістовним принципом організації тексту, оскільки структурно значущі частини є одночасно і логічно значимими [2].

Кожен текст, відповідно, і кожен текстовий фрагмент, будується на основі певного типу тематичного зв'язку [3]. Враховуючи це, а також попередню тезу щодо взаємозв'язку структурного та змістовного принципу побудови текстів, можна вивести логічні схеми (шаблони) формування змістовних зв'язків між реченнями природної мови.

Нехай текстовий фрагмент  $t$  представлено у вигляді масиву логіко-лінгвістичних моделей речень:

$$t = \{L^{S_1}, L^{S_2}, \dots, L^{S_n}, \dots, L^{S_{N(t)}}\} =$$

$$\{L^{S_1} = \bigwedge_{z_1 \in Z_{p_1}^{S_1}} (x_1, g_1, y_1, q_1, h_1) \bigwedge_{r_1 \in R_{p_1}^{S_1}} (x_1, g_1, y_1, q_1, z_1, h_1),$$

$$L^{S_2} = \bigwedge_{z_2 \in Z_{p_2}^{S_2}} (x_2, g_2, y_2, q_2, h_2) \bigwedge_{r_2 \in R_{p_2}^{S_2}} (x_2, g_2, y_2, q_2, z_2, h_2),$$

.....

$$L^{S_n} = \bigwedge_{z_n \in Z_{p_n}^{S_n}} (x_n, g_n, y_n, q_n, h_n) \bigwedge_{r_n \in R_{p_n}^{S_n}} (x_n, g_n, y_n, q_n, z_n, h_n),$$

.....

$$L^{S_{N(t)}} = \bigwedge_{z_{N(t)} \in Z_{P_{N(t)}}^{S_{N(t)}}(x_{N(t)}, g_{N(t)}, y_{N(t)}, q_{N(t)}, h_{N(t)})} \bigwedge_{r_{N(t)} \in R_{P_{N(t)}}^{S_{N(t)}}(x_{N(t)}, g_{N(t)}, y_{N(t)}, q_{N(t)}, h_{N(t)})} p_{N(t)}(x_{N(t)}, g_{N(t)}, y_{N(t)}, q_{N(t)}, z_{N(t)}, r_{N(t)}, h_{N(t)}),$$

де  $L^{S_\partial}$  – логіко-лінгвістична модель речення природної мови, що входить у фрагмент тексту;

$N(t)$  – кількість речень природної мови у текстовому фрагменті, при цьому  $\partial = \overline{1, N(t)}$ .

На рис. 1 приведено геометричну інтерпретацію зв'язків між логіко-лінгвістичними моделями речень природної мови, що описують текстовий фрагмент із п'яти речень з ланцюговим зв'язком.

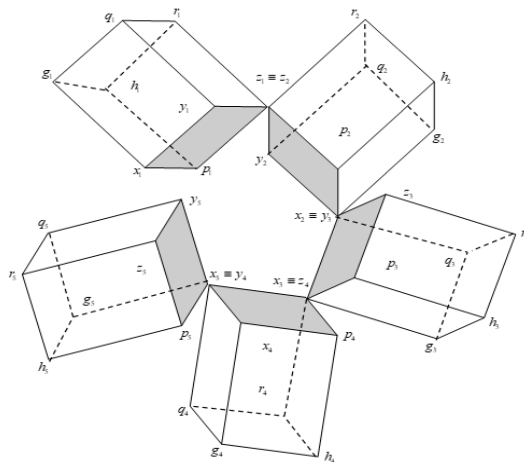


Рис. 1. Геометрична інтерпретація зв'язків між логіко-лінгвістичними моделями у текстовому фрагменті з ланцюговим зв'язком

Якщо після синтезу логіко-лінгвістичних моделей [4] для фрагменту тексту отримано один із масивів характеристик, елементами якого є суб'єкти, об'єкти та предмети відношень при довільному їх розташуванні у векторі:

$$K_1 = \{z_1, x_2, y_3, \dots, z_\partial, \dots, y_{N(y)-1}, x_{N(t)}\},$$

$$K_2 = \{x_1, x_2, z_3, \dots, y_\partial, \dots, x_{N(y)-1}, x_{N(t)}\},$$

$$\dots$$

$$K_i = \{y_1, x_2, y_3, \dots, y_\partial, \dots, x_{N(y)-1}, z_{N(t)}\},$$

$$\dots$$

$$K_n = \{z_1, z_2, x_3, \dots, x_\partial, \dots, y_{N(y)-1}, z_{N(t)}\}.$$

де  $i = \overline{1, n}$ ,  $n$  – кількість можливих комбінацій компонент логіко-лінгвістичних моделей речень, а масив  $K_i \in K$  належить до множини ключових слів всього електронного текстового документу, то у фрагменті вжито ланцюговий зв'язок, тобто кожне наступне речення за змістом та будовою об'єднуються з попереднім, поступово розвиваючи думку.

За аналогічним принципом сформульовані умови для паралельного зв'язку та всіх видів тематичних прогресій.

### Література

1. Вавіленкова А. І. Критерії аналізу логіко-лінгвістичних моделей речень природної мови / А. І. Вавіленкова // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний університет»: зб. наук. праць. – (Серія «Нові рішення в сучасних технологіях»). – 2017. – № 7 (1229). – С. 118 – 122. doi: 10.20998/2413-4295.2017.07.16.
2. Плющ М. Я. Українська мова: довідник / М. Я. Плющ, Н. Я. Грипас. – К.: Радянська школа, 1990. – 255 с.
3. Филиппов К. А. Лингвистика текста: курс лекций / Филиппов К. А. – СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2008. – 336 с.
- Вавіленкова А. І. Основные принципы синтеза логико-лингвистических моделей / А. І. Вавіленкова // Кибернетика и системный анализ. – 2015. – Т. 51, № 5. – С. 176 – 185.

УДК 004.8.032.26; 517.9; 681.3

## INTRODUCTION TO EDUCATIONAL DATA MINING

E. Borodina, A. Kikot

*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Ukraine*

Educational Data Mining is a relatively new part of Data Mining. It describes a multidisciplinary research field contained Data Mining itself, Statistics, and Machine Learning, applied to Educational Systems.

EDM is concerned with developing methods for exploring the unique and increasingly large-scale data that come from educational settings, and using those methods to better understand students, and the settings which they learn in. Wherever educational information is taken (e.g., universities and intelligent tutoring systems), it often has multiple levels of meaningful hierarchy, which often need to be determined by properties in the data itself, rather than in advance. Issues of time, sequence, and context also play important roles in this field.

It's obvious, that both Data Mining and Educational Data Mining is seeking hiding patterns, but the difference between them is, firstly, a purpose.

EDM is striving by all means to improve educational process, to properly manage students, to give recommendations to lecturers, and, moreover, to get to the bottom of educational phenomenon by understanding how we, after all, truly acquire our skills and abilities.

Ryan S. Baker and Kalina Yacef identified the following four goals of EDM:

1. Predicting students' future learning behavior – With the use of student modeling, this goal can be achieved by creating student models that incorporate the learner's characteristics, including detailed information such as their knowledge, behaviors and motivation to learn. The user experience of the learner and their overall satisfaction with learning are also measured.

2. Discovering or improving domain models – Through the various methods and applications of EDM, discovery of new and improvements to existing models is possible. Examples include illustrating the educational content to engage learners and determining optimal instructional sequences to support the student's learning style.

3. Studying the effects of educational support that can be achieved through learning systems.

4. Advancing scientific knowledge about learning and learners by building and incorporating student models, the field of EDM research and the technology and software used.

Secondly, what sets EDM apart of DM is a quite difficult inner data semantics. It includes both a few important hierarchy levels and relations between different data types.

And thirdly, the difference is methods themselves. Apart from standard methods of DM (clustering, classification, regression, correlation, visualization, statistics, association rule mining etc) EDM uses also some specific ones, e.g. from psychometrics. According to sources, psychometrics is a field of study concerned with the theory and technique of psychological measurement. In EDM field it helps to divide students into groups by perception of information, what in turn allows adapting learning process to any student (to select a proper content type and arrange it in a suitable way).

There are four main users and stakeholders involved with educational data mining. These include:

1. Learners - Learners are interested in understanding student needs and methods to improve the learner's experience and performance.

2. Educators - Educators attempt to understand the learning process and the methods they can use to improve their teaching methods.

3. Researchers - Researchers focus on the development and the evaluation of data mining techniques for effectiveness.

4. Administrators - Administrators are responsible for allocating the resources for implementation in institutions.

EDM generally consists of four phases:

1. The first phase of the EDM process (not counting pre-processing) is discovering relationships in data. This involves searching through a repository of data from an educational environment with the goal of finding consistent relationships between variables. Several algorithms for identifying such relationships have been utilized, including classification, regression, clustering, factor analysis, social network analysis, association rule mining, and sequential pattern mining.

2. Discovered relationships must then be validated in order to avoid overfitting.

3. Validated relationships are applied to make predictions about future events in the learning environment.

4. Predictions are used to support decision-making processes and policy decisions.

During phases 3 and 4, data is often visualized or in some other way distilled for human judgment.

## Literature

1. Educational data mining [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Educational\\_data\\_mining](https://en.wikipedia.org/wiki/Educational_data_mining)

2. Educational Data Mining: введение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/181053/>

International Educational Data Mining Society [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.educationaldatamining.org/>

УДК 004.8.032.26; 517.9; 681.3

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАСТУПЛЕНИЯ СОБЫТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ

А.Л. Ляхов, Е.А. Бородина

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия  
Кондратюка, Украина*

Существует ряд задач в которых необходимо определить степень наступления некоторого события, а также понесённый ущерб от принятия решения, например при аварии на АЭС, определения наличия/отсутствия заболевания у пациента, состояния ценных бумаг на фондовой бирже и т.д.

Классически для определения наступления события проводят статистический анализ в процессе, которого следует сформулировать и проверить предположение. При этом проверка статистических гипотез осуществляется на основании выборочных данных, ограниченного ряда наблюдений, решения имеют вероятностный характер. Такое решение сопровождается вероятностью ошибочного заключения, тем самым вызывая ошибки первого /второго рода. Как известно увеличение вероятности одной из ошибок приводит к снижению другой, поэтому принято задавать вероятность ошибки первого рода, а именно уровень значимости. Необходимо всегда помнить, что процедура проверки статистических гипотез может гарантировать результаты с определенной вероятностью лишь на основе объективных данных. Для проверки статистических гипотез применяют статистические критерии, которые позволяют определить меру расхождения результатов выборочного наблюдения с высказанной гипотезой [1].

Известно, что правило принятия решения для статистических критериев одинаково и сводится к сравнению отношения правдоподобия с пороговыми значениями. Отличие заключается лишь в величине порогового значения отношения правдоподобия. Однако существующие статистические критерии направлены на определение вероятности наступления того или иного события. Данные критерии не позволяют определить и учесть полный материальный ущерб от принятия решения. Поэтому предложен подход к решению задачи модифицирования статистического критерия идеального наблюдателя и критерия Неймана-Пирсона в задачах распознавания образов с учетом особенностей предметной области объекта исследования. Данный подход позволяет осуществлять выбор порогов распределения классов в пространстве информативных признаков с минимизацией ожидаемых потерь в предметной области.

Поставленная задача формализуется выражением:

$$U_{og} = \varphi [ (\alpha, \beta / X_{пор}) \cdot A_{jm} ], \quad (1)$$

при условии, что  $\alpha = P\{T \in \Omega_\alpha | H_0\}$  и  $\beta = P\{T \notin \Omega_\alpha | H_1\}$ ;  $X_{пор}$  – порог раздела признаков пространственных классов,  $A_{jm} \in M_{nm}$ , где  $M_{nm}$  – матрица потерь.

Порог принятия решения играет ключевую роль и в простом случае должен быть связан с точкой (или областью), которая делит величину ущерба пополам. Очевидно, что при этом будут отражены особенности

предметной области, которые учтены в элементах матрицы потерь. Выбор порога для разделения пространства признаков разных классов требует пояснений (рис.1).

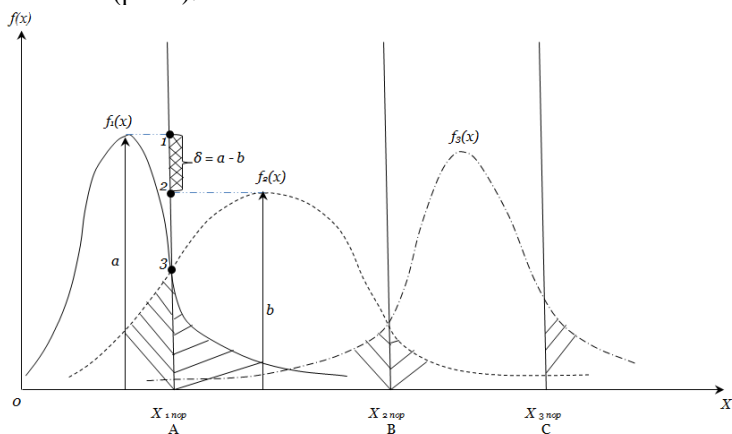


Рис.1. Демонстрация несовпадений вероятностей ошибок и физических потерь от них

Для определения порога разделения классов с учетом ошибок первого и второго рода разработан алгоритм, позволяющий оценивать вероятности ошибок первого и второго рода, рассчитывать весовые коэффициенты потерь. Весовые коэффициенты потерь реализованы с вероятностями соответствующих ошибок. Произведение максимально возможных потерь на вероятность появления этих потерь позволило количественно оценить ожидаемый материальный ущерб. Реализация этого произведения осуществлена на базе пакета технического анализа данных объединением вероятностных и линейных нейросетевых моделей. Следствием является модификация статистического критерия Неймана-Пирсона по тому же принципу [2].

Модификация статистических критериев, обеспечивающая минимизацию ожидаемых потерь при наступлении того или иного события, а также выбора порога разделения классов в пространстве информативных признаков, с учетом дифференциации потерь от ошибки первого и второго рода позволяет перейти к разработке ИТ, под которой понимается процесс обработки сгенерированной выборки, распределенной по классам для получения информации относительно распределения порогов между классами с учетом ущерба и без учета.

Результатом реализации ИТ является определение вероятности попадания каждого значения с пространства информативных признаков к определенному классу, нахождение порогового значения между всеми



классами без учета ущерба и с учетом, а также расчёт уровня ущерба от принятия решения. К основным этапам реализации разработанной информационной технологии относится:

1. Проведение анализа выборки, предназначенной для обучения нейронной сети, производится разбиение наблюдений на классы.
2. Обучение нейронной сети.
3. Определение плотности нормального распределения для каждого класса
4. Определение пороговых значений между классами представленной выборки.
5. Расчет выше указанных параметров с учетом ущерба.
6. Построение графика распределения значений для каждого класса с указанием порогов между классами.
7. Построение графика распределения значений для каждого класса с указанием порогов между классами с учетом ущерба.
8. Вычисление ошибок первого и второго рода с учетом установленных порогов.
9. Вычисление ошибок первого и второго рода с учетом установленных порогов, включающих значение ущерба.
10. Вычисление ущерба от принятия решения.

Модифицированные статистические критерии позволяют определять не вероятность наступления события, а понесенный ущерб от данного события. Что позволяет изменить установление пороговых значений, тем самым переводя решение задачи на новый уровень (рис. 2).

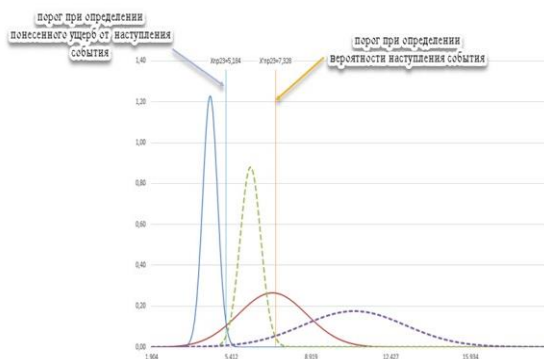


Рис. 2. Смысловое значение порогов с модифицированными статистическими критериями и без

## Литература

1. Процесс и критерии проверки статистических гипотез [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://xreferat.com/113/1279-1-process-i-kriterii-proverki-statisticheskikh-gipotez.html>
2. Алёшин С.П., Ляхов А.Л, Бородина Е.А. Нейросетевая оценка предметных рисков принятия решений по величине прогноза предотвращенного ущерба. /Алёшин С.П., Ляхов А.Л, Бородина Е.А. // Научные ведомости БелГУ (Научный рецензируемый журнал). – 2014. – №21 (192) – Выпуск 32/1 – С. 142–147. – Белгород, (Россия).

УДК 004.94

### ОБРОБКА МУЛЬТИМЕДІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ НАДВЕЛИКИХ МАСИВІВ ІНФОРМАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ NVIDIA CUDA

В.М. Романчук

*Національний технічний університет України “КПІ імені Ігоря Сікорського” кафедра автоматизованих систем обробки інформації та управління, України*

**Вступ.** Проблема обробки великих даних з кожним днем стає все гострішою оскільки кількість інформації з кожним днем зростає все швидше. У даній роботі розглянуто використання Apache Spark та NVIDIA CUDA для обробки графічної та мультимедійної інформації та вирішення задачі класифікації..

Задачі дослідження.

– завдання визначити технологічний стек на основі системи обробки надвеликих масивів інформації.

– виконати експериментальне дослідження роботи комплексу задач на прикладі розпізнавання та класифікації облич на основі відсоряду чи окремих графічних файлів

Основна частина

Для порівняння вхідного зображення із збереженими шаблонами використаємо відстань Хемінга. В якості порівнюваних векторів використаємо вектори ключових рис облич визначені за методом Вахідом Каземі та Джозефін Салліван [1].

У якості програмної реалізації використаємо бібліотеку OPENCV з підтримкою NVIDIA CUDA та Apache Spark. NVIDIA CUDA зарекомендувала себе як високопродуктивна технологія [1].

Програмна компонента OPENCV з підтримкою NVIDIA CUDA використовується для задач з високим ступенем розпаралелювання. В нашому випадку це Кроки 0-2. Кроки 0-2 вимагають обробку потоку зображень в реальному часі.

Опис алгоритму

КРОК 0. Обчислити вектори ключових рис для облич, які відомі системі

КРОК 1. Знайти обличчя на вхідному зображенні

КРОК 2. Для кожного знайденого обличчя розрахувати вектор ключових рис.

КРОК 3 Для кожного із обчислених векторів знайти вектор відомого обличчя з мінімальною відстанню Хемінга.

КРОК 4 Виконати постобробку потоку зображень для класифікації конкретного обличчя, по параметрам, знайденим на попередніх кроках.

КРОК 5 Видача повідомлення, якщо обличчя класифіковане.

Крок 3-5 не вимагає роботу в реальному часі. Тому ці кроки можуть бути виконані за допомогою технології Apache Spark Stream. Переваги даної технології: відкритість, висока масштабованість, висока продуктивність.

Наведемо порівняння використання OPENCV з CUDA та без нього.

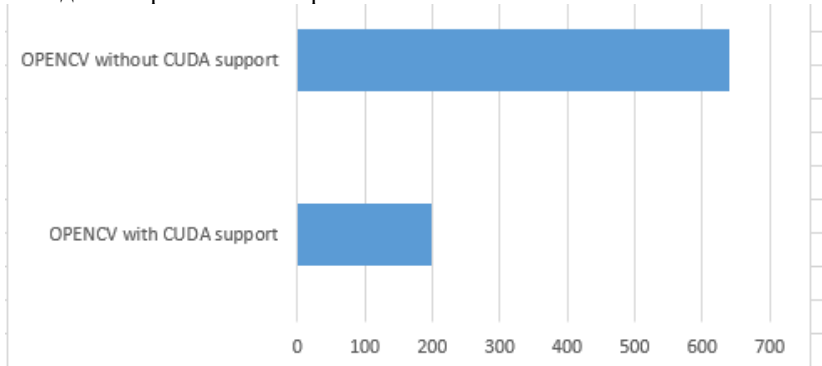


Рисунок 1 - Швидкість виконання класифікації облич на основі бібліотека OPENCV з CUDA та без нього (в мілісекундах)

Висновки. В якості вирішуваної задачі обрано задачу класифікації (розпізнавання облич). Для реалізації комплексу використана бібліотека OPENCV та технологія Apache Spark. Виконані заміри показали, що використання CUDA дає значний приріст у швидкості розпізнавання. Архітектура програмного забезпечення легко масштабується та характеризується високою продуктивністю.

## Література

І.Ю.О. Олійник, А.І. Слюнько, В.В. Задвернюк. РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ ХОЛЬТА-УІНТЕРСА НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ NVIDIA CUDA Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2015 : тези доповідей Десятої міжнародної науково-практичної конференції (Чернігів, 22-26 червня 2015 р.) / М-во осв. і наук. України, Нац. Акад. наук України, Академія технологічних наук України, Інженерна академія України та ін. – Чернігів : ЧНТУ, 2015 Ст.. 295-297

УДК 004.41

### **ПРОЕКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ВТОРГНЕНЬ НА ОСНОВІ UML ДІАГРАМИ**

І.С. Скітер, І.А. Бурмака,

*Чернігівський національний технологічний університет*

Швидкий розвиток мережевих технологій виносить на перший план проблему забезпечення інформаційної безпеки в мережах. Засобів які могли б стовідсотково вирішити цю проблему немає, проте вцілому використання комплексних рішень здатне забезпечити достатній рівень захищеності. При цьому збільшення розмірів мереж та поява нових видів загроз приводить до необхідності нових більш складних та універсальних систем [1].

Наявність великих розгалужених мереж робить неможливим використання повністю централізованих засобів для захисту мережі та значно ускладнює використання Host-based засобів [2].

Для оптимального захисту мережі система повинна мати можливість контролю як над вхідними точками мережі, так і над проміжними вузлами в мережі. Це дасть можливість у випадку загрози частково чи повністю заблокувати певний сегмент мережі або відключити мережу від зовнішніх загроз [4]. При цьому розподілені фрагменти системи повинні мати як можливість працювати автономно (для забезпечення нормальної роботи захисту у випадку проблем у роботі мережі), так і мати можливість зв'язку з іншими фрагментами для забезпечення обміну службовою інформацією та взаємного попередження про можливі загрози. Таким вимогам відповідає розподілена мультіагентна система [3].

Кожен агент системи при цьому може взаємодіяти як з іншими агентами, так і з адміністратором системи. Базові сценарії взаємодії кожного окремо взятого агента наведені на рис. 1.

При цьому Адміністратор має можливість виконувати практично будь-які налаштування системи. А міжагентна взаємодія передбачає лише обмін оновленнями сигнатур та інформацією про можливі загрози для попередження їх розповсюдження.

Якщо ж розглянути взаємодію агента з мережею, то можна виділити підконтрольні агенту LAN монітори для захоплення трафіку в мережі (при цьому для коректної роботи системи потрібно також правильно налаштувати мережеве обладнання, щоб трафік дзеркалювався на LAN монітори), та підконтрольні агенту міжмережеві екрани, завдяки яким стає можливе блокування.

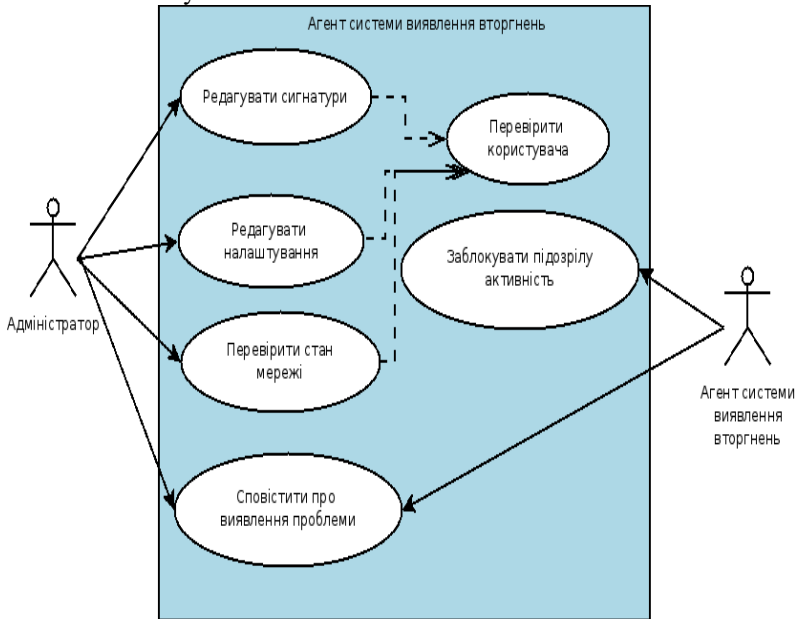


Рис. 1. Сценарії взаємодії агента системи.

Внутрішня ж будова агента (рис. 2) передбачає наявність користувацького інтерфейсу для спостереження за станом системи та налаштування як поведінки окремого агента, так і системи вцілому.

Модуль сповіщення призначений для надсилання повідомлень адміністратору в результаті виявлення аномальної поведінки або вторгнення в мережі.

Модуль обробки та виявлення в системі відповідає за обробку захопленого мережевими моніторами трафіку та його аналіз як за допомогою сигнатурних методів, так і методами виявлення аномалій (на основі нормального профілю мережі та статистичного аналізу).

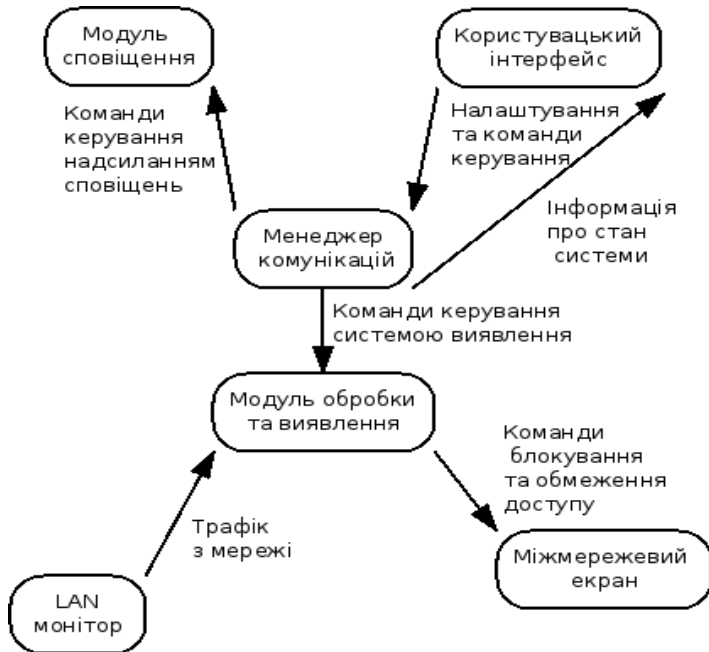


Рис 2. Діаграма потоків даних для агента системи

Використання спроектованої архітектури для побудови системи виявлення вторгнень дозволить ефективно використовувати систему для захисту як великих мереж, так і мереж меншого розміру. При цьому модульна будова системи дозволить доповнювати її функціонал, а мультиагентність дозволить швидко масштабувати систему у випадку розширення мережі та забезпечить її стабільну роботу.

### Література

1. Вишневикий В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. - М.: Техносфера, 2003. – С. 76 - 81.
2. Завгородний В.И. Комплексная защита информации в компьютерных системах: Учеб. пособие. - М.: Логос, 2001. – С 57 - 61.
3. Verwoerd T., Hunt R. Intrusion detection techniques and approaches // Computer Communications. – 2002. – No25.
4. Бурмака І.А. Класифікація систем виявлення вторгнень в розподілені інформаційні системи // Друга міжнародна конференція «Проблеми зняття з експлуатації об'єктів ядерної енергетики та відновлення навколишнього середовища» INUDECO 25-27 квітня 2017 м. Славутич

## ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІЇ ФУРЬЄ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ МЕРЕЖЕВИХ АНОМАЛІЙ

І.С. Скітер<sup>1</sup>, Д.О.Горошко<sup>2</sup>, Е.П.Сідін<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Чернігівський національний технологічний університет

<sup>2</sup> Державний науково-випробувальний центр збройних сил України

Застосовувані при виявленні та запобіганні мережових аномалій методи зводяться до аналізу сигнатур [1] та аналізу трафіку статистичними методами [2].

Статистичний аналіз базується на основі динамічних рядів даних про параметри трафіку мережі. Перевагою статистичного аналізу трафіку є можливість визначення нових методів впливу на комп'ютерну мережу.

Методи вейвлет-аналізу є перспективними для виявлення аномальної поведінки мережевого трафіку, так як в їх основу покладений принцип декомпозиції динамічного ряду, який підлягає аналізу [3].

Математична модель мережевого трафіку може бути представлена у вигляді суперпозиції трьох класів складових - тренду  $tr(t_i)$ , періодичної складової  $C(t_i)$ , аномалії  $A(t_i)$ .

Алгоритм на основі дискретного вейвлет-аналізу мережевого трафіку [4] передбачає аналіз обсягу переданої інформації в байтах, кількість переданих пакетів, завантаження процесора тощо за певний інтервал часу  $\Delta t_i$ . Вейвлет-модель має наступний вигляд:

$$Y(t_i) = \sum_{k,\tau} b_{k,\tau} \varphi_{k,\tau}(t_i) + \sum_{k,\tau} d_{k,\tau} \psi_{k,\tau}(t_i), \quad k, \tau = \overline{1, \infty} \quad (1)$$

де,  $\varphi_{k,\tau}(t_i)$  - масштабуюча функція, функція апроксимації мережевого трафіку;

$\psi_{k,\tau}(t_i)$  - вейвлет-функція, деталізації мережевого трафіку і його локальних особливостей;

$b_{k,\tau}$ ,  $d_{k,\tau}$  - апроксимуючі і деталізуючі коефіцієнти з параметрами масштабу  $k$  та зсуву  $\tau$ .

Алгоритм на основі дискретного вейвлет-аналізу мережевого трафіку забезпечує покращення достовірності виявлення аномалій мережевого трафіку в умовах невизначеності.

При обґрунтованому та коректному використанні ряду Фур'є як апроксимуючої функції такий підхід дасть змогу проводити з мінімальними затратами ресурсів процедуру дискретизації та апроксимації трафіку за вибрані проміжки часу  $\Delta t_i$ .

Згідно з (2) вейвлет-модель включає в себе функцію апроксимації та функцію деталізації мережевого трафіку. В роботі пропонується використання в якості апроксимуючої функції ряду Фур'є:

$$\varphi_{k,\tau}(t_i) = \frac{b_0}{2} + \sum_{i=1, k=1}^{n,\infty} \left[ b_{k,\tau} \cos\left(\frac{2\pi}{N} kt_i\right) + d_{k,\tau} \sin\left(\frac{2\pi}{N} kt_i\right) \right] \quad (2)$$

$$\text{де } b_0 = \frac{\sum_{i=1}^N T_k(t_i)}{N}; \quad b_{k,\tau} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N [T_k(t_i) \cos(kt_i)];$$

$$d_{k,\tau} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N [T_k(t_i) \sin(kt_i)];$$

$k$  - порядок вейвлету, гармоніка ряду Фур'є;

$N$  - довжина періоду дискретизації трафіку;

$T(t_i)$  - кількість запитів у трафіку за деталізуючий період.

Використання ряду Фур'є в якості функції апроксимації дає можливість встановлювати схожість чи відмінність в різних дискретизованих частинах трафіку за різних умов, як правило, при порівнянні «ідеального профілю» з реальним трафіком [5].

Для отримання необхідних даних для аналізу трафіка на виявлення аномалій було взято лог – файл сайту форуму (zadrots.ua). Лог-файл містить більше 1 000 000 записів і включає кількість запитів  $T(t_i)$  та час  $t_i$ . Для реалізації запропонованого методу аналізу обраний добовий інтервал  $t=24$  год. з погодинною дискретизацією трафіку. Ширина вейвлету складає  $N=6$  год.

Період добового спостереження розбитий погодинно на 4 періоди:  $N_1 \in [06.00-12.00]$ ,  $N_2 \in [12.00-18.00]$ ,  $N_3 \in [18.00-24.00]$ ,  $N_4 \in [24.00-06.00]$ .

Дискретизований трафік за 4 доби (96 годин), погодинно представлений на рис.1.



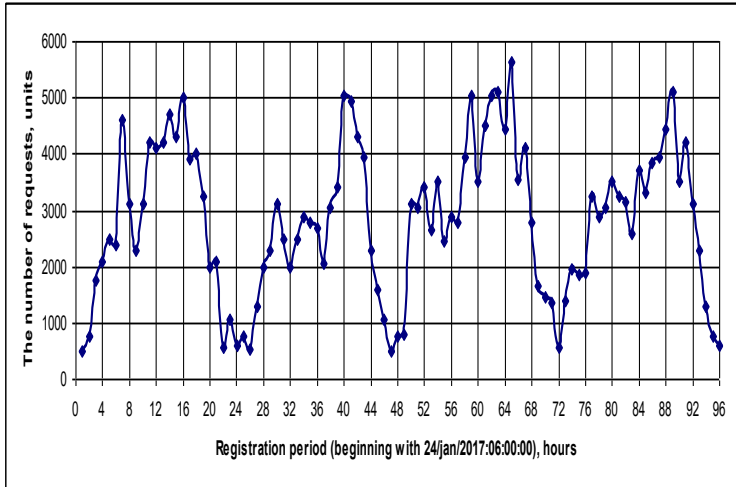


Рис.1. Дискретизований трафік досліджуваної мережі за період 24.01.2017р. - 27.01.2017р.

Апроксимація дискретизованого трафіку проведена для  $k$ -ї гармоніки ряду Фур'є ( $k = \overline{1, \infty}$ ) шляхом визначення апроксимуючих і деталізуючих коефіцієнтів  $b_{k,\tau}$ ,  $d_{k,\tau}$  з параметрами масштабу  $k$  та зсуву  $\tau$ , синтезом масштабуючої функції виду (4) та розрахунком трендових рівнів вейвлет-моделі.

Процес вибору вейвлету, який максимально достовірно відображає реальний трафік є ітераційним і проводиться для  $k=1, k=2, k=3, \dots, k=m$  з визначенням на кожному кроці похибки апроксимації. Критерієм зупинки є мінімальне значення похибки апроксимації  $\sigma_k$ .

Для адаптації вейвлет-перетворення до аналізу трафіка використовується техніка двох вікон:  $W1$  (вікно порівняння) і  $W2$  (вікно виявлення). Вікно порівняння являє собою дискретизований реальний трафік, отриманий з лог-файлу для відповідних періодів дискретизації, вікно виявлення – трендові значення трафіку для найкращого вейвлету ( $\sigma_k = \min$ ).

Результати моделювання трафіку за допомогою модифікованого вейвлет-аналізу приведені на рис. 2.

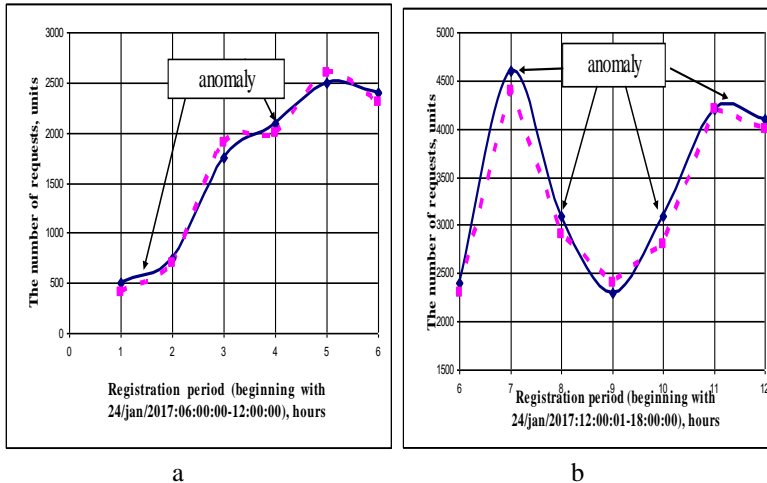


Рис.2. Виявлення аномалій за аналізом апроксимуючої функції Фур'є:  
 а-  $N_1 \in [06.00-12.00]$ , б -  $N_2 \in [12.00-18.00]$ ,

Попередні висновки про наявність аномалії проводяться за зонами, в яких спостерігається перевищення змодельованого трафіку над реальним.

### Література

1. Denning Dorothy. An Intrusion-Detection Model. IEEE Transactions on Software Engineering, 1987, Vol. SE-13, No. 2. p.222-232.
2. Amoroso Edward G., Intrusion Detection, 1st ed., Intrusion.Net Books, Sparta, New Jersey, USA, 1999, p.218.
3. Paul Barford, Jeffery Kline, David Plonka and Amos Ron. A Signal Analysis of Network Traffic Annalies / in Proceedings of the 2<sup>nd</sup> ACM SOGCOMM Workshop on Internet Measurement/ New York, NY, USA, ISBN:1-58113-603-X. Pp.71-82.
4. Скітер І.С., Бальченко І.В. Ідентифікація аномальної поведінки трафіку комп'ютерної мережі на основі EWMA-статистики. Перша Міжнародна конференція INUDECO'16 25-27 квітня 2016 Збірка матеріалів. Славутич.; СФ НТУУ «КПІ». С.171-178.
5. Литвинов В.В., Казимир В.В., Стеценко І.В., Трунова О.В., Скітер І.С., Ткач Ю.М. та ін. Моделювання та аналіз безпеки розподілених інформаційних систем. Навчальний посібник, 2016, Чернігів ЧНТУ, - 254 с.

## АЛГОРИТМ ЧИСЕЛЬНОЇ ОЦІНКИ ТЕМАТИЧНОЇ НАБЛИЖЕНОСТІ ДОКУМЕНТУ ДО ЗРАЗКА

І.С. Скітер, Ю.О. Сергієнко, О.В. Пронько,

*Чернігівський національний технологічний університет*

Наразі повн!отекстовий пошук і методи аналізу документів не враховують достатньою мірою людський фактор і є здебільшого недосконалим. Одним із варіантів вирішення цієї проблеми є пошук документів за зразком, коли за зразок задається певний документ, а система, яка реалізує цей варіант пошуку, підбирає документи, які подібні до заданого (схожі за змістом, тематикою).

Метою цієї роботи є розробити метод тематичного аналізу структурованої текстової інформації для ефективного розв'язання задач пошуку документів за зразком.

В основі розробки лежить модель структурного подання тексту у вигляді орієнтованого мультиграфу, а також способи формування та аналізу такої моделі для вирішення задач пошуку документів за зразком, а саме — розрахунку тематичної близькості документів, що дає змогу проранжувати документи за ступенем наближеності до зразка.

Усю сукупність методів аналізу тексту щодо задачі його змісту можна поділити на дві групи: лінгвістичний аналіз і статистичний аналіз. Перший орієнтований на видобування змісту тексту за його семантичною структурою. Другий — за частотним розподілом слів у тексті.

У даній роботі вирішено використовувати методи статистичного аналізу через їхню простоту, зручність використання та незалежність відмови. Однак сучасний частотний аналіз не дозволяє у повній мірі врахувати внутрішню структуру тексту, оскільки при такому аналізі не враховується зв'язність і послідовність тексту. Хоча саме це є однією з найважливіших умов для розуміння його змісту. Це положення є ключовим як у психолінгвістиці, так і в нейропсихології. У ряді робіт [1] в області інформаційного пошуку також зазначається ця особливість. Спираючись на результати цих досліджень [2], була розроблена модель структурного подання тексту, яка враховує його зв'язність.

Задача обчислення ступеню тематичної належності тексту до зразка полягає в наступному. Нехай:

$S$  – множина ключових елементів тексту зразка:

$$S = \{k_{1i_1}, k_{2i_2}, \dots, k_{ni_n}\}, (1)$$

де коефіцієнти  $k_1, k_2, \dots, k_n$  перед  $i$  – це вага інформаційних елементів, які визначають вагомість даного елемента в тематиці тексту зразка.

$S_f$  – множина ключових елементів деякого знайденого в результаті пошуку тексту документу, який нам необхідно проаналізувати на тематичну наближеність до тексту зразка.

$$S_f = \{k_{f1}i_1, k_{f2}i_2, \dots, k_{fn}i_n\}, \quad (2)$$

де коефіцієнти  $k_{f1}, k_{f2}, \dots, k_{fn}$  перед  $i$  – це ваги інформаційних елементів, що визначають значимість даного елемента в тематиці знайденого тексту.

При цьому інформаційні елементи  $i_1, i_2, \dots, i_n$ , які визначають тематику обох підмножин  $S$  і  $S_f$  співвідносяться між собою, тобто їхні відповідні елементи ідентичні. Однак це не означає, що самі підмножини ідентичні.

Сума всіх коефіцієнтів як для множини  $S$ , так і для множини  $S_f$  має дорівнювати одиниці.

$$\sum_{i=1}^n k_i = 1, n = |I|; \quad \sum_{i=1}^n k_{fi} = 1, n = |I_f|. \quad (3)$$

Якщо ця початкова умова не виконується, необхідно привести ці суми до одиниці (нормувати за 1).

$$\sum_{i=1}^n k_i = n, \quad \sum_{i=1}^n \frac{k_i}{n} = 1. \quad (4)$$

Аналогічно для  $k_{fi}$ .

Після цього можна розраховувати тематичну наближеність за кожним із елементів.

Традиційно в інформаційно-пошукових системах, які реалізують векторну модель пошуку, для обчислення міри наближення векторів використовується косинус кута, який визначається через скалярний добуток векторів [8]:

$$\cos(\varphi) = \frac{(\vec{v}^a, \vec{v}^b)}{|\vec{v}^a| \cdot |\vec{v}^b|}, \quad (5)$$

де:  $\vec{v}^a, \vec{v}^b$  – вектори, які порівнюються.

У нашому випадку використання такого підходу недоцільне, оскільки  $\cos(\varphi)$  визначає міру наближеності самих векторів, а не їхніх окремих елементів.

Тематичну наближеність  $\omega_i$  за кожним із інформаційних елементів будемо розраховувати так.

$$\omega_i = \frac{k_i \min}{k_i \max} \cdot k, \quad (6)$$

$$k_i \min = k_i, k_i \max = k_{fi} \Leftrightarrow k_i < k_{fi}, \quad (7)$$

$$k_i \min = k_{fi}, k_i \max = k_i \Leftrightarrow k_{fi} < k_i. \quad (8)$$

Сенс цієї формули зводиться до розрахунку відношення між ваговими коефіцієнтами, які враховують різницю між ними.

Коефіцієнт загальної тематичної наближеності для всього тексту буде розраховуватися як сума всіх  $\omega_i$ :

$$\omega = \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot (9)$$

При цьому  $\omega$  прийматиме значення від 0 до 1.

Існує два традиційні підходи до врахування значення контексту. Перший використовує попередньо сформовані тезаріуси [3]. Другий підхід полягає в аналізі колекцій доступних документів і уточненні метрик наближеності із врахуванням реального вмісту колекцій [4, 5, 6].

Програмний застосунок, який розробляється в рамках цієї роботи, знайде місце в області автоматизації процесу аудиту.

### **Література**

1. Дубинский А.Г. Некоторые вопросы применения векторной модели представления документов в информационном поиске // Управляющие системы и машины. - 2001. - №4. - С. 77-83.
  2. Ермаков А.Е., Плешко В.В. Ассоциативная модель порождения текста в задаче классификации // Информационные технологии. - 2000. - N 12.
  3. Gruber T. A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge Acquisition, 5(2), 1993, pp. 199-220.
  4. Merkl D. A Handbook of Natural Language Processing: Techniques and Applications for the Processing of Language as Text, chapter Text data mining. Marcel Dekker, New York, 1998.
  5. Salton G., Buckley C. Term-weighting approaches in automatic text retrieval. Information Processing and Management, 24:513-523, 1988.
- Salton G., McGill M. J. Introduction to modern Information Retrieval. McGraw-Hill Computer Science Series. McGraw-Hill, New York, 1983.

УДК 004.415.2.043

### **ОСОБЛИВОСТІ ОПИСУ АВТОМАТНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ**

Салапатов В.І.

*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького*

Модель будь-якої системи, у тому числі програмної у вигляді скінченного автомату складається із сукупності можливих шляхів при переходах з одного стану в інший. Для опису моделі використовується формальний механізм опису недетермінованого скінченного автомата - структура Крипке  $M=(S, S_0, R, AP, L)$ . Всі шляхи визначаються структурою Крипке, де вказуються усі стани -  $S$  автоматної моделі разом з початковими станами -  $S_0$ , множиною тотальних зв'язків між станами -  $R$ ,

множиною предикатів -  $P$  та множиною припустимих комбінацій предикатів, які вказують на переходи з одних станів в інші -  $L$  [1]. Апарат темпоральної логіки дозволяє описати конкретні шляхи в автоматній моделі операторами лінійної темпоральної логіки - LTL. Ця логіка являє собою поєднання звичайної логіки з темпоральними операторами  $pUq$  ( $p$  - істинне Until  $q$  - хибне) та  $Nq$  (Next). За допомогою оператора  $pUq$  можливо визначити умовні переходи та цикли. При цьому предикат  $p$  буде істинний, якщо предикат  $q$  буде хибним. Твердження предиката  $p$  у випадку програмної системи являють собою висловлювання у вигляді послідовності дій. Тоді для всіх видів циклів значення предиката  $q$  є умовою виконання циклу. В разі розгалуження шлях в автоматній моделі також визначається істинністю предикату  $q$  в операторі  $pUq$  або умовою. Оператор  $Nq$  фактично описує лінійний блок. Як правило за допомогою LTL - логіки описуються окремі модулі системи або їх частини зі своїми внутрішніми розгалуженнями та циклами. Опис інших шляхів в автоматній моделі забезпечується темпоральними операторами  $A\phi$  (All) та  $E\phi$  (Exist) CTL - логіки, які є кванторами шляхів і фактично забезпечують зв'язок між модулями. З огляду на це розробку системи треба починати з розробки її модульної структури, а зв'язки між модулями описати в термінах темпоральної логіки. При цьому кожен модуль буде являти стан автоматної моделі. Далі необхідно визначити на цьому рівні моделювання предикати, що забезпечують перехід з одного модуля (стану) в інший стан (модуль). Далі кожен модуль треба описати засобами темпоральної логіки та побудувати модель системи у вигляді недетермінованого скінченного автомату. Предикати у вигляді висловлювань являють собою певні дії, які мають виконуватись, якщо предикат має істинне значення. Така схема розробки систем усуває необхідність верифікації програм, оскільки побудова моделі відбувається безпосередньо згідно опису і буде задовольняти усім вимогам такого опису. Прикладом такого підходу створення системи є розробка компілятора з мови програмування. На початковому етапі створення моделі обирається алгоритм роботи системи, основні її компоненти у вигляді модулів або окремих програмних частин або підпрограм разом із функціями, які вони мають виконувати. Далі описуються та встановлюються зв'язки між цими частинами і створюється модель системи у вигляді недетермінованого скінченного автомату. Так, якщо за основу роботи компілятора обрано стековий алгоритм [2], то лексичний аналізатор, як програмна частина компілятора має виявляти два типи лексем – лексеми даних та лексеми дії. Синтаксичний аналізатор як ще одна програмна частина має виконувати аналіз на відповідність правил

оператора мови програмування або його частини. На цьому етапі виявляються дані, які необхідні для роботи аналізатора – це таблиці ключових слів, таблиці ідентифікаторів, буфери обміну і т.і. В разі коректного опису оператора породжується його внутрішнє уявлення у вигляді послідовності елементів спеціалізованої бази даних. Наступна частина компілятора має виконати машинно-незалежну оптимізацію цього уявлення, тобто фактично оптимізувати математичні вирази в операторах та покращити цикли. Остання частина компілятора формує асемблерний еквівалент програми, яка має оброблятися, і породжує об'єктний файл коду програми. З огляду на це зв'язки між цими частинами можна подати таким чином.

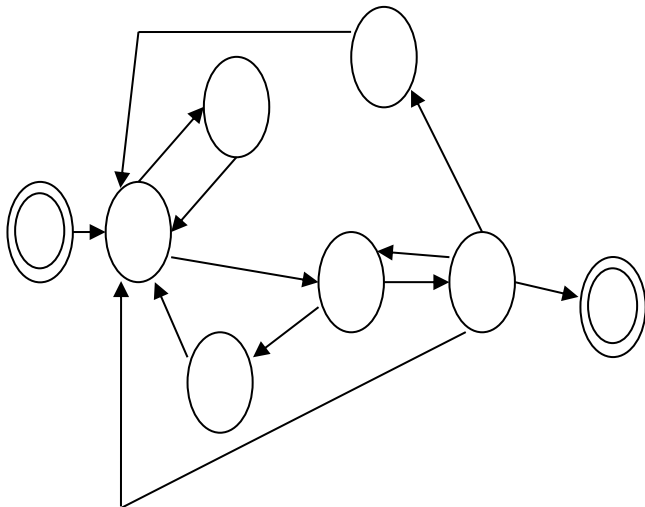


Рис. Модель роботи стекового алгоритму

З початкового стану 0 в синтаксичний аналізатор 1 надходить текст програми. Синтаксичний аналізатор звертається до лексичного аналізатора 2 і виявляє пару лексем: лексему даних та лексему дії. Далі синтаксичний аналізатор в стані 3 порівнює пріоритети попередньої лексеми дії з поточною. Якщо пріоритет попередньої лексеми буде більше за пріоритет поточної лексеми, то пара поточних лексем зберігається в стеку (стан 4) і виконується перехід у стан 1 для подальшого аналізу. Якщо пріоритет попередньої лексеми не перевищує пріоритет поточної лексеми, то породжується внутрішнє уявлення оператора програми або його частини (стан 5). Після цього знов перевіряються пріоритети лексем дії в стеку та поточної (перехід у стан 3) і процес може повернутись

у стан 5 або на початок – у стан 1. В разі невідповідності синтаксичним правилам виконується обробка помилки (стан 6) та перехід у стан 1 на подальший аналіз початкової програми.

Нижче наведено опис лексичного та синтаксичного аналізаторів, як основної частини компілятора. В лексичному аналізаторі спочатку здійснюється пропуск можливих пробілів та знаків табуляції. Далі виділяється лексема даних, яка складається з літер та цифр і обмежується іншими символами. Таким чином, виділяється пара лексем – лексема даних та лексема дії, які повертаються до синтаксичного аналізатора.

LEX:  $pU(\text{symol} \neq ' \text{ or symol} \neq \text{tab}) N( pU(\text{symol} \neq \text{cyf or symol} \neq \text{lit}) q N pU(\text{symol} \neq ' \text{ or symol} \neq \text{tab}) N (p1U(\text{symol} \neq ' \text{ or symol} \neq \text{tab symol} \neq \text{cyf or symol} \neq \text{lit}))$

Синтаксичний аналізатор перевіряє відповідність конструкції синтаксичним правилам і формує в разі коректності проміжне уявлення мовної конструкції.

SYNT:  $N(\text{lex}) (\text{sym} \neq \text{fop})U(Nq); (p1Uq2 \text{ and } (\text{rul} = P)) \text{ or } ( p2Uq2 \text{ and } (\text{rul} = P))$

Блок машинно-незалежної оптимізації та формування файлу об'єктного коду в даній доповіді не показаний через обмеження публікації, але їх опис поширений в літературі і може бути також описаний в термінах темпоральної логіки.

Дана технологія створення програм успішно застосовується як при створенні програмних систем, так й у навчальному процесі Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького.

## Література

1. Ю.Г. Карпов. MODEL CHECKING. Верификация параллельных и распределенных программных систем. – СПб: БХВ-Петербург, 2010. 360 с. 2.
2. В.І. Салапатов. Створення програм за допомогою ієрархічної автоматної моделі. Вісник НТУУ (КПІ), 2012, № 54. с.63-67.

УДК 506+510

## ПРОЦЕДУРА АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛІНГВІСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Халимон А.Ю., Баклан І.В.

*НТУУ “КПІ” ім. І.Сікорського, Україна*

Актуальність. Сучасний стан науково-технічного прогресу характеризується динамікою економічних, соціальних, науково-технічних та інших процесів. Іншим серйозним викликом є вибухоподібне зростання



кількості даних, що накопичуються людством про ті самі ж процеси. Це проявляється в надзвичайному поширенні різноманітної техніки, яка потребує для свого створення і оптимізації достовірні моделі, з іншої ж сторони - з'являється можливість збирати велику кількість даних про діяльність машин, людей, природи (різноманітного роду датчики - GPS, гіроскопи, акселерометри, термометри, весь Internet of Things (IoT)), і засобів до обробки цих даних (GPU, нейронні мережі, бази даних для часових рядів (InfluxDB), Nadoor та ін.).

Найбільш складним завданням є дослідження саме внутрішньої структури процесу, його фаз. Лінгвістичне моделювання, на відміну від апроксимації процесу вже відомими функціями, не надає моделі процесу форми вже відомої функціональної залежності, але гнучко описує внутрішню структуру процесу, даючи змогу не тільки проводити екстраполяцію ряду, а і дати досліднику розуміння природи процесу.

Причини та історія виникнення. Лінгвістичне моделювання є розвитком ідеї структурного підходу до розпізнавання образів, запропонованого K.S. Fu в [1]. Він говорив про необхідність гібридних методів розпізнавання образів, які б поєднували статистичний (що досліджує об'єкт як цілий, і сфокусований на виокремленні його характеристик) та структурний підхід (коли об'єкт розпізнається за ознаками своєї внутрішньої структури). Ключем до відновлення внутрішньої структури є інтервальна математика. Ідея інтервальної математики в можливості дискретизувати структуру часового ряду за значеннями, і виділити стійкі інтервали значень, які потім можна використати в процесі відновлення граматики - лінгвістичної моделі ряду. Маючи таку граматику, можна робити прогнози часового ряду.

Дана стаття є продовженням робіт [2], [3], [4]. Ідея інтервального підходу вперше описана в [5], сучасна теорія інтервального аналізу викладена в [6], одне з типових застосувань такого підходу описано в [7]. Існуючі статистичні методи прогнозування часових рядів розглянуті в [8]. Це авторегресія, ковзне середнє, прогнозування з трендом, дрейфом та інше.

Іншими ідеями, на яких базується метод, є приховані марківські мережі, використання яких для аналізу і прогнозування часових рядів розглянуто в [9], та метод правдоподібних траєкторій. [0]

Стадії процедури лінгвістичного моделювання. Збір даних, що описують схожі процеси. Маючи дані з декількох часових рядів, можна побудувати більш достовірну граматику.

Валідація даних та їх очистка від недостовірних або неефективних з точки зору моделювання (шум, впливи інших, домінуючих факторів). В

цілісному процесі аналізу даних на цей етап може припадати до 80% від всіх зусиль, витрачених на моделювання.

Розбивка часового ряду на інтервали – розбивка навчальних даних на інтервали і присвоєння їм символів. Схема присвоєння довільна, єдиною вимогою є присвоєння різним (за характеристиками) інтервалам різних символів. Цей етап ми розглянемо детальніше в наступному розділі.

Розпізнавання синтаксису – отриману на попередньому етапі послідовність аналізують на наявність граматичних конструкцій. На виході отримуємо список граматичних конструкцій з ймовірностями їх наявності в процесі, а також матрицю ймовірностей переходу з символу в символ. Для одного і того ж ряду можна побудувати декілька граматики, які будуть перевірятися на наступному етапі. Процедура детально описана в [3].

Верифікація моделі – перевірка моделі на адекватність і корисність. Адекватність можна перевірити за допомогою прогону моделювання на тренувальній вибірці і застосування до тестової вибірки. Результати застосування моделі до тестової вибірки оцінюються за: збереженням алфавіту, збереженням граматики, збереженням параметрів розподілу букв та слів.

Корисність моделі вимірюється евристичними. Такими можуть бути штрафи за:

- короткі слова (граматика занадто проста і не надає корисної інформації про процес);
- довгі слова (модель занадто складна, і не є адекватною);
- кількість слів, що мають суттєву спільну частину (це вказуватиме на неправильну розбивку на інтервали - спільну частину можна було замінити однією буквою).

Отримавши сумарну оцінку по кожній моделі, вибирається найкраща, яка і використовується для моделювання цільового процесу.

Моделювання цільового процесу – використовуючи побудовану модель, будується опис синтаксичних конструкцій з вірогідностями їх настання. Для кожної синтаксичної конструкції надається можливе трактування в термінах предметної області. Ця дана множина і використовується для аналізу часового ряду і прийняття рішень, для допомоги прийняття яких проводилося моделювання.

Розглянемо формально один з можливих варіантів побудови лінгвістичної моделі. Маючи часовий ряд  $\{y(i)\}$ , де  $y(i), i = \overline{1, N}$  – це деякі значення, які отримано в ході спостереження з якимось кроком,

$\overline{Dt}_i = const, i = \overline{1, N}$ , що містить дані спостережень в часі, рахуємо:

- Різниці сусідніх значень ряду  $\Delta y(i) = y(i) - y(i+1), i = \overline{1, N}$  між сусідніми членами ряду.

- Відсортуємо окремо додатні та від'ємні значення  $\Delta y(i)$  за спаданням (чи за зростанням). Отримаємо дві послідовності  $a(k)$  і  $b(l)$ ,  $K + L = N - 1$ .

- Кожному члену з послідовностей  $a(k)$  і  $b(l)$  ставимо у відповідність символи абетки  $a_i, b_j, i = \overline{1, K}, j = \overline{1, L}$  відповідно.

- Перепишемо послідовність  $\Delta y(i)$  символами  $a_i$  і  $b_j$ , також будемо ставити між парами сусідніх символів  $a_q, b_p$  символ  $c$ , а між парами сусідніх символів  $a_m, b_n$  символ  $d$ , які будуть означати точки локальних екстремумів в послідовності  $y(i)$ , локальні максимуми і локальні мінімуми відповідно. Отримаємо послідовність  $e_i$ .

- В послідовності  $e_i$  проаналізуємо частоту існування пар символів  $(e_i, e_{i+1}), i = \overline{1, N-1}$  і побудуємо таблицю ймовірностей виникнення символу  $e_{i+1} P_{j+1}(e_{i+1} | e_{i-k} \dots e_i)$ . Тобто обчислюємо ймовірність появи символу  $e_{i+1}$  за умови що попередні символи  $e_{i-k} \dots e_i$ .

За допомогою обчислених ймовірностей можемо зробити імовірнісний прогноз виникнення символу  $e_{i+1}$  за умови, що відомі ланцюжки попередніх символів.

### Література

1. Fu K. S. A step towards unification of syntactic and statistical pattern recognition / K. S. Fu // IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence. – 1986. – Vol. PAMI-8, № 3 (May). – P. 398–404.
2. Баклан І. В. Лінгвістичне моделювання: основи, методи, деякі прикладні аспекти / І. В. Баклан. // Системные технологии. – 2011. – № 3 (74). – С. 10–19.
3. Баклан І. В. Інтервальний підхід до побудови лінгвістичної моделі / І. В. Баклан. // Системные технологии. – 2013. – № 3 (86). – С. 3–8.

4. Шулькевич Т.В., Халимон А.Ю., Селін Ю.М., Недашківський Є.А., Баклан І.В. Процедура лінгвістичного моделювання часових рядів різної природи // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: Матеріали міжнародної наукової конференції. – Херсон: Видавництво ПП Вишемирський В. С., 2016. – С. 159-161.
5. Канторович Л. В. О некоторых новых подходах к вычислительным методам и обработке наблюдений / Л. В. Канторович. // Сибирский математический журналю – 1962. – Том III, № 5 (Сентябрь – Октябрь). – С. 701–709.
6. Добронец Б. С. Численные операции над случайными величинами и их приложения / Б. С. Добронец, О. А. Попова. // Journal of Siberian Federal University. Mathematics Physics. – 2011. – № 4 (2). – С. 229–239.
7. Ревенко Д. С. Статистическая оценка динамических процессов с неопределенными данными / Д. С. Ревенко, В. М. Вартанян, Ю. А. Романенков. // Економіка та управління підприємствами машинобудівної галузі: проблеми теорії та практики. – 2008. – № 4 (4). – С. 53–64.
8. Бідюк П. І. Системний підхід до прогнозування на основі моделей часових рядів / П. І. Бідюк. // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2003. – № 3. – С. 88–110.
9. Баклан І. В. Ймовірнісні моделі для аналізу та прогнозування часових рядів / І. В. Баклан, Г. А. Степанкова. // Штучний інтелект. – 2008. – № 3. – С. 505–515.
- 10, Morton K.W. Scaling neutron tracks in Monte Carlo shielding calculations / Morton K.W. - J. Nuclear Energy. - 1957. - №3/4 - С.320-324.

УДК 517.957

## **АНАЛІЗ ПОТОКУ ВИМОГ ПРИ ОБРОБЦІ ІНФОРМАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОЮ СИСТЕМОЮ**

В.П. Горобюк

*Факультет Інформатики та Обчислювальної техніки НТУУ «КПІ ім.  
Ігоря Сікорського», Україна*

Метою функціонування будь-якої автоматизованої системи обробки інформації є задоволення заявок (вимог) на обслуговування. Заявою або вимогою називається запит на обслуговування. Тому дослідження потоку вимог є одним з основних і найбільш важливих аспектів теорії масового обслуговування [1]. Аналіз потоку вимог є першою задачею, яка

неминуче виникає як при розробці систем масового обслуговування, так і при практичному застосуванні її методів до вирішення конкретних завдань.

The purpose of functioning of any automated information processing system is satisfaction of requests (requirements) on service. Therefore research of stream of requirements is one of basic and most essential aspects of theory of mass service [1]. An analysis of stream of requirements is the first task, which inevitably arises up both at development of problems of mass service and at practical application of its methods to the decision of specific problems.

Поява мультисервісних мереж має вирішальний вплив на шляхи розвитку автоматизованих систем обробки інформації. Доставка інформації по єдиній мережевій інфраструктурі, що базується на комутації пакетів, такого різномірного трафіку, як дані, голос і відео, є перспективною для корпорацій і сервіс-провайдерів [2].

При використанні автоматизованої системи з метою визначення якості її функціонування та обслуговування, необхідно провести аналіз потоку вимог, що надходять в систему обслуговування і правильно оцінити потік вимог кількісно.

Найпростіший потік повністю визначається системою функцій  $V_k(t)$

$$V_k(t) = \frac{(\lambda \cdot t)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad (k=0, 1, 2, \dots) \quad (1)$$

де  $\lambda$  - параметр потоку;  $k$  - число вимог, що надійшли в систему обслуговування за одиницю часу.

Функція  $V_k(t)$  являє собою ймовірність надходження  $k$  вимог за час  $(0, t)$ . Крім того, для найпростішого потоку число вимог в проміжку часу  $t$  розподілено згідно із законом Пуассона, параметром  $\lambda \cdot t$  [1].

Отже, для того щоб дати вірогідну характеристику найпростішого потоку, досить знати тільки одну величину - параметр потоку.

Зважаючи на різні значеннями  $k$  у формулі (1) можна розрахувати ймовірності відмови автоматизованої системи (таблиця 1).

Враховуючи різні значення  $k$  у таблиці 1 можна побудувати графік ймовірностей відмови автоматизованої системи (рис.1)

З рисунку 1 видно, що для найпростішого потоку ймовірність отримання протягом проміжку часу тривалості  $t$  кількість  $k$  вимог досягає найбільшого значення при

$$t = k / \lambda \quad (k = 0, 1, 2, \dots) \quad (2)$$

Зокрема, при  $\lambda = 1$  максимуми будуть досягатися в моменти часу, які дорівнюють  $0, 1, 2, \dots, n$  одиниць часу. Крім того, з графіка видно, що якщо ймовірність відмови одного мережевого елемента не дуже велика,

що, як правило, має місце на практиці, то ймовірність того, що два мережевих елемента відмовлять в один момент часу, буде зменшуватися.

Таблиця 1 – ймовірності відмови автоматизованої системи при різних  $k$

Ймовірність відмови мережевих елементів			
При $k=0$	При $k=1$	При $k=2$	При $k=3$
$V_{1t} =$	$V_{2t} =$	$V_{3t} =$	$V_{4t} =$
1	0	0	0
0.368	0.368	0.184	$3.066 \cdot 10^{-3}$
0.135	0.271	0.271	0.036
0.05	0.149	0.224	0.101
0.018	0.073	0.147	0.156
$6.738 \cdot 10^{-3}$	0.034	0.084	0.175
$2.479 \cdot 10^{-3}$	0.015	0.045	0.161
$9.119 \cdot 10^{-4}$	$6.383 \cdot 10^{-3}$	0.022	0.128
$3.355 \cdot 10^{-4}$	$2.684 \cdot 10^{-3}$	0.011	0.092
$1.234 \cdot 10^{-4}$	$1.111 \cdot 10^{-3}$	$4.998 \cdot 10^{-3}$	0.061
$4.54 \cdot 10^{-5}$	$4.54 \cdot 10^{-4}$	$2.27 \cdot 10^{-3}$	0.038

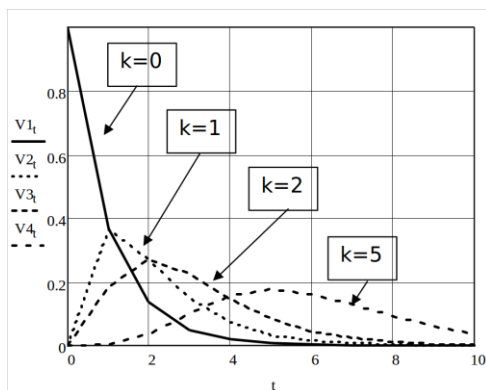


Рис. 1. Графік ймовірності надходження  $k$  вимог ( $k = 0, 1, 2, 5$ ) при простому потоці.

Отже, беручи до уваги наведену в таблиці інформацію та побудований за нею графік, можна зробити висновок, що за умови, коли кількість мережевих елементів прямує до нескінченності, ймовірність їх відмови в один момент часу прямує до нуля.

### **Література**

1. Бертсекас Д., Галлагер Р. Сети передачи данных /М.: Издательство "Мир", 1989 г. - 544 с.
2. Гольдштейн А., Соколов Н. На пути к Next Generation Networks. Сколько шагов осталось пройти к сети будущего //Мир связи. Connect. - 2006. - № 11.10.

УДК 004.056

## **ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ПРОГРАМ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ**

О.І.Федюшин

*Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна*

Автоматизація організаційних, технологічних і виробничих процесів призвела до залежності ефективності їх функціонування від захищеності інформаційних систем і систем, що їх підтримують.

На даний момент розвивається науковий напрям, що розглядає проблему забезпечення інформаційної безпеки (ІБ) з позиції управління інформаційними ризиками. Дослідженню цієї проблеми, в тому числі з позиції теорії штучного інтелекту, експертних та нечітких систем, присвячені роботи В.А. Герасименко, Л. Хоффмана, А.Е. Алтуніна, G.F. Florez, S.M. Bridges, R.V. Vaughn, P.F. Peter та інших.

Однак, багато питань в області управління ризиками ІБ залишаються не до кінця дослідженими, наприклад, формалізація моделі інформаційної системи (ІС), як об'єкта управління ризиками ІБ [1-3]. Таким чином, актуальним завданням є розробка моделей та алгоритмів для задачі оцінки та управління ризиками ІБ інформаційних систем та їх програмна реалізація.

Інформаційні ресурси, як і матеріальні, володіють якістю та кількістю, мають собівартість і ціну. Оцінка ризиків та управління ними є важливою частиною будь-якого процесу інформаційної безпеки. Її використовують для визначення масштабу загроз безпеці інформації та ймовірності реалізації загрози.

На рис.1 приведені основні методи для оцінки ризиків інформаційної безпеки, які поділяють на експертні, аналітичні та інструментальні. Порівняльний аналіз їх ефективності наведений на рис.1. Найбільш ефективним є поєднання швидкості та повноти охоплення інструментальних засобів та експертного аналізу [1, 3-4].

Процес оцінки ризику оцінює ймовірність і потенційний збиток від виявлених загроз, заходи індивідуального рівня ризику кожного інформаційного активу і як вони ставляться до конфіденційності, цілісності та доступності. Потім вимірюється ефективність існуючих заходів. Результати допомагають організації визначити, які активи є найбільш критичними, служать основою для визначення пріоритетів і рекомендують курс дій для захисту активів.

В роботі розроблений експертний програмний комплекс, що дозволяє моделювати роботу ІС організації, автоматизувати процес оцінки ризиків ІБ в нечітких умовах, а також формувати рекомендації по управлінню ними.

Критерій	Підходи до моделювання ризиків ІБ				
	Експертно-аналітичні засоби			Інструментальні засоби	
	Експертні		Аналітичні (кількісні)	Якісні	Кількісні
	Якісні	Кількісні			
Використовувани для оцінок методи	Табличні та якісні експертні оцінки	Елементи теорії ймовірності, опитування експертів	Аналіз статистики теорії ймовірності	Табличні, якісні оцінки, опитування експертів	Формальна модель ІС та теорії ймовірності
Повнота охоплення елементів ІС	Низька	Середня	Середня	Низька	Висока
Точність оцінки ризиків	Низька	Середня	Висока	Низька	Висока
Наявність управління ризиками	Ні	Ні	Так	Так	Так
Ефективність управління	Ні	Ні	Низька	Середня	Висока
Складність використання	Низька	Середня	Висока	Низька	Середня

Рис.1– Порівняльна характеристика методів аналізу та оцінки ризиків ІБ

Проведені експериментальні дослідження роботи моделей, що пропонуються, методики та алгоритмів на конкретних ІС. Їх використання дозволило підвищити рівень інформаційної безпеки ІС за рахунок введення оптимальних контрзаходів, що для тестової задачі склало 28,5%. За результатами експериментів був здійснений вибір операцій Т-норм та S-норм для розробленої методики нечіткої оцінки та управління ризиками ІБ ІС.



Процес моделювання, оцінки, аналізу та управління ризиками ІБ виконується в головному модулі комплексу (рис.2). Даний процес складається з послідовного проходження шести етапів, за результатами яких експерт-аналітик отримує змістовні звіти щодо проведення оцінок характеристик ризиків, і аналіз контрзаходів, що пропонуються для використання. Його результати можна використати для управління ризиками ІБ організації.

В роботі досліджується метод управління ризиками інформаційної безпеки (ІБ) організації, метою якого є виявлення, контроль та мінімізація невизначеності впливу чинників дестабілізації в корпоративній мережі зв'язку (КМЗ). Управління ризиками ІБ може здійснюватися для всієї організації або ж поширюватись лише на певну її сферу.

Запропонований метод передбачає для своєї реалізації шість основних етапів:

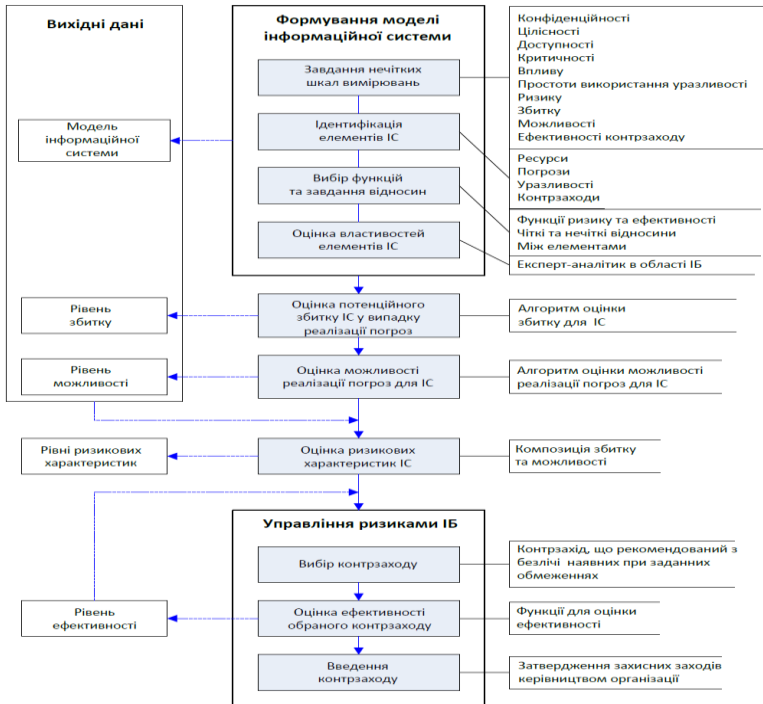


Рис. 1 – Оцінювання, аналіз та управління ризиками ІБ  
1-й етап. Ідентифікація активів. На цьому етапі команда з управління ризиками ІБ та власник інформаційного активу повинні визначити про-

цеси, додатки, системи або активи, які розглядаються. Ключовим моментом є розуміння факту, що в цьому випадку розгляду підлягають лише ті системи/активи, які є критичними для забезпечення неперервності функціонування системи захисту інформації (СЗІ) в КМЗ.

Етап 2. Ідентифікація загроз. Команда з управління ризиками ІБ визначає загрози як небажані події, які можуть вплинути на роботу СЗІ в КМЗ.

Етап 3. Визначення ймовірності виникнення. Після того, як список загроз визначено і команда з управління ризиками погодила його, необхідно з'ясувати, наскільки ймовірно виникнення конкретних загроз.

Етап 4. Визначення впливу від реалізації загрози. Після того, як встановлено ймовірність виникнення загрози, необхідно визначити вплив, який спричинить її реалізація.

Етап 5. Оброблення ризиків ІБ та вибір рекомендованих контролів. Після того, як рівень ризику визначено, команда з управління ризиками визначає способи, які могли б усунути ризик або принаймні знизити його до прийнятного рівня, та вибирає відповідні контролі або заходи захисту.

Етап 6. Документація. Після завершення аналізу ризиків результати повинні бути задокументовані в стандартному форматі й у звіті, призначеному для власника активів. У звіті з аналізу ризиків повинна міститись систематична та аналітична оцінка ризиків, так, щоб вище керівництво оцінило ризики ІБ і виділило необхідні ресурси для зниження ризику до прийнятного рівня.

Запропонована багаторівнева організація дозволяє з більшою точністю моделювати роботу інформаційної системи, використовувати нечіткі оцінки експертів для звуження та мінімізації характеру загроз в КМЗ організації, і таким чином поліпшити ефективність системи захисту інформації в організації.

## **Література.**

1. Корченко А.Г. Построение систем защиты информации на нечетких множествах. Теория и практические решения / А.Г. Корченко - К.: «МК-Пресс», 2006 - 320 с.
2. Information technology – Security techniques – Information security management systems - Requirements: ISO/IEC 27001:2005. - [Чинний від 15-10-2005]. - Женева: [б.в.], 2005. - 42 с. - (Міжнародні стандарти ISO/IEC).
3. Борисов В.В. Нечеткие модели и сети / В.В. Борисов, В.В. Круглов, А.С. Федулов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 284 с.

4. Рыжов А.П. Элементы теории нечетких множеств и измерения нечеткости / Рыжов А.П. – М.: Диалог-МГУ, 1998. – 242 с.

UDC 004.65: 004.925.8

## **ANALYSIS OF METHODS FOR CONVERTING SPATIAL OBJECTS TO THE REGULAR-CELLULAR REPRESENTATION USING POSTGIS**

Iryna Balchenko

*Chernihiv National University of Technology, Ukraine*

In a number of research problems, the modeling of the distribution of spatial and attributive parameters of spatial objects using the regular cell method is used. This method is a set of spatial operations, in the course of which the territory is divided into regular cells of a strictly established size and the statistical values of the spatial or attribute data of the objects in these cells are calculated. A regular cell is a two-dimensional spatial object, an element of the division of the earth's surface by lines of a regular grid, and the entire object (the investigated territory) is mapped into spatial cells forming a regular grid [1].

In this study, an spatial object is understood as a multipolygon, and each regular cell is represented by a polygon in the form of a square with dimensions of 80 km, 10 km, 1 km, 500 m and 100 m. As a means of implementation was selected PostGIS as a spatial database extender for PostgreSQL object-relational database. PostGIS is licensed under the GNU GPL and operated as a Free Software Project [2]. It adds support for geographic objects allowing location queries to be run in SQL.

Three methods of solving this problem were investigated.

a) Usual method.

- 1) Calculate the spatial extent of the source multipolygon (figure 1-1).
- 2) Generate each mesh by the spatial extent and needed mesh size (figure 1-2, all blue and grey meshes).
- 3) Check of intersecting of each mesh with source multipolygon (figure 1-2, only grey meshes).

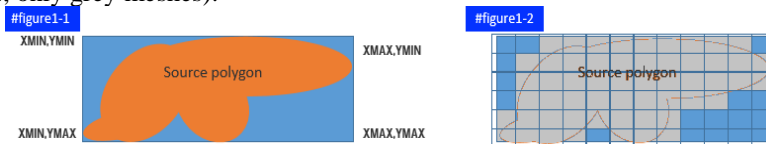


Figure 1 – Illustration of a usual procedure of polygon's division

By the usual procedure above, the number of the spatial search will increase as the spatial extents gets bigger. Thus it would take a long process time when the polygon is enormous or separated.

b) Usual method with using spatial index in the temporary table.

Using PostGIS effectively requires knowing what spatial functions are available, and ensuring that appropriate indexes are in place to provide good performance [3]. So, for increasing of performance was needed using spatial indexes in temporary table with mesh grid. The next steps are proposed.

- 1) Calculate the spatial extent of the source multipolygon.
- 2) Generate all meshes in the certain area and put it into temporary table and creating spatial index.
- 3) Check of intersecting of all meshes with source multipolygon using spatial search.

This method using standard spatial operations that are provided by PostGIS. In most cases this method has good result by time of executing. There is one case when this method has problem. This is when border of mesh touches to border of source multipolygon. In this case we need to exclude this mesh from result. For that needed use other special spatial operations of PostGIS, that not use spatial index. Wherein the run time is greatly increased. To solve this problem, the following method is proposed.

c) Optimization method

For example, one wants to create a 500m mesh polygon for a certain source polygon. So, needed spatial search by 1km mesh (red gridline), not from 500m (figure 2-1). It could be figured out that:

- source polygon contains ALL 1km mesh A1 & A2;
- source polygon does not intersect with 1km mesh B1 & B2 at all.

Next, spatial search by 500m. A1&A2 has been figured that A1 &A2 area contained by the source polygon so no spatial search is needed, it only has to be divided into 500m. Also B1 & B2 has no source polygon inside so they could skip the spatial search by 500m mesh.

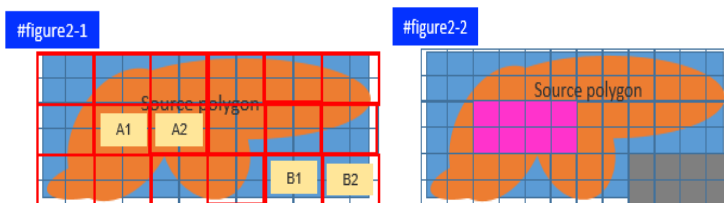


Figure 2 – Illustration of an optimization method of polygon's division

If the more the source polygon gets bigger, the more 1km mesh polygons will be contained in the source polygon and lessen the spatial search process.

But, if the source polygon was huge (such as a whole continent polygon data), apparently 1km will be too small to start so it should be started from 80km (refer the example #figure3-1). This source polygon exceeds 80km in latitude or longitude direction so start the spatial search from 80km. In this process there were no contained mesh or intersected mesh. Next, spatial search by 10km(#figure3-2). Few meshes were contained in the source polygon or didn't intersect at all. Next, 1km. This time only process meshes that are not pink or grey mesh in the figure. 500m mesh process as well.

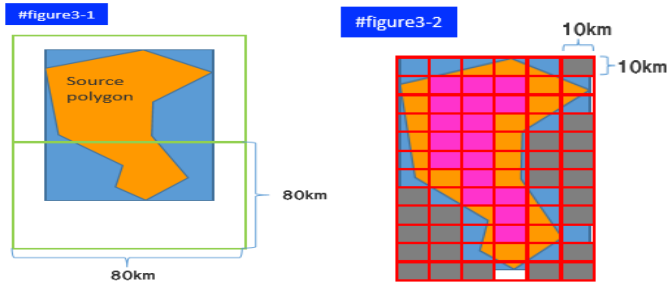


Figure 3 – Illustration of an optimization method of polygon's division for large size

For testing of all methods two polygons was chosen. First polygon had spatial extend 24 km and had a right form. Second polygon had spatial extend 209 km and was elongated and separated. In figure 4 results of tests are presented. In figure 5 results of testing methods with excluding touché meshes with source polygon are presented.

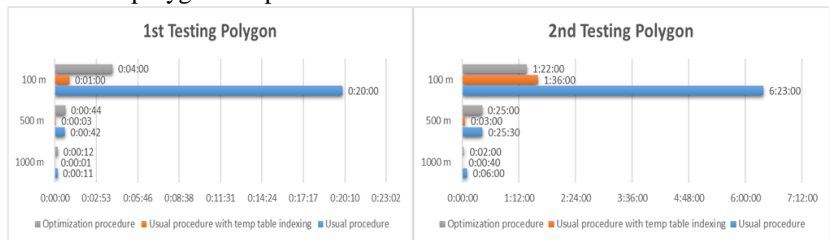


Figure 4 – Results of testing methods for two different polygons

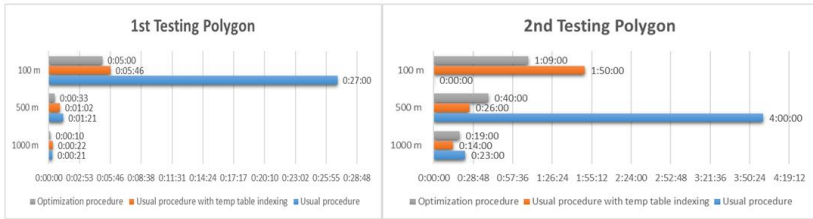


Figure 5 – Results of testing methods with excluding touché meshes with source polygon

This analysis showed:

- using of second method are provide the best result for not elongated and not separated multipolygons with standard operation of intersection search;
- using of third method are provide the best result for elongated and separated multipolygons with special operation of intersection search (without touché).

Further development goal is to create a method with a combined using of the second and third methods.

## Literature

1. Бурачек В.Г. Геоінформаційний аналіз просторових даних: монографія / В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, В. І. Зацерковний. – Ніжин: ТОВ “Видавництво “Аспект-Поліграф”, 2011. – 440с.
2. PostGIS OSGEO Project [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.postgis.org>. – Назва з екрану.
3. PostGIS in Action. 2<sup>nd</sup> edition / Regina O. Obe, Leo S. Hsu. – Shelter Island: Manning, 2015. – 600 p.

УДК 004.932.4

## РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ К-СЕРЕДНІХ

О.Е. Житник

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

На сьогоднішній день сегментація цифрових знімків є однією з основних та найбільш тривіальних задач для проведення аналізу зображень за допомогою комп’ютерних засобів. Вона застосовується для полегшення сприйняття візуальної інформації, що закладена у зображенні. Передусім це пов’язано з забезпеченням більш легкого проведення подальшого комп’ютерного аналізу представлених зображень.

Суть сегментації полягає в тому, щоб виокремити спільні за певними характеристиками пікселі цифрового зображення та об'єднати їх в окремі об'єкти – так звані сегменти. Таким чином, внаслідок проведення процесу сегментації растрове зображення з великою кількістю різноманітних за своїми атрибутами пікселів перетворюється у спрощене зображення, що складається зазвичай з невеликої кількості груп пікселів, котрі є абсолютно ідентичними за своїми характеристиками іншим пікселям з цієї групи завдяки проведенню апроксимації пікселів під час аналізу зображень [1].

Наразі існує істотна кількість підходів для проведення процесу сегментації зображення. Серед них можна виділити такі, як метод, що базується на кластеризації, метод з використанням гістограми, метод вододілу, метод розростання областей та ін. Для проведення експерименту по реалізації сегментації зображення серед згаданих методів було обрано метод, що базується на кластеризації.

Кластеризація представляє собою розбиття за певними спільними ознаками всієї множини досліджуваних об'єктів на підмножини – кластери. В свою чергу, щоб провести процес кластерного аналізу зображень, також існує значна кількість різноманітних алгоритмів. Серед них перш за все варто згадати метод найближчого сусіда, метод  $k$ -середніх, метод нечіткої кластеризації, метод закалки та ін. Серед згаданих методів для проведення експерименту було обрано саме метод  $k$ -середніх. Пов'язано це з тим, що він являється відносно простим за своїм підходом, але водночас це позначається на точності його результатів.

Суть методу  $k$ -середніх була описана ще в 1950-х роках і полягає в тому, що спочатку потрібно обрати кількість  $k$  отриманих кластерів на виході, після чого обираються точки, що будуть центрами цих кластерів. Потім, всі розглянуті пікселі послідовно відносять до кластеру, центр якого є найближчим до них, і проводять розрахунки нових центрів кластерів. Все відбувається до тих пір, поки під час виконання алгоритму не трапляється жодних переходів пікселів між кластерами чи поки середньоквадратична помилка не стане меншою за задану точність [2].

Результати проведення експериментів по дослідженню здійснення процесу сегментації зображень з використанням методу  $k$ -середніх представлені на рисунку 1.

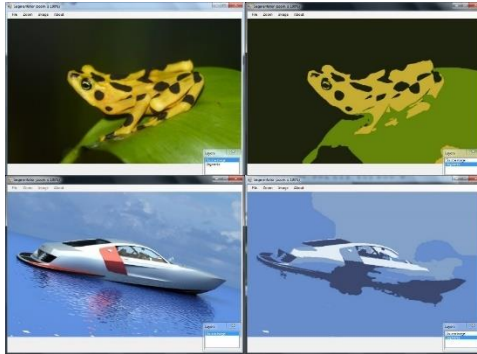


Рисунок 1 – Результат проведення сегментації зображень методом  $k$ -середніх з  $k=5$

Таким чином, можна переконатися, що, дійсно, сегментація мінімізує різноманіття пікселів до кількості, рівної  $k$ , полегшуючи при цьому подальший процес аналізу і розпізнавання образів комп'ютерними засобами. В майбутньому планується удосконалити представлений алгоритм для забезпечення більш швидкого аналізу і обробки зображень при заданні великого (десятки) значення  $k$ , отримання більш точних результатів алгоритму і побудови на його основі інформаційної технології, яка б забезпечувала високоточний аналіз ортофотопланів сільськогосподарських полів у галузі точного землеробства.

### Література

1. Фисенко В.Т. Компьютерная обработка и распознавание изображений: учебное пособие / В.Т. Фисенко, Т.Ю. Фисенко. – СПб : СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.
2. Котов А. Кластеризация данных / А. Котов, Н. Красильников. – 2006. – 16 с.

УДК 621.396.2.019.4 : 621.391.254

## МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛЕНОЇ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ У ХМАРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ OPENSTACK

В.В. Казимир, А.С. Посадська, Д.М. Сиса

*Чернігівський національний технологічний університет*

OpenStack – це вільно розповсюджувана платформа для хмарних обчислювань [1], яка забезпечує загальнодоступний та зручний доступ до



ресурсів, що налаштовуються за потребою. Одним із варіантів використання OpenStack може бути побудова на її основі розподіленої обчислювальної мережі. Наприклад, така мережа стає необхідною при використанні методології моделювання HLA - High Level Architecture [2]. HLA представляє собою сукупність методик та стандартів для побудови систем розподіленого моделювання, котрі дозволяють використовувати вже існуючі та різні за своєю суттю імітаційні моделі та системи моделювання, тим самим скорочуючи час на розробку нової системи модулювання, а також забезпечують взаємодію територіально розподілених учасників моделювання різних типів [3].

Метою дослідження є вирішення завдання по налаштуванню хмарного середовища OpenStack під реалізацію розподіленої системи імітаційного моделювання, побудованої на основі HLA.

Для вирішення цього завдання використовувався реліз хмарного середовища OpenStack – Kilo на базі операційної системи Ubuntu 14.04 та компонент середовища OpenStack Networking (Neutron). Компонент хмарного середовища Neutron відповідає за зв'язок між іншими компонентами OpenStack. API-інтерфейс компонента OpenStack базується на простій моделі абстракцій (віртуальні мережі, підмережі, порти) для опису мережевих ресурсів. Мережа являє собою ізольований сегмент рівня 2 (L2), аналогічний віртуальній локальній мережі (VLAN) для фізичної мережі. Ця мережа є первинним об'єктом для API-інтерфейсу компонента хмарного середовища Neutron. Порти та під мережі завжди призначаються певній мережі. Підмережа – це сукупність IP-адрес та асоційованих з ними конфігурацій. IP-адреси з цього пулу платформа OpenStack може призначати віртуальним машинам. Для більш гнучкого налаштування Neutron є набір плагінів з різноманітними функціями та робочими параметрами, а саме: Open vSwitch, Cisco UCS/Nexus, Linux Bridge, Nicira Network Virtualization Platform, Ryu OpenFlow Controller, NEC OpenFlow. Для конкретного налаштування адміністратор самостійно обирає той чи інший плагін.

Перед встановленням OpenStack створюється фізична мережева інфраструктура для підтримки мережевих потреб хмарного середовища. Схема проєкції HLA у хмарне середовище наведена на рисунку.

Після визначення фізичної архітектури хмарного середовища переходимо до налаштування мережі хмари а саме контролера та обчислювального вузла.

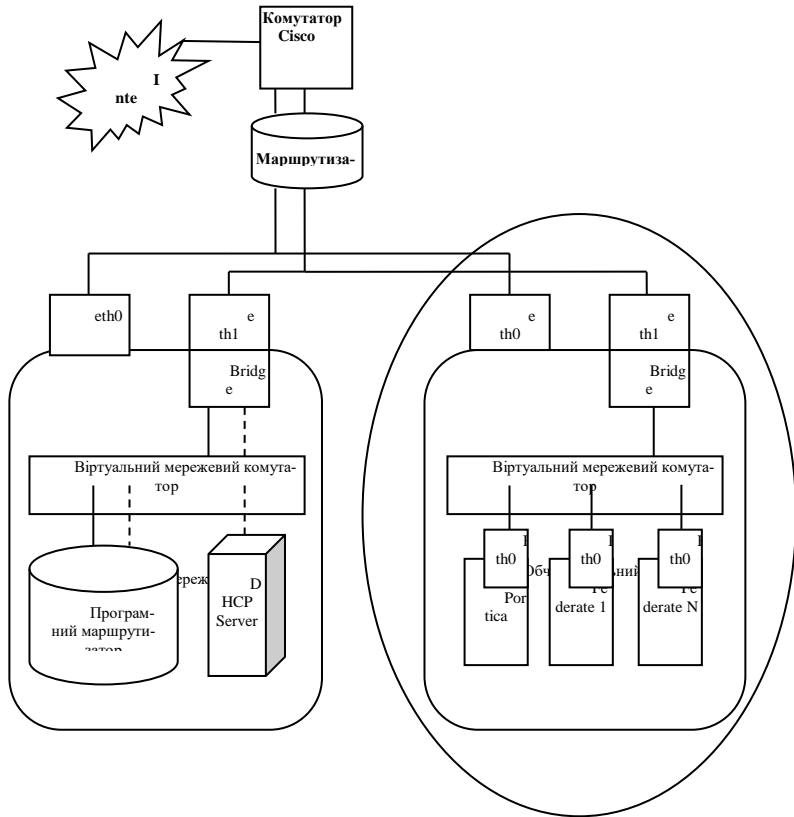


Рис. Схема проєкції HLA у хмарне середовище

Налаштування мережі включає [4]:

1. Створення шаблону-заготовки:

- зовнішньої мережі

```
# neutron subnet-create ext-net <IP address1> --name ext-subnet \
--allocation-pool start=<IP address2>,end=<IP address3> --disable-dhcp --
gateway <IP address4>;
```

зовнішні адреси для хмари будуть видаватись в діапазоні .101-200.

- внутрішньої віртуальної мережі

```
# neutron subnet-create ext-net <IP address1> --name ext-subnet \
```

2. Створення віртуального маршрутизатору, призначення йому інтерфейсу subnet та приєднання його до зовнішньої мережі:

```
# neutron router-create demo-router
# neutron router-interface-add demo-router demo-subnet
# neutron router-gateway-set demo-router ext-net
```

В результаті проведеного дослідження було створено мережеву структуру хмарного середовища OpenStack для подальшої проєкції у хмару розподіленої системи імітаційного моделювання HLA та проведено налаштування мережевих інтерфейсів контролера та обчислювального вузла з подальшим тестуванням їх працездатності. Хмарна реалізація HLA дозволила зменшити час проведення модельних експериментів за рахунок використання розподіленої обчислювальної мережі.

### Література

1. OpenStack. Руководство администратора. (Электронный ресурс) - <http://onreader.mdl.ru/openstack-ops/openstack-ops-manual.pdf>.
2. IEEE 1516.2-2010 Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA) – Object Model Template (OMT) Specification [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=5557729>.
3. Казимир В.В. Розподілене моделювання в EMS на основі архітектури HLA / В.В. Казимир, Г.А. Сіра // Математичні машини і системи, Київ – 2011. – №4. – С. 125-135. – ISSN 1028-9763.
4. Андрей Маркелов. OpenStack. Практическое знакомство с облачной операционной системой. = 2017. – 268 стр. ISBN 78-5-97060-520-2.

УДК 004.054

## НЕПРОТИВОРЕЧИВОСТЬ И СОГЛАСОВАННОСТЬ ВНУТРИ МОДЕЛИ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

И.В.Богдан

*Черниговский национальный технологический университет, Украина*

Модель любого объектно-ориентированного программного обеспечения представляет собой множество UML-диаграмм, которые еще до начала непосредственной разработки программного обеспечения подлежат верификации. На данный момент существует множество различных методов верификации моделей объектно-ориентированных программ. Однако, практически все из них позволяют выполнить верификацию исключительно отдельных диаграмм, не проверяя при этом всю модель в целом на непротиворечивость ее составляющих. Таким обра-

зом, актуальной является задача проверки на непротиворечивость и согласованность всех UML-диаграмм, входящих в состав создаваемого объектно-ориентированного программного обеспечения.

Первым при создании модели объектно-ориентированного программного обеспечения выполняется построение диаграммы вариантов использования. Данная диаграмма позволяет сформулировать общие требования к функциональному поведению создаваемого программного обеспечения. После чего путем анализа уже созданной и согласованной как внутри группы разработчиков, так и с заказчиком диаграммы вариантов использования создается одна или несколько диаграмм классов. Однако случаи использования, отображенные на диаграмме вариантов использования, не являются представлениями программного обеспечения. Они представляют требования, которым должно соответствовать программное обеспечение. В свою очередь диаграмма классов отображает различные взаимосвязи между отдельными сущностями одной и той же предметной области, а также описывает их внутреннюю структуру и типы отношений [1]. Поэтому корректность перехода от диаграммы вариантов использования к диаграмме классов проверить невозможно.

После создания одной или нескольких диаграмм классов, а также на их основе происходит построение диаграмм поведения и диаграмм взаимодействия.

Поскольку диаграмма последовательности предназначена для представления временных особенностей передачи и приема сообщений между объектами классов, описанных на диаграмме классов, то для корректного перехода от диаграммы классов к диаграмме последовательности и обеспечения их согласованности необходимо выполнение следующих условий:

в качестве сообщений на диаграмме последовательности могут быть указаны только методы и атрибуты из соответствующей диаграммы классов. Данное условие можно проверить путем использования метода протоколов [2];

на диаграмме могут присутствовать объекты только тех классов, которые указаны на диаграмме классов.

Диаграмма кооперации описывает структурный аспект поведения объектов. Существует две разновидности данной диаграммы: диаграмма кооперации уровня спецификации и диаграмма кооперации уровня примеров [3].

Поскольку диаграмма кооперации уровня спецификации относится к отдельному варианту использования и детализирует особенности его последующей реализации, то и проверка на согласованность с другими

диаграммами для нее состоит исключительно в проверке наличия на диаграмме вариантов использования такого случая использования, который описан на диаграмме кооперации.

Так как диаграмма кооперации уровня примеров представляет собой совокупность объектов классов, описанных на диаграмме классов, и связей, также описанных на диаграмме классов в качестве методов классов, то для корректного перехода от диаграммы классов к диаграмме кооперации и обеспечения их согласованности необходимо выполнение следующих условий:

в качестве связей на диаграмме кооперации уровня примеров могут быть указаны только методы и атрибуты из соответствующей диаграммы классов;

на диаграмме могут присутствовать объекты только тех классов, которые указаны на диаграмме классов.

Каждая диаграмма состояний описывает возможную последовательность состояний и переходов, которые в совокупности характеризуют поведение отдельного элемента модели в течении его жизненного цикла [4]. Для корректного перехода от диаграммы классов к диаграмме состояний необходимо выполнение таких условий:

в качестве имен действий внутри состояний на диаграмме состояний могут быть указаны только методы из соответствующей диаграммы классов;

в качестве имен атрибутов внутри состояний могут быть указаны только атрибуты из соответствующей диаграммы классов.

Диаграмма деятельности позволяет детализировать особенности алгоритмической и логической реализации выполняемых системой операций, а также имеет такую графическую нотацию, которая похожа на графическую нотацию, используемую на диаграмме состояний. Отличие заключается в семантике состояний, которые используются для представления не деятельности, а действий, и в отсутствии на переходах сигнатуры событий [4]. Каждое состояние на диаграмме деятельности соответствует выполнению некоторой элементарной операции, а переход в следующее состояние срабатывает только при завершении этой операции в предыдущем состоянии. Таким образом, для корректного перехода от диаграммы классов к диаграмме деятельности необходимо выполнение таких условий:

– в качестве имен состояний на диаграмме деятельности могут быть указаны только методы из соответствующей диаграммы классов;

– в качестве имен атрибутов внутри состояний могут быть указаны только атрибуты из соответствующей диаграммы классов.

После завершения построения всех диаграмм поведения и взаимодействия необходимо убедиться, что объекты всех присутствующих на диаграмме классов классов участвуют во взаимодействии на данных диаграммах.

Диаграмма компонентов позволяет определить архитектуру разрабатываемой системы и обеспечить согласованный переход от логического представления к конкретной реализации проекта в виде программного кода. Таким образом, данная диаграмма логически связана прежде всего с диаграммой классов и для корректного перехода от диаграммы классов к диаграмме компонентов необходимо выполнение таких условий:

в качестве имен компонентов-рабочих продуктов на диаграмме компонентов могут быть указаны исключительно имена классов и интерфейсов с соответствующей диаграммы классов;

количество компонентов-рабочих продуктов не должно превышать суммарное количество интерфейсов и классов на соответствующей диаграмме классов.

Помимо диаграммы компонентов для описания особенностей физического представления создаваемой программы используется также диаграмма развертывания. Диаграмма развертывания применяется для представления общей конфигурации и топологии распределенной программной системы и содержит распределение компонентов по отдельным узлам [4]. Таким образом, данная диаграмма логически связана прежде всего с диаграммой компонентов. Даже не смотря на то, что диаграмма развертывания является самой «демократичной» из всех диаграмм UML, так как помимо канонического представления элементов на данной диаграмме могут также присутствовать и графические примитивы, в случае, если на узлах указаны компоненты из диаграммы компонентов, их названия должны совпадать с именами компонентов на самой диаграмме компонентов.

В статье предложены условия и ограничения, проверка и выполнение которых позволит обеспечить согласованность и непротиворечивость между UML-диаграммами внутри конкретной модели объектно-ориентированного программного обеспечения.

## **Литература**

1. *Синицын С.В., Налютин Н.Ю.* Верификация программного обеспечения: Учебное пособие. - М.: Интернет-университет информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 368 с.
2. *Макгрегор Дж.* Тестирование объектно-ориентированного программного обеспечения. Практическое пособие / Дж. Макгрегор, Д. Сайкс; пер. с англ. – К.: ООО «ТИД «ДС»», 2002. – 432 с.

3. *Леоненков А.* Самоучитель UML. Эффективный инструмент моделирования информационных систем / Леоненков А. – СПб.: BHV-Санкт-Петербург, 2001. – 304 с.

*Тамре Л.* Введение в тестирование программного обеспечения / Тамре Л.; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 368 с.

УДК 517.957

## **РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ МЕРЕЖЕВИХ АТАК**

Я.Ю. Грушак

*Чернігівський Національний Технологічний Університет, Україна*

У результаті проведення системного аналізу вимог до програмного забезпечення, а саме системи виявлення мережесих атак, прийнято рішення про те, що створювана система має класифікуватися як система захисту від мережесих атак.

Таке програмне забезпечення має включати в себе функціонуючі підсистеми моніторингу вхідного та вихідного трафіку, його аналізу на основі бази даних шаблонів атак, сповіщення системного адміністратора про атаки та первинної реакції на них, а також усю необхідну методичну, проектну та технічну документацію.

Кожна підсистема, що входить до даного програмного забезпечення має включати в себе програмне забезпечення, вихідні коди програмного забезпечення, а також вичерпний набір документації, що дозволяє впроваджувати, допрацьовувати і підтримувати кожен з підсистем без участі їх розробників.

Склад програмного забезпечення, що включає в себе вищеописані підсистеми, та його опис мають приводитись у відповідній технічній документації.

На сьогоднішній день вже існують та широко використовуються програмні рішення для моніторингу трафіку на базі збору даних щодо вхідних та вихідних пакетів, для аналізу даних на основі нейронних мереж, статистичного аналізу та автоматного підходу, а також для надіслання повідомлень у відомі меседжери. Однак у контексті даного програмного забезпечення є необхідність поєднати усі описані модулі в єдину цілісну систему та допрацювати використане вже існуюче програмне забезпечення для надання йому можливості реагувати не тільки на атаки, що відомі системі з бази шаблонів атак, але й на нетипову поведінку мережі.

Ціллю створення даної системи захисту від мережових атак є створення функціонуючої системи, що здатна забезпечити реалізацію наступних можливостей:

- Збір даних щодо вхідного та вихідного трафіку у вигляді інформації про пакети (час їх прийняття/відправки, ір-адреси, порти і т.д.)
- Збір статистичних даних по трафік
- Аналіз вхідного та вихідного трафіку на предмет виявлення атаки на основі автоматного підходу
- Аналіз вхідного та вихідного трафіку на предмет виявлення атаки на основі нейронних мереж
- Аналіз вхідного та вихідного трафіку на предмет виявлення атаки на основі статистичних даних
- Виявлення нетипової поведінки системи на основі аналізу вхідного та вихідного трафіку, використовуючи вищеперераховані методи
- Сповіщення системного адміністратора за допомогою сповіщення Windows, відправлення листа на електронну пошту та повідомлення про атаку на широкий спектр меседжерів (Телеграм, Вконтакті), а також реалізації можливостей телефонної мережі, а саме відправлення смс
- Реалізація первинного захисту від атак шляхом впровадження контрзаходів, спрямованих на усунення вразливостей в мережі, уразливий сервіс, обмеження доступу до уразливого сервісу, підвищення рівня захищеності мережі в цілому, а також для усунення вразливостей в мережі, яка захищається.

Спираючись на функціональність проекту було виділено три основні напрямки розробки проекту, а саме: сканування мережевого трафіку, обробка та аналізування пакетів, система сповіщення адміністратора. Під час обговорення було узгоджено архітектуру зображену на Рисунку 1.

Згідно даної архітектури було виокремлено три модулі розробки: сенсорний, модуль-аналізатор та модуль реакції.

Сенсорний модуль відповідає за неперервне сканування обраного мережевого адептера та здійснює запис дамп-файлу.

Модуль-аналізатор здійснює аналіз записаного дамп-файлу чи переданої напряду інформації шляхом аналізування пакетів даних та розставляє пріоритет загрози. На основі встановлених пріоритетів виконується попередній захист системи.

Модуль реакції відповідає за своєчасне сповіщення мережевого адміністратора різноманітними способами: смс на телефон, повідомлення в соціальних мережах.



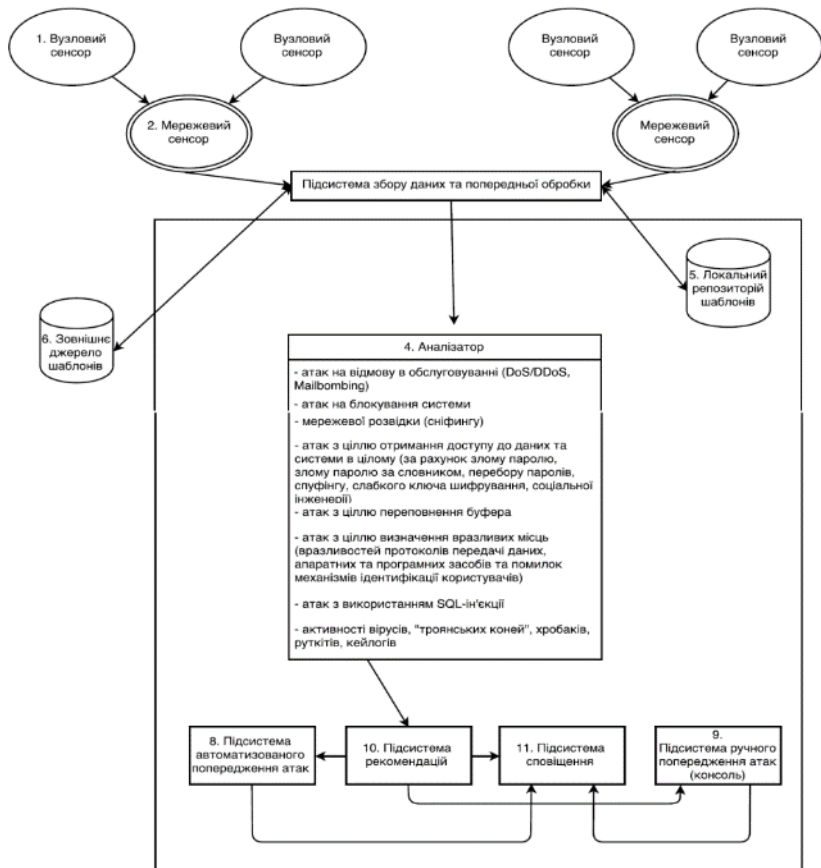


Рисунок 1 – Архітектура системи

## Література

1. И. В. Котенко, М. В. Степашкин. Анализ защищенности компьютерных сетей на основе моделирования действий злоумышленников и построения графа атак//Труды института системного анализа российской академии наук. – Москва: Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление" Российской академии наук, 2007. – Р. 126-207.
2. А. А. Талалаев, И. П. Тищенко, В. П. Фраленко, В. М. Хачумов. Распределённая система защиты облачных вычислений от сетевых атак//. – Сибирь.: Вестник СибГУТИ, 2013. – Р. 46 – 62.

## **МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ СФОРМОВАНOSTI КОМПЕТЕНЦІЙ ІТ-ФАХІВЦЯ**

О.В. Трунова, М.М. Войцеховська

*Чернігівський національний технологічний університет*

Підвищення вимог до компетентності ІТ-фахівців у галузі інформаційної безпеки є закономірною реакцією представників ІТ-організацій на стрімкий розвиток нових напрямів реалізації кібернетичних загроз. Для задоволення постійно зростаючих потреб ринку праці у висококваліфікованих фахівцях в галузі інформаційної безпеки, виникає необхідність оперативно реагувати на вимоги сучасності під час здійснення освітнього процесу: формування набору професійних компетенцій протягом навчання, збереження надбань та подальшого підвищення професійного рівня. Оскільки вимоги працедавців нероздільно пов'язані з реагуванням на реальну ситуацію, що склалася в умовах глобального розповсюдження інформаційних технологій, то гостро стає проблема виявлення та формування набору необхідних компетенцій та подальшого визначення їх рівня впродовж та по завершенні навчання майбутніх працівників, при здійсненні трудової діяльності та кар'єрного розвитку.

Якщо раніше питання інформаційної безпеки розглядалося лише на державному рівні в якості одного з аспектів забезпечення стану захищеності національного інформаційного простору, здійснення захисту державної та військової таємниць, а також конфіденційних інформаційних ресурсів, то подальший розвиток суспільства поширив сферу впливу інформаційної безпеки на організаційний, а далі особистий рівні, висвітив критичну нестачу навіть елементарних знань і заходів з ІБ [1].

Визначившись з набором ІБ-компетенцій, які закладають фундамент для подальшої успішної професійної діяльності випускника в якості ІТ-спеціаліста, можна сформувати модель компетенцій (рисунок 1), що дозволить визначити рівень та повноту професійної компетентності майбутнього фахівця [2]. При її розробці відзначимо, що поряд із суто професійними компетенціями, важливу роль відіграють особисті якості здобувача, а також його здатність органічно доповнити команду або колектив, розуміння та прийняття політик організації, її корпоративної культури.

Використовуючи модель визначення рівня компетентності ІТ-фахівця (в нашому випадку нас цікавлять відсутні або недостатньо сформовані ЗУН в галузі ІБ), можливо визначити набір професійних

і/або соціальних компетенцій, які не охоплені взагалі або недостатньо відображені освітніми стандартами.

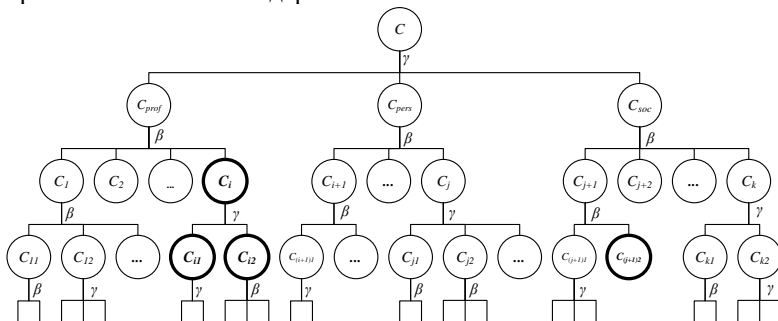


Рисунок 1 – Модель визначення рівня сформованості компетенцій ІТ-фахівця

При корегуванні навчальних програм слід враховувати взаємозв'язки та взаємозалежності компетенцій. При встановленні зв'язків між компетенціями (субкомпетенціями), скористаємося аксіоматичним апаратом логіки антонімів [3], а саме:

–  $\beta$  – «слабкий» зв'язок – диз'юнкція (1)

$$H(C_1\beta C_2) = \rho_1 H(C_1) + \rho_2 H(C_2) \quad (1)$$

–  $\gamma$  – «сильний» зв'язок – кон'юнкція (2)

$$H(C_1\gamma C_2) = -\log_2 \left[ 1 - (1 - 2^{-\rho_1 H(\alpha C_1)} - \rho_2 H(\alpha C_2)) \right]. \quad (2)$$

На основі аналізу моделі можуть бути виявлені групи знань, умінь та досвіду можуть бути ефективно засвоєні лише після успішного завершення попереднього курсу. При цьому деякі компетенції можуть бути засвоєні в одному курсі.

Корегування компетентнісного набору можуть здійснюватися за рахунок за участі в реальних проектах, де студенти отримують досвід реалізації набутих раніше теоретичних знань на практиці, а також вчать працювати в команді, що сформована з однолітків та досвідчених професіоналів.

## Література

1. Сташевський, З.П. Управління освітнім проектом підготовки фахівця з інформаційної безпеки на основі моделей компетенцій / З.П. Сташевський, Ю.І. Грицюк // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. – 2013. – № 8. – С. 87-95. – [Електронний ресурс].

– Режим доступу: [http://www.ldubgd.edu.ua/sites/default/files/files/15\\_5.pdf](http://www.ldubgd.edu.ua/sites/default/files/files/15_5.pdf)

2. Трунова, О.В. Використання логіки антонімів при оцінці стану культури інформаційної безпеки організації / О.В. Трунова, М.М. Войцеховська // «Проблеми зняття з експлуатації об'єктів ядерної енергетики та відновлення навколишнього середовища» INUDECО 2017: матеріали другої міжнародної конференції, м. Славутич, 25-27 квітня 2017.

3. 1. Фальков, Д.С. О разработке лингвистического подхода на базе логики антонимов. Сравнение с лингвистическим подходом, лежащим в основе нечеткой логики Заде : Сб. докладов. // SCM'99, Т.1. С.Петербург, 1999. С. 202-205. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inftech.webservis.ru/it/conference/scm/1999/session4/falkov.html>

UDK 517.957

### **CELLULAR AUTOMATA 'GAME OF LIFE' WITH NON-REGULAR NEIGHBORS**

Lois Facchetti\*, Alexander Makarenko\*\*

*\*Mines Nancy – ADTEM, France*

*\*\*Institute for Applied System Analysis at NTUU (KPI, Ukraine)*

Introduction. Cellular automata (CA) since past century were one of the very important fields in theoretical computer science. Also cellular automata have many very important applications, for example, in physics, in crowds movement modeling, in pattern recognition, in brain investigations, in quantum mechanics, in computation theory.

Usually all investigations focused around the most know CA – the game 'Life' by J. Conway, or some their modification, for example with probability accounting in the rules. But recently as in the theory as in the practice more essential improvement in CA arise: decline from absolute homogeneities in rules for all cells, from using of fixed similar neighbors for all cells. Presumable introduction non-homogeneity follows for unknown changes in CA behavior. It posed the problems of understanding qualitative and quantitative influence of non-regularity of neighbors on CA properties.

So in given paper we propose the description of some our investigation of such problem with as we the new types of neighbors. We describe the results of our computer investigations of CA with 'game of 'Life' models, but with different rules and neighbors on the cellular space, which have different shapes and different distribution in the space. We give results of experiments and discussed some correlations in behavior with parameters of non-homogeneities.

Study of Cellular Automata with inhomogeneous neighborhood and non-classical rules

**Problem.** We report a series of numerical experiments carried out on 2D cellular automata. We studied the behavior of cellular automata with different activation rules and with different inhomogeneous neighborhood. Rules implemented are inspired from classical rules of Conway's Game of Life. Neighborhood is a random function which takes in account user-set features. This series of experiments is not an exhaustive study of the whole problem. It intended to draw conclusion in a voluntarily constrained framework to obtain readable results.

**General Model.** In this section, we present the global model adopted for the simulation of the cellular automata. Each experiment has its own parameters and programming specificities. We won't present any of these specific sets. Instead, we introduce the general iteration process of the cellular automata.

**Updating rules. Game of Life, classical rules.** We present the Conway's Game of Life classical rules. At each time step, a cell can be in one of the two states 'dead' or 'alive'. Each cell evolves according to its own state and to its neighbor's states. Here is the rule to update a cell:

1. an 'alive' cell at time  $t-1$  remains alive at time  $t$  if 2 or 3 of its neighbors are also alive. Otherwise, it becomes 'dead' at time  $t$ .
2. a 'dead' cell at time  $t-1$  becomes alive at time  $t$  if 3 of its neighbors are alive. Otherwise, it remains 'dead' at time  $t$ .

In our model, a cell is represented by a Boolean value equal to 1 if the cell is alive and 0 if the cell is dead. Hence, the rule can be rewritten as a function of the sum of its neighbor's states.

**Neighborhood.** To build the neighborhood, we made an analogy with graph theory. The neighborhood of our model is inhomogeneous, directed, and constant over time. Initially, we attribute two parameters to the neighborhood of the grid:

- the number of neighbor's  $n$  of each cell.
- the radius  $r$  of the neighborhood, which can be seen as the integer value of the neighborhood scope. If we consider the cell at coordinate  $(i,j)$ , another cell  $(k,l)$  can be in its neighborhood if :  $r \leq \max(|i-k|, |j-l|)$ .

At initialization step, each cell is given  $n$  neighbors among the  $(2r+1)^2-1$  cells which subscribe the  $r$  radius condition. The choice of the cells is uniformly random. We also impose that cell cannot be their own neighbors.

At updating time  $t-1 \rightarrow t$ , each cell computes **NS (t-1)** – the sum of its neighbor's value – and evolves in accordance with this value, and with its own state.

Border conditions. The border conditions are 2D periodic, in other words our 2D cellular automata is a manifold of a 3D torus.

Initial distribution of life. At initial time step, every cell is given a fifty percents probability to be alive. Other cells are dead.

Numerical experiments. In this paper, we present the results of the series of experiments we conducted. The general aim was to study the overall evolution of the cellular automata. Hence, we used some global representation plot: evolution of the cellular automata over time, life rate of the cellular automata over time, average time steps to reach cyclic state in function of space.

For all the numerical experiments, we used Matlab software to simulate the cellular automata. The maximal duration – number of time steps simulated – of cellular automata was 5000. This is a convenient value in term of computation time. We used a grid of 30x30 cells.

Here, we present the average number of time steps required to reach a global cycle in function of the size of the grid. A global cycle is defined as a cycle in the temporal evolution of the whole grid. Here, this simulation indicates that we modeled cellular automata from size 3x3 to size 35x35, and we did this three times ("nbValues3" in the title of the graph). Then we averaged them for each size. For instance, the 30x30 grid reached a global cycle after 600 time steps in average. This preliminary experiment was useful to test whether the 30x30 size chosen was enough to enable the cellular automata to converge in a global cycle within less than 5000 time steps.

Life rate over time in function of number of neighbors. In these first simulations, the aim was to detect particular compartments of the cellular automata in function of the number of neighbors we set. All the simulations consider the classical Conway's Game of Life rule – which we named (1, 4, 2, 4) in our model.

As displayed on many different graphs, most cellular automata converge within a number of time steps inferior to 1000. What's more, when the number of neighbors decreases the number of time steps necessary to reach a global cyclic state decreases. Besides, the final rate of alive cells also seems to decrease with the number of neighbors.

This last point can be must be due to the sum of the neighbors' states  $NS(t)$  which drives the rule and which is lower when diminishing the number of neighbors. Hence, the condition  $1 < NS(t) < 4$  which enables a cell to remain alive and the condition  $2 < NS(t) < 4$  which enables a cell to get alive back is statistically harder to reach. Hence this fall of the life values over time.

Average timesteps to reach cycle in function of number of neighbors. In order to draw more accurate figures on cellular automata – especially regarding the number of timestamps needed to reach a global cycle – we conducted other simulations.

In the following simulation, we once again used the classical (1, 4, 2, 4) Conway's Game of Life Rule. The goal of the simulation was to study the average number of time steps before reaching a global cycle in function of the number of neighbors, going from 2 to 8. For each number of neighbors, we computed 41 different cellular automata and averaged their number of time steps required to reach a global cycle:

The calculations shows a very clear break for the critical value 8 of classical Game of Life rule. For value from 2 to 7, the average number of time steps looks like an increasing linear function of the number of neighbors. Note that it was worthless simulating the case with one neighbor since, following the Gale of Life rule, every cell would have died within the first simulated time step.

Determination of Game of Life-like rule with different neighborhood. Some previous graph pointed out the limit of the study we conducted: the radius and the number of neighbors of each cell are closely linked to the classical Game of Life rule. Hence, changing one of these two parameters leads to sharply different behaviors. This emphasizes the link between neighborhood and rule in cellular automata behavior. This last experiment is a short empirical study aiming at determining some Game of Life-like rules which lead to Game of Life-like behaviors.

The cellular automata found with this rule enable a certain kind of life. The emergence of such life pattern is not trivial and most rules generated randomly do not enable finding such shapes. Most of the time they converge to a dead state. This last experiment is an attempt to highlight the link between the neighborhood and the rules implemented in the evolution of life in such systems.

Conclusion. In this paper we represent the study of 2D cellular automata with inhomogeneous neighborhood and with new types of rules, inspired from classical Game of Life cellular automata. We built a model for the neighborhood, making analogies with network science through graph theory. We also defined a new model for the rules, and explained how we could transpose this model for Game of Life classical rule, and how we could derive new rules from this classical rule. Then, we simulated some cellular automata with classical Game of Life rule. We found some interesting self organizing pattern.

## References

1. *Makarenko A.* Cellular Automata with anticipation: Some new Research Problems // Int. Journal of Computing Anticipatory Systems (Belgium). — 2008. — 20. P. 230 – 242.

*Goldengorin B., Makarenko A., Smilianec N.* Some applications and prospects of cellular automata in traffic problems Cellular Automata, Proceed. Int. Conf. ACRI'06, LNCS 4173, Springer, 2006. — P. 532–537

УДК 004.272.2:004.75

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПОБУДОВИ ВІРТУАЛЬНОГО ОТОЧЕННЯ ДЛЯ ГРІД-ЗАСТОСУВАНЬ**

Казимир В.В., Пріла О.А., Крищенко М.С.

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

Грід є формою розподілених обчислень, в якому багато комп'ютерів об'єднані в один потужний віртуальний комп'ютер, і які працюють разом для виконання трудомістких завдань. Одна особливість розподілених грид систем це те що вони можуть бути сформовані з обчислювальних ресурсів, які належать до декількох організацій. Це може полегшити комерційні транзакції або збірку волонтерських обчислювальних мереж [1]. Однак є ряд проблем при використанні грид-ресурсів:

- складність адміністрування обчислювальних ресурсів грид-середовища;
- проблема підтримки розгортання на грид ресурсах ліцензійного програмного забезпечення (ПЗ);
- специфічні програмні забезпечення працюють тільки під конкретні операційні системи(ОС);

Сучасним проміжним програмним забезпеченням грид не надається можливість автоматизованого налаштування оточення для виконання завдань. Під оточенням розуміють вимоги до програмного забезпечення, що має бути встановлене на кластері для виконання завдань.

Метою цієї роботи є моделювання процесу побудови віртуального оточення для грид-застосувань, котра в свою чергу допоможе розробити систему автоматизації налаштування оточення кластерів для виконання завдань в грид-середовищі, що дозволить вирішити проблеми використання ліцензованих програм, а також сумісності ОС з різними версіями специфічних програмних забезпечень.

Використання технології віртуалізації [2] дозволить сформувати віртуальний образ(VI) з налаштуваннями і використовувати його при запуску, і виконання обчислювальних задач на грид-ресурсів, що також є рішенням проблеми використання ліцензованого ПЗ при вирішенні завдань в грид-середовищі.



На рисунку 1 представлено процес побудови віртуального оточення для ґрід-застосунків, який буде інтегровано в фреймворк для створення ґрід-додатків з підтримкою сучасного проміжного ПЗ ґрід [3].

Механізм реалізації процесу розгортання на віддалених обчислювальних ресурсів реалізується з допомогою програмної платформи Docker [4].

Подібно віртуальній машині докер запускає свої процеси у власній, заздалегідь налаштованій операційній системі. Але при цьому всі процеси Docker-а працюють на фізичному host сервері, ділячи всі процесори і всю доступну пам'ять з усіма іншими процесами, запущеними в host системі. Підхід, використовуваний Docker-ом знаходиться посередині між запуском всього на фізичному сервері і повної віртуалізації, пропонованої віртуальними машинами. Цей підхід називається контейнеризацією.

Під час виконання ґрід задачі, на основі вибраного VI, у docker контейнері створюється віддалена ОС з потрібними для користувачеві налаштуваннями та додатками. Самі же результати виконання задачі будуть автоматично завантажені на розрахунковий пристрій користувача. Grid-service developer має RDP [5] доступ до віддаленої ОС для розробки grid-service-ів. Під grid-service розуміється сценарій автоматизованого виконання задачі всередині ОС docker контейнера.

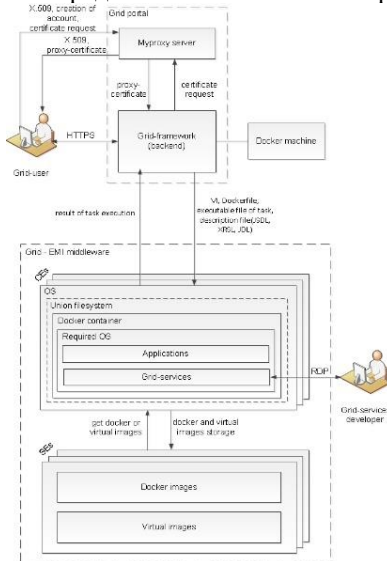


Рисунок 1 – Процес побудови віртуального оточення для ґрід-застосунків

Для оцінки ефективності підходу було проведено ряд експериментів на базі комплексу імітаційних моделей, які показали, що тимчасові витрати на розгортання VI під час запуску завдання не перевищують 5% у разі наявності заздалегідь визначеного образу на віддаленому обчислювальному ресурсі. Витрати на пересилку VI можуть бути компенсовані за допомогою розробки схеми реплікації сховищ віртуальних образів, а також алгоритму планування в грид-середовищі з урахуванням використання коштів віртуалізації [6]. Моделювання алгоритмів планування виконання задачі в грид з використанням віртуального оточення та розміщення віртуальних образів на грид ресурсах знаходяться в стадії розробки на базі програмного інструменту GridSim[7].

Запропонований підхід, для грид ресурсів і послуг забезпечує доступність за рахунок використання технології віртуалізації. Пропоноване рішення дозволяє грид користувачам налаштувати необхідне середовище для вирішення різних типів обчислювальних задач.

## Література

1. Grid як четвертий етап розвитку інформатизації [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://grid.kpi.ua/index.php/uk/what-is-grid/2-grid-yak-chetvertii-etap-rozvitku-nformatizac-.html> – Заголовок з екрану.
2. Віртуалізація [Електронний ресурс]: – Режим доступу: [http://n-auditor.com.ua/uk/component/na\\_archive/26?view=material](http://n-auditor.com.ua/uk/component/na_archive/26?view=material) – Заголовок з екрану.
3. Kazymyr V. Grid workflow design and management system / Kazymyr V., Prila O., Rudyi V. // International Journal “Information Technologies & Knowledge”. – 2013 – Vol. 7, no 3. – pp. 241 – 255.
4. Docker Overview [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://docs.docker.com/engine/understanding-docker/> – Заголовок з екрану.
5. Remote Desktop Protocol [Електронний ресурс]: – Режим доступу <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa383015.aspx> – Заголовок з екрану.
6. Kazymyr V., Melnychenko D., Prila O., Kryshchenko M.. Building of the virtual environment for grid applications. // International Journal “Information Models and Analyses”, Varna, Bulgaria. – 2016 – vol. 5, no 1, pp. 37- 48.
7. Buyya R. GridSim: A Toolkit for the Modeling and Simulation of Distributed Resource Management and Scheduling for Grid Computing / R. Buyya, M. Manzur // The Journal of Concurrency and Computation: Practice and Experience (CCPE). – 2002. – vol. 14, Is. 13–15. – pp. 1179 – 1219

## КОНВЕРГЕНЦІЯ ВИМОГ УЧАСНИКІВ ПРОЕКТУ В МЕТОДОЛОГІЇ AGILE

Дорош М.С.

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

Сьогодні активне використання методологій Agile при розробці програмного забезпечення визначає нові вимоги до створення сучасних механізмів їх впровадження та розвитку. Серед основних ідей Agile є перевага особистості та взаємодії учасників проекту над процесами та інструментами. В результаті аналізу досліджень з даного питання виявляється, що розробники все ж таки більшу увагу зосереджують на технічних і організаційних питаннях впровадження та реалізації різних методологій Agile, залишаючи не досить висвітленими питання налагодження ефективної взаємодії між учасниками проекту. Адже для забезпечення принципу частоті поставки робочого програмного забезпечення, яке задовольняє вимогам зацікавлених сторін вкрай необхідні ефективні комунікації та налагодження розуміння при прийнятті рішень про можливість і доцільність подальшої співпраці.

Ефективна взаємодія може забезпечуватися процесами конвергенції вимог учасників проекту [1].

На рисунку 1 представлено місце конвергенції вимог учасників проекту на прикладі Scrum методології. В наведеній структурі виділені два типи вимог, які формуються та вносяться до початкового беклогу продукту. Це вимоги до цінностей створюваного продукту та вимоги до цінностей самого проекту. При цьому саме величиною відмінності запланованих та одержаних учасниками цінностей визначається успішність реалізації кожного релізу продукту. Оскільки в цій методології власник продукту приймає активну участь у розробці продукту, то він відображається, як ззовні, так і всередині команди.

Взаємодія між власником продукту та скрам мастером так само як і між скрам мастером та розробниками відбувається з різних позицій, оскільки крім спільних цінностей, які співпадають, та утворюють ядро на якому і тримаються взаємодія, вони мають і принципово різні позиції у баченнях та стратегіях розробки програмного забезпечення. Відмінність може виявлятися у різних оцінках часу, вартості та якості виконаних робіт. Так, наприклад, при плануванні спринта скрам мастер та розробники можуть не знайти спільних рішень, щодо технології або часу розробки і поставити під загрозу реалізацію проекту. Під час огляду результатів та формування оновленого беклогу продукту основні рішення

приймають скрам мастер та власник продукту. Звичайно власник продукту хоче одержати більше за меншу вартість, а скрам мастер та розробники зацікавлені у зменшенні навантаження та збільшення плати. Досягнення точки конвергенції вимог та цінностей учасників є найголовнішою запорукою досягнення успіху проекту. Для цього необхідно визначити «поле конвергенції», яке б враховувало б допустимі відхилення у вимогах зацікавлених сторін та оцінити можливості досягнення точки конвергенції для забезпечення взаємодії.

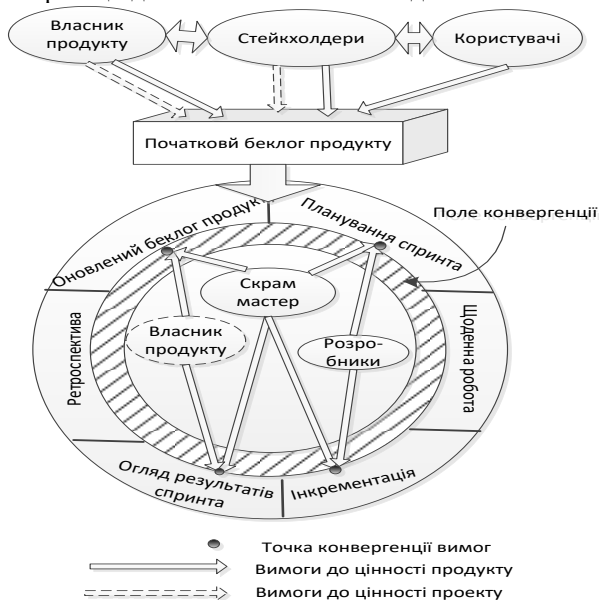


Рис.1 Конвергенція вимог учасників проекту в Scrum методології

Отже, вирішення питання забезпечення конвергенції цінностей учасників при розробці програмного забезпечення з використанням Agile методологій дозволить скоротити час на узгодження ключових рішень із максимальним врахуванням всіх вимог.

### Література

1. М. Dorosh, О. Trunova, D. Itchenko, М. Voitsekhovska, М. Dvoieglazova. The study of participants' values convergence on the example of international scientific project on cyber security. //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2016. - № 6/3 . - Р. 4-10.

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДОКУМЕНТІВ**

О.О. Дружинін

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

Комп'ютерні інформаційні технології з використанням штучного інтелекту для виконання процесів числень переживають свій розквіт. В даний час відбувається стрімке зростання числа програмних продуктів, що використовують нові технології, а також типів задач, де їхнє застосування дає значний ефект, у тому числі й економічний. Процеси автоматичної обробки й аналізу даних, що називають Data Mining (видобуток знань) стають невід'ємною частиною концепції електронних сховищ даних і організації обчислень з використанням штучного інтелекту. Існуючий доступ користувача до сховища даних забезпечує тільки одержання відповідей на задані питання, у той час як технологія data mining дозволяє побачити ("знайти") сховані правила і закономірності в наборах даних, що користувач не може передбачити, і знання яких може сприяти збільшенню ефективності діяльності підприємства. Як відомо, людський розум не пристосований для сприйняття великих масивів різномірної інформації. Людина, як правило, не здатна уловлювати більш двох-трьох взаємозв'язків навіть у невеликих вибірках. Сучасна математична статистика, що тривалий час претендувала на роль основного інструмента аналізу даних, також не завжди підходить при розв'язанні задач з реального різноманітного життя. Вона оперує усередненими характеристиками вибірки, що часто виявляються фіктивними величинами. Тому методи математичної статистики виявляються корисними, головним чином, для перевірки заздалегідь сформульованих гіпотез.

Робота проводиться на основі звичайного договору найму, який, видно з рисунку, складається з 25 основних пунктів (розділів). Кожен розділ договору несе смислове навантаження яке і повинна зрозуміти машина, що його аналізує. Договір найму має декілька підвидів: «найм транспортного засобу» – коли предметом договору є оренда транспортного засобу, «найм земельної ділянки» – земельна ділянка, «будівля або іншої капітальної споруди» – будівля чи споруда, «прокат» – тимчасова оренда в користування, «найм житла» – де житло як предмет договору, «лізинг» – особлива форма найму, при якому майно лізингодавця залишається у його власності (на відміну від кредитування).

В залежності від підвиду договору найму можуть змінюватися пункти договору, але основні 25 – це ті пункти, що повинні бути обов'язково в кожному з них.

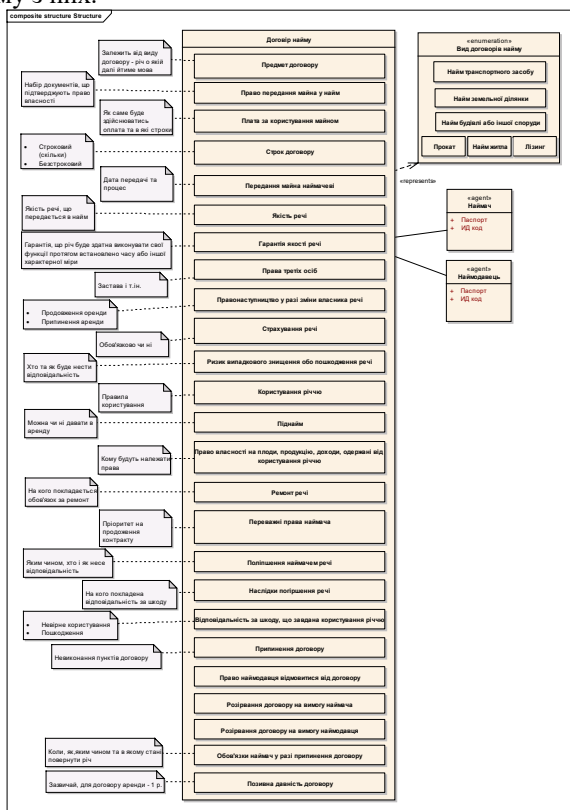


Рисунок 1.1 – Загальна структура документу договору найму

Для інтелектуального аналізу документів будемо використовувати: для навчання (вивчення закономірностей та відхилень) – нейронні мережі, для оцінки ризиків – байєсівські мережі, нечітку логіку – для узагальнення та представлення інформації у більш зрозумілому вигляді.

## Література

- Kevin B. Korb, Ann E. Nicholson Bayesian – Artificial Intelligence, Second Edition – CRC Press, 2011 P. 464.
- Mohammad Modares, Mark P. Kaminskiy, Vasily Krivtsov – Reliability Engineering and Risk Analysis: A Practical Guide, Third Edition – CRC Press, 2017 P 493.

3. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville – Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series) – Massachusetts Institute of Technology, 2011 P 767.

УДК 519.85

## ОПТИМІЗАЦІЯ КВАДРАТИЧНОЇ ФУНКЦІЇ НА МНОЖИНІ СПОЛУЧЕНЬ

А.М. Нагірна

*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ*

Не зважаючи на розповсюдженість лінійних моделей, слід зауважити, що з практичної точки зору, велика кількість процесів моделюються нелінійними моделями. Даний клас задач охоплює майже всі сфери діяльності і є значно ширшим лінійного.

Особливої уваги заслуговують моделі з квадратичною функцією цілі, яка являю собою суму лінійної і квадратичної функцій. На даний момент існують алгоритми та методи, що забезпечують досягнення екстремуму квадратичної функції, але жоден з них не враховує комбінаторну природу множини моделі. Тому виникає необхідність у дослідженні та розробці нових алгоритмів для розв'язання задач комбінаторної оптимізації з квадратичною функцією цілі.

Дана робота продовжує дослідження робіт [1-4]. В ній описується застосування нового підходу до розв'язання оптимізаційних задач з квадратичною функцією цілі на комбінаторній конфігурації сполучень.

Розглянемо задачу на множині сполучень:  
 $Z(\Phi, P(A)) : \max \{ \Phi(a) \mid a \in P(A) \}$ ,

де

$$\Phi(a) = \sum_{j=1}^n c_j x_j^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} x_i x_j \quad (1)$$

Нехай дано множину  $A' = (1, 2, \dots, n)$ . Сполучення без повторень з  $n$  елементів по  $r$  - це  $r$ -елементна підмножина множини  $A'$ .

Описаний алгоритм в [4] передбачає розв'язання двох послідовних задач для знаходження максимуму функції (1). Враховуючи, що у множині сполучень порядок запису елементів множини неістотний, то запишемо елементи в кожному сполученні у порядку зростання. Сполучення  $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_r)$ , розглядатимемо як рядок чисел  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_r$ , де  $\alpha_1 < \alpha_2 < \dots < \alpha_r$ .  $C_n^r$  - кількість усіх сполучень без повторень з  $n$  еле-

ментів по  $r$ , де  $n, r$  - додатні цілі числа, причому  $r \leq n$ . За даним сполученням можна знайти наступне відповідно до лексикографічного порядку. Тому, необхідно розв'язати тільки другу задачу, представивши кожен функцію у вигляді:

$$x_1 \leftrightarrow x_i, \quad (i = 2, \dots, n) :$$

$$x_1 \leftrightarrow x_2: f_{12} = (x_1 - x_2)(a_{12}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{n2}x_n);$$

... ..

$$x_1 \leftrightarrow x_n: f_{1n} = (x_1 - x_n)(a_{1n}x_1 + a_{2n}x_2 + \dots + a_{1n}x_n);$$

... ..

$$x_{n-1} \leftrightarrow x_n :$$

$$x_{n-1} \leftrightarrow x_n :$$

$$f_{n-1n} = (x_{n-1} - x_n)(a'_{1n-1}x_1 + a'_{2n-1}x_2 + \dots + a'_{nn-1}x_{n-1} + a'_{nn-1}x_n). \quad (3)$$

Перший опорний розв'язок:  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , при умові  $(x_1 > x_2 > \dots > x_n)$ .

Кожну точку підставляємо у праві частини функцій (3):

$$x_1 \leftrightarrow x_i, \quad (i = 2, \dots, n) :$$

$$x_1 \leftrightarrow x_2: f''_{12} = (a_{12}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{n2}x_n);$$

... ..

$$x_1 \leftrightarrow x_n: f''_{1n} = (a_{1n}x_1 + a_{2n}x_2 + \dots + a_{1n}x_n);$$

$$x_2 \leftrightarrow x_i, \quad (i = 3, \dots, n) :$$

... ..

$$x_{n-1} \leftrightarrow x_n :$$

$$x_{n-1} \leftrightarrow x_n: f''_{n-1n} = (a'_{1n-1}x_1 + a'_{2n-1}x_2 + \dots + a'_{nn-1}x_{n-1} + a'_{nn-1}x_n).$$

Здійснюємо перевірку, якщо  $f''_{12} > 0$ , то  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  буде оптимальним розв'язком, в протилежному випадку необхідно здійснити перестановку відповідних елементів точки, при якій  $f''_{12}$  буде набувати максимуму, з урахуванням  $\alpha_1 < \alpha_2 < \dots < \alpha_r$ .

Далі перевіряємо наступні функції аналогічним чином, роблячи відповідні перестановки, якщо потрібно, до тих пір, поки не буде зроблена перевірка останньої. На кожному кроці значення змінних у відповідному розв'язку або залишатимуться без змін, або мінятимуться місцями для забезпечення максимуму функції. Після перевірки останньої функції, аналогічна процедура перевірки здійснюється для всіх інших опти-



мальних розв'язків утвореної множини. Далі методом підстановки знаходимо максимум функції в кожному із розв'язків і визначаємо максимальне значення, яке набуває функція у відповідній точці.

Запропонований алгоритм дає можливість знайти оптимальний розв'язок оптимізаційної задачі на множині сполучень для забезпечення максимізації квадратичної функції цілі.

Подальші дослідження будуть направлені на розробку нових алгоритмів розв'язання оптимізаційних задач з квадратичною функцією цілі на різних комбінаторних множинах з додатковими обмеженнями.

### **Література**

1. Донець Г.П., Колечкіна Л.М. Екстремальні задачі на комбінаторних конфігураціях. – П.: РВВ ПУЕТ, 2011. – 309 с.
  2. Донець Г.А., Колечкіна Л.Н. Об одном подходе к решению комбинаторной задачи оптимизации на графах // Управляющие машины и системы. – 2009. – № 4. – С. 36–42.
  3. Донець Г. А., Колечкіна Л.Н. Метод упорядочения значений линейной функции на множестве перестановок // Кибернетика и системный анализ – 2009. – № 2. – С. 50–61.
- Донець Г.П., Нагірна А.М. Оптимізація квадратичної функції на множині перестановок // Теорія оптимальних рішень. – 2016. – № 1. – С. 11–16.

УДК 004

### **СУRADAR – СИСТЕМА ПО ІДЕНТИФІКАЦІИ І УСТРАНЕНІЮ КИБЕРАТАК. ЇЇ НАЗНАЧЕНІЕ І СПЕЦИФІКА РАЗРАБОТКИ**

Пархоменко Б., Мищенко М.

*Черниговский национальный технологический университет*

Защита информации и сети – это актуальный вопрос, который волнует сегодня не только промышленный и государственный сегмент, но и обычного пользователя. Существуют системы, которые уже предоставляют услуги по защите пользовательских сетей, но единого решения в этом вопросе не достигнуто.

Создаваемая система СуRADAR является научно-исследовательским проектом, который ставит за цель изучить виды кибератак, выделить особенности каждой из них, создать собственную классификацию и разработать пути реакции и предотвращения несанкционированных доступов. Создаваемая система должна уметь сканировать входя-

щий/исходящий трафик, анализировать его, распознавать атаки и самостоятельно их предотвращать, а также взаимодействовать с системным администратором с помощью модуля оповещения.

Система будет разворачиваться на персональном компьютере конечного пользователя, а также на межсетевых экранах демилитаризованной зоны. Таким образом будет возможно предотвратить атаки что идут из подсети и внешней сети. Разработка ведется под ОС Linux. Предположительная архитектура проектируемой системы:

- модуль сканирования;
- модуль анализа;
- модуль реакции;
- система разработанных правил.

Модуль сканирования (далее Сканер) – модуль, в задачи которого входит непрерывная работа на отслеживание входящего и исходящего трафика по всем видам протоколов, а также передача данных на модуль анализа. Для этого был написан собственный модуль на основе открытой библиотеки Pcap. На сегодняшний день наша задача — расширение спектра поддерживаемых сканером протоколов. На данный момент удалось отслеживать протоколы: ICMP, TCP, UDP, ARP.

Модуль анализа (далее Анализатор) – основной модуль, который получает данные от Сканера, обрабатывает их путем сравнения с базой разработанных правил. Именно в этом модуле кроется вся суть научно-исследовательской части проекта, так как анализ должен выполняться в реальном времени, быть быстрым и точным, а также система должна уметь самообучаться для обеспечения ее актуальности. Изначально, планировалось использование технологии нейросетей, но в связи с отсутствием необходимой вычислительной мощности на сегодняшний день эта идея остается пока только в планах. Для ее реализации нам необходимо изначально научить систему распознавать четко заданные типы атак, над чем команда сейчас и работает. В соответствии с классификацией атак мы выделили следующие типы:

- атаки, построенные на сканировании портов;
- DoS-атаки;
- атаки переполнения буфера;
- снифферинг;
- сетевая разведка.

Модуль находится в состоянии активной разработки и на сегодняшний день уже умеет распознавать атаки, направленные на SYN-сканирование портов, а также вид ip-спуфинга, когда он происходит из

подсети с заменой адреса на не занятый. Суть метода определения сканирования в том, что при нем устанавливается специальная последовательность флагов, что распознаются модулем. При этом модуль реакции блокирует доступ к заданным портам таким образом, что злоумышленник получает ответную информацию о том, что порты фильтруются или открыты, что не является действительным. Определение же ip-спуфинга происходит так, что, когда он идет в подсети, наш узел отправляет много ARP-пакетов, что остаются без ответа. Таким образом, если их становится слишком много, что может означать только одно: узел пытается узнать MAC-адрес хоста, которого нет. После нахождения последовательности таких пакетов, модуль реакции блокирует весь исходящий трафик с запрашиваемого адреса.

Модуль реакции (далее Реактор) – модуль, что принимает необходимые меры предосторожности в зависимости от типа атаки, что совершается на систему и отправляет оповещения системному администратору. На сегодняшний день система информирования сотрудника уже разрабатывается и включает в себя отправку электронного письма на почту. Разрабатываемая система будет иметь интерфейс для установок соответствующих настроек, чтобы было возможно выбрать необходимые виды оповещений.

В заключение, система CyRADAR является перспективным проектом для разработки, что сможет решать поставленные задачи в сфере кибербезопасности. Благодаря модульной разработки команда имеет возможность работать с готовыми прототипами, постепенно наращивая функциональность и расширяя возможности системы. Разработка специальных правил, что используются при анализировании трафика, является серьезной научной работой, что включает себя как теоретическую, так и практическую часть.

УДК: 004.942 : 004.75

## **МОДЕЛЬНО-ОРИЄНТОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ РОЗГОРТАННЯМ ПРИКЛАДНИХ ПРОГРАМ НА БАЗІ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ**

В.В. Казимир, В.В. Супрун

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

Парадигма хмарних обчислень отримала широке застосування за останні кілька років, її використання виявилось зручним у різних сферах. Вона дозволяє надавати якісні послуги під час змін потреб в ресур-

сах і піках навантажень. Хмарні обчислення дають змогу уникнути високої початкової інвестиції в IT-інфраструктуру, так як ресурси можуть надаватись динамічно, навіть якщо попит на послуги заздалегідь невідомий.

Однак для того, щоб отримати вигоду від використання хмарних технологій, прикладні програми повинні бути правильно побудовані. При чому, кожному окремому розробнику застосунків не потрібно реалізувати своє власне рішення щодо адаптації в хмарі, можна використовувати просту модель для визначення необхідної поведінки програми. Представлений підхід має потенціал для значної економії коштів і підвищення якості застосунків для клієнтів за рахунок використання складної інфраструктури адаптації під управлінням постачальника хмари, який може запропонувати найкращі рішення по адаптації беручи до уваги дані з безлічі різних, але схожих, клієнтів. Крім того, провайдери, що надають послуги хмарних обчислень, в результаті поліпшення адаптації зможуть більш ефективно керувати своєю інфраструктурою для зменшення використовуваних ресурсів.

Моделі вже використовуються для поліпшення розгортання прикладних програм в хмарі. Наприклад це сервіс від Amazon, що називається CloudFormation. На практиці, однак, провайдери в даний час не забезпечують механізмів для подальшого управління додатком під час виконання. Тому можна використовувати моделі, що дозволяють розробникам застосунків створювати точки керування для хмари. Цей підхід має переваги, тому що всі програми можуть отримати вигоду від механізмів управління запропонованими постачальником хмарних обчислень.

Основними частинами життєвого циклу хмарних застосунків є інфраструктура резервування, розгортання застосунків, а також контроль і адаптація під час виконання. Інфраструктура резервування передбачає створення віртуальних машин, встановлення та налаштування потрібних пакетів програмного забезпечення, і ініціалізації хмарних сервісів, таких, як балансування навантаження, екземпляри бази даних, сховища даних або кеш. Проте управління інфраструктурою резервування є громіздким і вразливим до помилок. Крім того, зазвичай не підтримується належне врядування змінами інфраструктури. Хмарний сервіс CloudFormation від Amazon надає послуги для створення шаблонів інфраструктури та використовується для створення колекцій відповідної інфраструктури ресурсів і надання їх в автоматизованому режимі. Але синхронізовані ресурси, наприклад, віртуальні машини, як і раніше повинні бути правильно налаштовані і включати в собі всі необхідні залежності застосунків, а також відповідні зв'язки між системними компонентами.

Щоб включити передбачуваний і відтворений процес, моделі розгортання використовують відповідні заздалегідь визначені конфігурації сервера. Популярні підходи для моделювання програмного забезпечення при розгортанні включають в собі інструменти управління конфігурацією (УК), такі як Chef, Puppet або cfengine. Конфігурація моделюється за допомогою конкретного виробника DSLs, використовуючи необхідні програмні пакети і бібліотеки, а також необхідні конфігураційні файли і параметри. Для підтримки програми для розгортання і всіх її компонентів УК намагатиметься принести всі керовані ресурси шляхом установки пакетів, розгортання конфігураційних файлів, і запуском затребуваних послуг.

Таким чином можливо використати модель адаптація прикладних програм. Клієнтам доступні точки адаптації і використовуючи надану модель, що може бути сформована на основі попередніх досліджень роботи прикладних програм, клієнт адаптує свою програму до хмарного середовища. Це дає клієнти можливість декларативно вказати бажану поведінку застосунку, в той час як провайдер бере на себе необхідну для управління інформацію. В результаті, процес розгортання програм спрощується за рахунок чіткого поділу адаптації можливостей та адаптація логіки. Бажана поведінка застосунку декларативно вказується в заявці адаптація моделі, вона легко може бути повторена або змінена для пристосування програми без її зміни. Ці моделі адаптації можуть бути легко повторені і використовуватися спільно з шаблон інфраструктури репозитаріїв, допомагаючи встановлювати і поширювати кращі результати адаптації для різних видів додатків.

Широка популярність хмарних обчислень в наш час показала, що клієнти довіряють авторитетним провайдерам в розміщені своїх прикладних програм, тому стратегія додавання адаптації не буде викликати проблем. А клієнти, які не хочуть щоб їх дані використовувалися для поліпшення адаптації хмарних середовищ для інші, могли б принести користь провайдеру інфраструктури, шляхом впровадження своїх застосунків в хмарі, але в свою чергу, це не дозволить оптимізувати їх адаптації за рахунок використанням даних від інших.

Крім того, додаткова інформація для провайдера хмарних обчислень дозволить оптимізувати надання ресурсів, зберегти резерви на більш низьких рівнях в порівнянні з традиційними додатками, які можуть тільки аналізувати процес власного виконання на основі власних попередніх даних. Клієнти, природно, виграють від зниження використання ресурсів, заплативши менше, в той час як провайдер отримує доступ до раніше невикористаних, але, через неефективне виділення, недоступних ресурсів. Крім того, поставлені цілі адаптації можуть бути використані

для реагування по-різному в різних умовах виконання програм. Залежно від необхідності, більш розумним для прикладної програми буде відкласти певні етапи обробки на більш пізній час, тим самим знизивши навантаження в типових періодах застосування, до масштабування шляхом додавання нових машин при зміні навантажень.

Клієнтоорієнтованість передбачає допоміжні функції для управління рішеннями по адаптації з урахуванням продуктивності додатків, якості обслуговування, а також витрат на інфраструктуру.

У той час як представлений підхід ідеально підходить для провайдерів хмарних середовищ, перехідна реалізація також може бути реалізована як частина хмари на рівні абстракції, як мета-хмара, що дозволяє використовувати керування адаптацією без явної підтримки провайдера.

### **Література**

1. Armbrust, M., Stoica, I., Zaharia, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D., and Rabkin, A. (2010). A View of Cloud Computing. *Communications of the ACM*, 53(4):50–58.
2. Chang, F., Viswanathan, R., and Wood, T. L. (2012). Placement in Clouds for Application-Level Latency Requirements.
3. In 5th IEEE International Conference on Cloud Computing (CLOUD), pages 327–335.
4. Huebscher, M. C. and McCann, J. A. (2008). A survey of autonomic computing—degrees, models, and applications. *ACM Computing Surveys*.

УДК 004:378.147

## **ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ СТРУКТУРИЗАЦІЇ КОНТЕНТУ ТА КОНТРОЛЬНИХ ТЕСТІВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО НАВЧАННЯ**

Литвинов В.В., Посадська І.С.

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

Необхідність проведення досліджень, спрямованих на вдосконалення моделей і методів представлення предметних областей навчальних курсів є результатом зростаючої популярності дистанційного та електронного навчання. На сьогодні майже всі системи автоматизованого навчання (САН) використовують в якості контенту структуровані текстово-графічні матеріали у вигляді розділів, підрозділів та пунктів навчальних посібників і методичних вказівок до виконання практичних

завдань. Така слабка структуризація навчальних курсів не дає можливості використовувати їх контент у подальших процесах навчання та контролю знань. Для вирішення завдання структуризації контенту та контрольних тестів було розроблено інформаційну технологію, функціональна схема якої зображена на рис. 1.

На першому етапі відбувається обробка природно-мовних текстів навчального курсу для виділення об'єктів та зв'язків між ними, що запропоновано робити, використовуючи підхід підкреслення іменників [1].

Розробку формалізованих фрагментів предметної області навчального курсу у вигляді UML-діаграм [2] запропоновано виконувати, використовуючи стратегії деталізації та узагальнення побудови, що базуються на застосуванні відповідних елементарних операцій [3].

Для об'єднання фрагментів предметної області запропоновано використовувати методи інтеграції, а саме – крупноблочну інтеграцію та інтеграцію в малому [3].

Аналіз якості формального опису моделі предметної області запропоновано виконувати за такими показниками якості: завершеність, коректність, мінімальність, виразність, читабельність [3]. Для отримання значень цих показників використовуються методи експертного оцінювання [4]. Для здійснення процесу оптимізації діаграм запропоновано використовувати метод аналізу ієрархій [5].

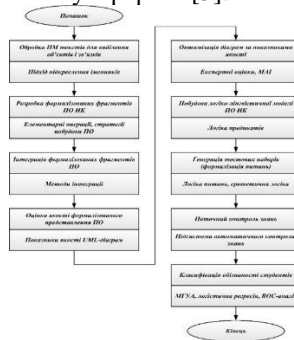


Рис. 1. Інформаційна технологія структуризації контенту та контрольних тестів

Для підвищення ефективності контролю знань САН в даному підході запропоновано використовувати представлення предметної області не тільки у вигляді UML-діаграм, а і у вигляді логічних моделей. В даній технології запропоновано спосіб конвертації UML-представлень

предметної області навчального курсу в логічні представлення, використовуючи логіку предикатів. Методам логічного представлення природно-мовних текстових документів присвячено ряд робіт, серед найбільш провідних робіт можна вважати роботи Вавіленкової А.І. [6,7], яка запропонувала використовувати для цілей порівняння текстових документів логіко-лінгвістичну модель речення, що поєднує в собі як загальні властивості тексту і його складових частин, так і взаємозв'язки між ними.

Генерацію тестових наборів для проведення контролю знань студентів запропоновано на базі формалізації питань, враховуючи їх складність. Формалізацію було розроблено на базі концепції та термінології еротетичної логіки згідно Н. Белнапу та Т. Стілу [8].

Для забезпечення більш якісного контролю знань запропоновано проводити поточний контроль знань, що базується на зборі непрямих ознак активності студентів при роботі з САНз. Для вирішення цього завдання було розроблено підсистему автоматичного контролю знань.

Завдання класифікації студентів за їх обізнаністю запропоновано вирішувати, застосовуючи існуючий інструментарій ROC-аналізу [9].

Враховуючи вище сказане, можна зробити висновок, що ефективність контролю знань студентів, а отже, і самих САН, залежить від якості проведених робіт ще на етапі проектування моделей предметних областей, направлених на формалізацію структури навчального курсу.

## **Література**

1. Литвинов, В.В. Об'єктно-орієнтоване моделювання при проектуванні вбудованих систем і систем реального часу [Текст] / В.В. Литвинов, С.В. Голуб, К.М. Григор'єв, В.Ю. Жигульська. - Черкаси: Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького, 2011.- 379 с.
2. Douglass, Bruce Powel. Real - Time UML. Second Edition. Developing Efficient Objects for Embedded Systems [Text] / Bruce Powel Douglass. - Wesley, 1999. - 238 p.
3. Литвинов, Виталий. Проектирование формализованного представления предметной области исходя из ее текстово-графического описания [Текст] / Виталий Литвинов, Ирина Посадская // Технічні науки та технології: науковий журнал / Черніг.нац.технол.ун-т. – Чернігів, 2016. - № 4(6). – С. 107-119.
4. Голенко, Д. И. Статистические методы сетевого планирования и управления [Текст] / Д.И. Голенко. - М.: Наука, 1968. 196 с.
5. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т.Саати. - М.: Радио и Связь, 1993.- 278с.



6. Вавіленкова, А.І. Логіко-лінгвістичні моделі речень як засіб порівняння текстових документів за змістом [Текст] / А.І. Вавіленкова // Математичні машини і системи. – 2012. – № 1. – С. 166 – 173.

7. Вавіленкова, А.І. Теоретичні основи аналізу електронних текстів [Текст] / А.І. Вавіленкова, Д.В. Ланде, О.Є.Литвиненко – К.: НАУ, 2014. – 250 с.

8. Белнап, Н. Логика вопросов и ответов. [Текст] / Н. Белнап, Т.Стил. - М.: Прогресс, 1981. – 290 с.

9. Паклин, Н.А. Логистическая регрессия и ROC-анализ — математический аппарат.- [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://basegroup.ru/community/articles/logistic>

УДК 621.396.21

## **ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВЗАЄМОДІЇ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ З ВІРТУАЛЬНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ**

В.В. Казимир, А.Ю. Солдатов

*Чернігівський національний технологічний університет*

Складно уявити сучасну людину без мобільного пристрою. Телефон, смартфон або інші стали для суспільства незамінними повсякденними засобами зв'язку. З появою нових мобільних пристроїв і різноманітністю платформ, на яких вони розробляються (Android, Symbian, Bada, iOS, iPhone), активно розвивається бізнес по розробці мобільних додатків різного призначення. Мобільні пристрої надають користувачеві великий спектр можливостей: запис та відображення мультимедійних файлів, перегляд та редагування документів, розважальні відео ігри та багато іншого.

Сучасні мобільні пристрої — смартфони і планшети стають все більш продуктивними і універсальними, що дозволяє обробляти великі обсяги даних. За допомогою мобільних пристроїв з'явилася можливість отримувати інформацію в будь-який зручний час і будь-яким доступним і зручним для користувача способом. З розвитком мобільних мереж 4 покоління мобільні додатки отримали нове життя. Не секрет, що у більшості людей на мобільних пристроях постійно ввімкнений мобільний інтернет, який перетворює смартфон в майже персональний комп'ютер. Таку можливість забезпечують хмарні технології, що дозволяють використовувати, обробляти і передавати дані, розташовані у віддаленому дата-центрі, незалежно від місцезнаходження користувача, і мобільні пристрої, що представляють собою зручний інструмент для доступу до інформації.

Переваги використання хмарних технологій:

- Захист інформації від втрат.
- Доступність.
- Цілодобовий доступ до інформації.
- Сумісність з будь-якою операційною системою.
- Знижується навантаження на ПК.
- Зручність роботи групою.
- Безкоштовний сервіс для роботи з документацією.
- Можливість використовувати хмарні сервера для розміщення на них сайтів та веб-програм.

З можливістю отримання безмежних обсягів інформації важко сортувати і відкидати непотрібну та негативну інформацію. Основні небезпеки з інформацією в інтернеті:

1. Доведення людей до суїциду, а також залучення в небезпечні ігри.
2. Кібершахрайство.
3. Безпека доступу в Мережу і крадіжка особистих даних технічними засобами.
4. Незаконний збір персональних даних та (або) поширення їх у відкритому доступі.
5. Перегляд сайтів для дорослих.
6. Сприяння розвитку політичних конфліктів.

Постає проблема обмеження доступу до інформації. Одним із методів обмеження інформації являється блокування сайтів з неприпустимим змістом. Однак, в наш час, разом із розвитком обмеження інформації, розвиваються і методи, які дозволяють обійти методи блокування, практично, не маючи навичок користування інтернетом. Найпопулярніші способи для обходу блокування сайтів:

- анонімайзери;
- проксі-сервера;
- розширення для браузерів;
- VPN;
- анонімні браузери;
- спеціальні режими роботи браузера;
- онлайн перекладачі;
- кеш пошукових систем.
- спеціальні комп'ютерні гаджети;
- мобільний доступ.

Таким чином, метою роботи є розробка мобільного додатку, який здатний під'єднатись до хмарних сервісів та використовувати їх сховища даних. В роботі буде проведено комплексний огляд сучасних методів обмеження інформації в інтернеті, їхній аналіз, пошук переваг та

недоліків, та на основі зібраної інформації винайдено метод, який найефективніше обмежував би інформацію в інтернеті.

### **Список літературних джерел**

1. Платонов Ю. Г. Разработка мобильных приложений для работы с корпоративными информационными системами // Проблемы информатики. — 2011. — № 3. — С. 15–32.
2. Фаулер М. Архитектура корпоративных программных приложений. М.: Вильямс, 2006.
3. Мобильность и облачные сервисы — новая парадигма развития рынка информационных технологий. Режим доступа: <http://tic-systems.ru/2012/10/mobilnost-i-oblachnye-servisy-novaya-paradigmazhiznii-gynka-informacionnykh-technologij>.
4. Работа на мобильных устройствах. Режим доступа: [http://v8.1c.ru/overview/Term\\_000000804.htm](http://v8.1c.ru/overview/Term_000000804.htm).

Копытов В. В., Шульгин А. О., Федоров С. А. Разработка архитектуры интеграционной среды кроссплатформенных мобильных приложений с корпоративной информационной системой // Международный научно-исследовательский журнал. — 2015. — № 7–1 (38). С. 51–54.

UDC 004.051

## **MINIMAL HTTP HEADER CONFIGURATION FOR HTTP TRAFFIC OPTIMIZATION**

Andrii Oleksandrovyeh Mokrzhuz  
*Chernihiv National University of Technology*

HTTP the application level protocol provides a very good scalability and can be used to transfer any type of information between a client and a server. HTTP has response/request header which can be expanded accordingly to the technical information which needs to be transferred from a client to a server. This information can be not necessary to be transferred in each request/response. We identified minimum response/request header configuration, which helps to reduce technical information overhead.

Mobile devices' hardware is relatively powerful nowadays. One board computers or even smartphones usually have four cores processors and couple gigabytes of RAM. These allow performing all kind of tasks by mobile devices. However, the battery life of a mobile device can be limiting factor which influences on performance of mobile devices. The cost of 3G or 4G networks also makes usage of mobile devices expensive, when big volume of traffic is involved

Therefore, additional traffic overhead should be avoided or decreased, when using mobile devices. The experiment was carried out to collect the HTTP requests/response and identify the difference between generic request/response HTTP header and the header with minimum configuration.

Many scientists from all over the world try to come up with different solutions to improve transmission of HTTP traffic in mobile networks. HTTP is scalable application layer protocol which allows high flexibility in terms of data transferring. HTTP is easy to use; it is supported by popular programming languages. Developers choose to use HTTP for creation of different purpose applications. Mostly HTTP is used for creation of web application and application which work in the Internet. With development of 3G and 4G networks, IoT (Internet of Things) gains its popularity, thus many devices can be communicate over the Internet. Thus, different traffic optimization methods exist.

There are many methods how performance of HTTP can be improved, for instance:

- Minimize number of HTTP redirects
- Reduce roundtrip times
- Eliminate unnecessary resources
- Cache resources on the client
- Compress assets during transfer
- Eliminate unnecessary request bytes
- Parallelize request and response processing
- Apply protocol-specific optimizations

In addition to the methods listed above, the minimal header configuration can be used for applications where HTTP protocol is used.

For HTTP request, minimal header consists of Request Line and Host. Response header can consist of only one line, which is Status-Line = HTTP-Version SP Status-Code SP Reason-Phrase CRLF.

## **Literature**

1. Sehati and M. Ghaderi, "WebPro: A proxy-based approach for low latency web browsing on mobile devices," 2015 IEEE 23rd International Symposium on Quality of Service (IWQoS), Portland, OR, 2015, pp. 319-328.
2. ICT Facts and Figures 2016. World Telecommunication/ICT Indicators database 2016 (20th Edition/December 2016). <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/wtid.aspx>.

3. Pengcheng Jiang; Fang Liu; Huan Wang; Chenyu Li, "Characterizing HTTP Traffic of Mobile Internet Services in Provincial Network," in Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC), 2014 Sixth International Conference on , vol.1, no., pp.78-81, 26-27 Aug. 2014.

4. V. Kazymyr, A. Mokrohuz "In HTTP(S) potential traffic overhead for mobile devices", International Journal "Information Theories and Applications", Vol. 23, Number 4, 2016, pp. 383-393.

УДК 004.8:681,086

## **ДВОХФАКТОРНА АУТЕНТИФІКАЦІЯ КОРИСТУВАЧА КОМП'ЮТЕРНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ ЗА ДАНИМИ КЛАВІАТУРНОГО ПОЧЕРКУ**

О.М. Гайтан, А.С. Кікоць

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Україна*

Одне з пріоритетних завдань на шляху підвищення якості освіти – використання сучасних та ефективних методів та засобів подання та контролю знань, до яких належать комп'ютерні системи навчання. Ключове питання у цій сфері – ідентифікація особи, яка навчається, забезпечення самостійності проходження студентом навчання або тестування (неможливість використання іншої людини, наприклад, більш підготовленого студента). При використанні системи в комп'ютерних лабораторіях студенти перебувають під контролем викладача, але орієнтація освіти на дистанційне навчання вносить свої корективи.

Мета роботи – аналіз та порівняння методів аутентифікації користувача, дослідження особливостей клавіатурного почерку людини, побудова модуля аутентифікації комп'ютерної навчальної програми.

### **1. Методи аутентифікації студентів**

Аутентифікація студентів може бути здійснена такими методами:

а) використання традиційного парольного механізму, коли кожний студент отримує логін і пароль для входу на сервер з навчальними матеріалами та засобами навчання. Даний метод є найбільш простим та розповсюдженим, але дає можливість фальсифікації, достатньо іншій людині знати комбінацію логіну та паролю.

б) використання захисту за допомогою IP-адреси або MAC-адреси комп'ютера, наприклад, аутентифікація на основі постійної IP-адреси або доступ до системи лише з комп'ютерної лабораторії. Використання даного методу обмежує доступ студента з інших місць, тому не використовується для дистанційного навчання.

в) використання апаратних ключів, наприклад, смарт-карт для побудови сильних систем авторизації з простим інтерфейсом користувача. Даний метод вимагає наявності апаратного та програмного забезпечення для зчитування ключів та витрат на виготовлення самих ключів, що значно підвищує вартість системи й таким чином нівелює одну з основних переваг комп'ютерних систем навчання, тому вони використовуються рідко.

г) розпізнавання користувачів із застосуванням додаткового апаратного забезпечення за біометричними характеристиками людини. Використання таких засобів у комп'ютерних системах навчання значно підвищує їх вартість і таким чином нівелює одну з основних переваг комп'ютерних систем навчання, тому використовуються рідко.

д) використання особливостей клавіатурного почерку.

Такий вид аутентифікації набуває все більшого поширення завдяки доступності, невідокремленості даних від їх носія та складності фальсифікації.

На відміну від інших видів біометричної аутентифікації, клавіатурна не потребує додаткових пристроїв вводу, як, наприклад, сканер відбитків пальців, і може використовуватися будь-якою людиною, яка має доступ до клавіатури.

Індивідуальний клавіатурний почерк складно, якщо не неможливо підробити; його не можна скопіювати завдяки спостереженню; така аутентифікація не зачіпає особисту інформацію: «not what you type, but how you type», система таким чином не зберігає інформацію на кшталт відбитків пальців, скану сітківки та ін.

Найбільш ефективною є двохфакторна аутентифікація – перший етап – за логіном і паролем, другий – за особливостями клавіатурного почерку. Крім того, клавіатурна ідентифікація надає можливість постійного прихованого моніторингу під час навчання, а не лише на етапі авторизації.

2. Дослідження особливостей клавіатурного почерку людини.

Клавіатурний почерк – поведінкова біометрична характеристика, яку характеризують наступні параметри:

– швидкість вводу: кількість введених символів, поділена на час друку;

– динаміка вводу: час між натисканням та час натискання клавіші;

– частота скоєння помилок;

– особливості використання функціональних клавіш.

Іноді використовують інший набір параметрів:

– Dwell time – як довго була натиснута клавіша;

– Flight time – пауза між натисканнями.

Були проведення дослідження клавіатурного почерку групи студентів і визначена залежність від часу доби, роботи на різних клавіатурах, в різних станах тощо. В результаті дослідження було визначено, що:

– клавіатурний почерк залежить від клавіатури, тому при зміні клавіатури необхідно проводити перенавчання системи.

– клавіатурний почерк залежить від психофізичного стану студента. Але оскільки дана система призначена для навчання, якість навчання при поганому психофізичному стані студента знижується, можливо й не треба в такому стані навчатися.

– система повинна мати режими налаштування (навчання, визначення еталонних характеристик) та ідентифікації.

3. Побудова модуля аутентифікації комп'ютерної навчальної програми.

Для реалізації двофакторної автентифікації був побудований модуль аутентифікації комп'ютерної навчальної програми, який має такий алгоритм роботи:

1. Користувач надсилає запит на доступ у систему й вводить свій логін та пароль.

2. Перевіряється наявність логіна у базі даних та відповідність введеного паролю та логіна.

3. Якщо дані збігаються, система надсилає користувачу запит на введення тексту за прикладом введення CAPTCHA-коду.

У цьому пункті унікальні особливості клавіатурного почерку виявляються одним із двох методів: по набору ключової фрази або по «вільному» тексту.

4. Користувач вводить необхідний текст.

5. Під час введення система визначає характеристики вводу. У разі збігу даних із еталонним варіантом аутентифікацію визнають вдалою й надають доступ до системи, якщо дані не збігаються – відбувається повернення до третього кроку.

Модуль аутентифікації було побудовано за двома різними технологіями: нечітка логіка та нейромережа. На даний момент проводяться дослідження та порівняння результатів, отриманих за даними технологіями.

Система має режими настройки та ідентифікації. Під час налаштування визначаються і запам'ятовуються еталонні характеристики введення користувачем ключових фраз, наприклад, час, витрачений на окремі літери. А в режимі ідентифікації, після виключення грубих помилок, еталонна і отримана множини співставляються (перевіряється гіпотеза про рівність їх центрів розподілу).

Використання біометричної аутентифікації за допомогою клавіатурного почерку дозволить підвищити якість аутентифікації користувача та захист інформації від несанкціонованого втручання, а також забезпечить самостійність проходження студентом навчання або тестування.

УДК 004.6, 004.4

## **СТИСНЕННЯ ТЕКСТУ ЯК ЕТАП ПІДГОТОВКИ ДО АНАЛІЗУ**

О. Л. Ляхов, М. А. Мельник,

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

У ході науково-технічного прогресу та поступового переходу від постіндустріального суспільства до інформаційного основною цінністю стає інформація. Водночас її обсяги зросли до значних розмірів. Постає задача компактного зберігання накопичених даних. Разом з тим є потреба виокремлення корисної інформації з масиву даних для її подальшого використання. Питання отримання нових знань з набору даних лежить у сфері BigData, що протягом останніх кількох років активно розвивається.

Стрімкий приріст даних означає, що загальне їх число у цифровому всесвіті зростає експоненціально від 4,4 Зетабайт ( $1\ 36 = 2^{70}$  байти) у 2013 р. і прогнозовано до 44 Зб (44 трильйони гігабайт) у 2020 р. при середньому річному темпі зростання 40% [1]. Під терміном Big Data розуміють набір даних, обсяг яких виходить за межі можливостей типових програмних засобів баз даних (далі – БД) для збереження і обробки [2-3].

Одним з об'єктів аналізу у сфері BigData є текстові дані. Основною формою фіксування і збереження будь-якої інформації здебільшого є природно мовний текст (далі – ПМТ). Для оброблення обсягів даних порядку петабайт ( $10^{24}$  байт) велике значення має їх попередня підготовка. Структура, котру використовуює метод стиснення на базі словника [4], дозволяє зберігати текст у стисненому вигляді і, водночас, здійснювати аналіз не розпаковуючи його. Такий процес можливий завдяки тому, що у стисненому документі тексту міститься не послідовність слів, а послідовність вказівників на адреси цих слів у словнику. Словник, що використовується для стиснення, може зберігати всі необхідні дані, котрі характеризують словоформу з мовної точки зору та інші характеристики слова. Крім того, вбачається доцільним зберігати посилання зі словоформ на базові слова (стеми або корені слів), а звідти – на поняття



в мовно-онтологічній картині світу. Це зробить можливим порівняння речень різних за вмістом слів, проте близьких за сенсом.

На нашу думку, на базі запропонованого вище принципу збереження стисненого тексту доцільним є розробити комплекс різного роду механізмів обробки тексту. Такими можуть бути як прості сервіси хмарного збереження тексту з можливістю інтелектуального пошуку, так і механізми лінгвістичного і синтаксичного аналізу. Пропонуємо практично реалізувати вищеописаний програмний засіб за схемою "тонкого клієнта".

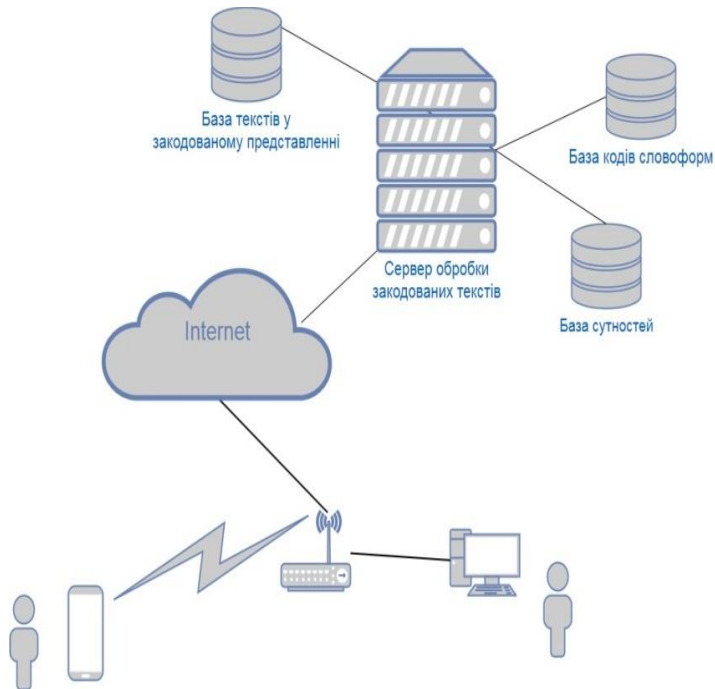


Рис. 1 Принципова схема компонентів системи обробки текстових даних

Схема тонкого клієнта передбачає, що на кінцевому обладнанні користувача буде встановлено програмне забезпечення, що матиме функції, призначені лише для обміну командами і даними з основною частиною програмного засобу. Основна ж частина буде розміщуватися на сервері разом із базою словників.

Отже, речення природно мовного тексту у закодованому представленні складатиметься із послідовності кодів, що відповідають словоформам з бази кодів словоформ мови. Код слова у реченні в даному контексті по смислу близький до посилання на ділянку пам'яті. За кодом слова, окрім самої словоформи, зберігатиметься посилання на смислову одиницю (сутність), а також масив іншої описової інформації, що необхідна для аналізу вхідного тексту. Така структура даних за своїм принципом посилань подібна до структури даних Системи Комп'ютерної Алгебри (СКА) "Аналітик" [6].

Як зазначає Рубашко Н.К., сьогодні автоматична обробка природно мовних текстів – галузь наукових і комерційних розробок, що швидко розвивається [7]. Існує два підходи до рішення задач обробки ПМТ. Перший розробляється в рамках штучного інтелекту і носить назву ШІ-підхід. Другий підхід – інженерно-лінгвістичний (ІЛ-підхід), сформувався в у комп'ютерній лінгвістиці і заснований на концепції відтворюючої інженерно-лінгвістичної моделі [7].

Пропонуємо застосувати інженерно-лінгвістичний підхід до обробки ПМТ. Ми вбачаємо доцільним розширити інтелектуальні можливості СКА "Аналітик" за допомогою комплексу функцій для обробки текстової інформації у закодованому вигляді за методом стиснення на базі словника.

Внутрішньою формою представлення об'єкту СКА "Аналітик" є куц (окремий випадок графа), де кожна вершина – це посилання на сутність. Кожна сутність зберігається лише в одному екземплярі, але посилань на одну і ту ж сутність може бути безліч. У випадку збереження тексту у такому вигляді кожній словоформі буде відповідати вершина, а словоформа у свою чергу буде посилатися на сутність. Ребра ж куца будуть відображати типи зв'язків між словами (словоформами) у реченні, а, отже, і між сутностями безпосередньо, оскільки слова пов'язані із сутностями. Таким чином, можливим стає аналіз зв'язків між вершинами-сутностями і побудову логічної, смислової структури речення.

Виокремлення смислу з речення вбачається перспективним напрямком розробки. Канадсько-американський інженер, підприємець, винахідник та інвестор Ілон Маск нещодавно створив підприємство Neuralink, котре буде займатися розробкою технологій для підключення людського мозку до комп'ютера. Як зазначив вчений і бізнесмен у інтерв'ю сайту «Wait But Why», «У голові крутиться купа понять, котрі ваш мозок вимушений стискати, адаптуючи до неймовірно повільних каналів передачі даних, що звуться мовленням чи машинописом». «Ма-

ючи два інтерфейси для підключення до мозку, можна фактично налагодити прямий канал для не стиснутої концептуальної взаємодії з іншою людиною». На його думку такі інтерфейси будуть створені у найближчі 8-10 років [8]. Як можна зрозуміти з інтерв'ю І. Маска, його нова компанія буде займатися технічними засобами обміну думками, тобто фактично обміном смислом, котрий зараз вкладається в мовлення або текст. Проте про розробку технології виокремлення смислу з тексту мови не йдеться.

Запропонована нами технологія відображення речення і його зв'язків у вигляді куща, на нашу думку, відкриє можливості для вичення смислу речення. У подальшому його можливо використати чи то для порівняння з іншими реченнями чи то для засвоєння такого смислу за допомогою мисленневих інтерфейсів нахшталт розробок, котрими займатиметься компанія Neuralink. У перспективі поєднання таких розробок відкриє шлях до дуже швидкого навчання та ефективного засвоєння інформації людиною, що буде дуже доречним зважаючи на швидкі темпи нарощування знань людством.

Висновки: Зважаючи на зростання обсягів накопиченої інформації загалом і у текстовому вигляді зокрема, актуальною є проблема аналізу текстів з метою виокремлення корисної інформації. Проте обсяги тексту значні і тому його доцільно архівувати з метою мінімізації необхідних для зберігання обсягів пам'яті. Відомі на сьогодні засоби аналізу текстів не дозволяють оброблювати вхідні дані у заархівованому вигляді. Тож типовою послідовністю дій для обробки заархівованого тексту найбільш визнаними методами архівації, такими як метод Лемпеля-Зіва, є попередня розархівація і вже далі – власне обробка тексту. Запропонований нами підхід до архівації тексту дозволяє розробити комплекс функцій для його обробки пропускаючи крок розархівації, адже у заархівованому вигляді зберігаються посилання на слова. Такий принцип побудови системи аналізу тексту дозволить пришвидшити обробку вхідних даних і застосувати кущеподібну структуру даних СКА «Аналітик». Це, у свою чергу, відкриє можливості для аналізу смислового наповнення тексту. Поєднавши виокремлення смислу із текстовою інформацією та розробки для обміну думками можливим є досягнення високого темпу навчання людини. А, отже, відкриє можливості для засвоєння та ефективного використання всього величезного потоку інформації, яку сьогодні генерує нова «Інформаційна» форма суспільства.

## **Література**

1. The Digital Universe of Opportunities: Rich Data and the Increasing Value of the Internet of Things. EMC Digital Universe with Research &

Analysis by IDC. – <http://www.emc.com/leadership/digital-universe/2014-iview/index.htm>. April 2014

2. Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity / J. Manyika, M. Chui, B. Brown et al. – May 2011.

3. Некоторые программные среды аналитики больших данных / А.А. Урсатьев // Управляющие системы и машины. — 2016. — № 3. — С. 29-42. — Библиогр.: 33 назв. — рос.

4. Метод стиснення на базі словника / Ляхов О.Л., Мельник М.А. // Збірник наукових праць ІХ Міжнародної науково-практичної конференції "Проблеми і перспективи розвитку академічної та університетської науки", 7 - 9 грудня 2016 року - Полтава: ПолтНТУ, 2016. -330с.

5. Нікольський Ю. В., Пасічник В. В., Щербина Ю. М. Дискретна математика. — К.: Видавнича група ВНУ, 2007. — 368 с.: іл..

6. Особенности структуры данных и их преобразования в системе компьютерной алгебры АНАЛИТИК / В.П. Клименко, Ю.С. Фишман, Т.Н. Швалюк // Мат. машины і системи. — 2004. — № 2. — С. 42-48. — Библиогр.: 18 назв. — рос.

7. Основные задачи автоматической обработки текстов и подходы к их решению / Рубашко Н.К.// Международный конгресс по информатике: информационные системы и технологии: материалы международного научного конгресса 31 окт. – 3 нояб. 2011 г. : в 2 ч. Ч. 1. – Минск: БГУ, 2011. – С . 226-231.

8. Илон Маск планирует создать полноценные нейроинтерфейсы для связи мозга с компьютером за 8-10 лет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://itc.ua/news/ilon-mask-planiruet-sozdat-polnotsennyie-neyrointerfeysyi-dlya-svyazi-mozga-s-kompyuterom-za-8-10-let-a-produktyi-dlya-meditsinyi-za-chetyire/> (дата звернення: 01.06.2017)

УДК 621:314

## **ДИСКРЕТНІ СПЕКТРАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ УОЛША ТА АДАМАРА ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ СИСТЕМ РОЗШИРЕННЯ СПЕКТРУ**

**Ю.С.Ямненко, Є.О. Желязков**

*НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», факультет електроніки*

На сьогоднішній день важливу роль при розв'язанні задач обробки та передачі інформації, відіграють дискретні спектральні ортогональні перетворення, зокрема, Уолша та Адамара [1,4].

Метою даної роботи є порівняльний аналіз дискретних спектральних перетворень Уолша та Адамара, їх властивостей та взаємозв'язку, а також розгляд та приклади розв'язання задач з використанням базисних функцій цих перетворень.

Основні властивості перетворення Уолша-Адамара

1. Пряме перетворення Уолша [3]

$$X_V = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_i WAL(V, i) V = 0, 1, \dots, N - 1.$$

2. Зворотне перетворення ідентичне прямому, за винятком множника  $\frac{1}{N}$ :

$$x_i = \sum_{V=0}^{N-1} X_V WAL(V, i) V = 0, 1, \dots, N - 1.$$

Запишемо в матричній формі [2,3]:

$$\begin{aligned} X_V &= x_i W_{Vi} \\ x_i &= \{x_0, x_1, \dots, x_{N-1}\} \\ X_V &= \{X_0, X_1, \dots, X_{N-1}\} \\ W_{ki} &= \begin{bmatrix} W_{00} & W_{01} & \dots & W_{0,N-1} \\ W_{10} & W_{11} & \dots & W_{1,N-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_{N-1,0} & W_{N-1,1} & \dots & W_{N-1,N-1} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$W_{ki}, k, i = 0, 1, \dots, N - 1$  – матриця  $N \times N$

Перетворення Адамара засноване на квадратній матриці Адамара, елементи якої дорівнюють +1 або -1, а рядки та колонки утворюють ортогональні вектори. Серед ортонормальних матриць Адамара найменшою (базовою) є матриця другого порядку

$$H_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{vmatrix}$$

Відомо, що якщо матриця Адамара порядку  $N$  (де  $N > 2$ ) існує, то  $N$  ділиться на 4 без залишку. Поки що не вдалося визначити, чи існують матриці Адамара для довільних  $N$ , що задовольняють даній умові, але майже для всіх допустимих  $N$ , що доходять до 200, знайдено правила побудови відповідних матриць. Простіше за все вдається побудувати такі матриці при  $N = 2^n$ , де  $n$  – ціле позитивне число. Якщо  $H_N$  – матриця Адамара порядку  $N$  ( $N = 2^n$ ), то матриця

$$H_{2N} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{vmatrix} H_N & H_N \\ H_N & -H_N \end{vmatrix}$$

також є матрицею Адамара, але порядку  $2N$  ( $N = 2^{n+1}$ ). Нижче для ілюстрації наведено матриці Адамара 4-го ( $N = 4$ ,  $n = 2$ ) та 8-го ( $N = 8$ ,  $n = 3$ ) порядків:

$$H_4 = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \quad H_8 = \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \end{vmatrix}$$

Розкладання сигналу по функціям Уолша має вигляд:

$$x(t) = \sum_{k=0}^{\infty} c_k \cdot \text{wal}(k, \frac{t}{T})$$

У дискретній формі формула запишеться наступним чином:

$$x(n) = \sum_{k=0}^{\infty} c_k \cdot \text{wal}(k, n).$$

Визначити коефіцієнт можна, здійснивши скалярний добуток розкладуваного сигналу на відповідну базисну функцію Уолша [1,8]:

$$c_k = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) \text{wal}(k, \frac{t}{T}) dt$$

**Приклад 1.** Нехай задано сигнал у вигляді трикутного імпульса (рис.1,а). Знайти значення перших восьми коефіцієнтів при розкладанні імпульса за системою функцій Уолша [1]. Заданий сигнал описується виразом

$$x(t) = \frac{A}{T} t, \quad 0 \leq t \leq T$$

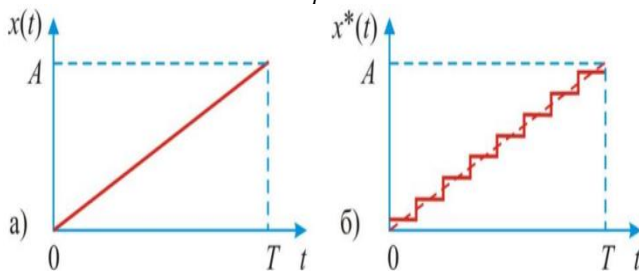


Рис.1

Значення коефіцієнтів ряду Уолша розраховуємо за формулами:

$$c_0 = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{A}{T} t dt = \frac{A}{T^2} \frac{t^2}{2} \Big|_0^T = \frac{A}{2}$$

$$c_1 = \frac{1}{T} \left( \int_0^{T/2} \frac{A}{T} t dt - \int_{T/2}^T \frac{A}{T} t dt \right) = \frac{A}{T^2} \left( \frac{t^2}{2} \Big|_0^{T/2} - \frac{t^2}{2} \Big|_{T/2}^T \right) = -\frac{A}{4}$$

$$c_2 = 0 \quad c_3 = -\frac{A}{8} \quad c_4 = c_5 = c_6 = 0 \quad c_7 = -\frac{A}{16}$$

Розкладання сигналу в ряд функцій Уолша:

$$x(t) = c_0 wal_0\left(\frac{t}{T}\right) + c_1 wal_1\left(\frac{t}{T}\right) + c_3 wal_3\left(\frac{t}{T}\right) + c_7 wal_7\left(\frac{t}{T}\right)$$

**Код Грея.** Одним із базових моментів перетворення Уолша-Адамара, що визначає порядок розташування рядків у матриці базисних функцій (спосіб впорядкування базисних функцій), є код Грея. Трансформація матриці Адамара у матрицю Уолша шляхом перестановки рядків згідно коду Грея здійснюється відповідно до табл. 1 [5].

Табл. 1

Номер за Адамаром	Двійкова форма	Перестановка бітів	Перетворення з коду Грея	Номер за Уолшем
0	00	00	00	0
1	01	10	11	3
2	10	01	01	1
3	11	11	10	2

**Приклад 2.** Для функції-оригіналу  $x_i = \{8, 40, 80, 120\}$  ( $N = 4$ ) знайти зображення  $X_k walsh$  та  $X_k HAD$  за допомогою перетворення Уолша та Адамара відповідно.

1. Зображення  $X_k walsh$  за допомогою перетворення Уолша

$$X_k(W) = \frac{1}{N} x_i W_{ki}$$

$$X_k(W) = \frac{1}{4} [8, 40, 80, 120] \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{bmatrix} = \frac{1}{4} [248, -152, 80, 120]$$

$$X_k = [62, -38, 2, -18]$$

$$X_0 = 62, X_1 = -38, X_2 = 2, X_3 = -18$$

2. Зображення  $X_k HAD$  за допомогою перетворення Адамара  $x_i = \{8, 40, 80, 120\}$  ( $N = 4$ )

$$X_k(HAD) = \frac{1}{4} [8, 40, 80, 120] \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$X_k = [62, -18, -38, 2]$$

Видно, що спектри Уолша і Адамара відрізняються лише порядком елементів, що відповідають перестановці рядків матриці і базових функцій.

**Практичне використання.**

Базисні функції перетворення Уолша використовуються у схемах завадостійкості передачі даних з розширенням спектру (DSSS - Direct sequence spread spectrum) [6,9]. Так, було проведено моделювання системи з використанням базисних функцій перетворення Уолша при  $N = 8$ . Одною базис-

ною функцією кодується три біти даних. Бітовий потік задалегідь піддається кодуванню – заміні кожної наступної групи з трьох бітів в бітовому потоці на одну з базисних функцій Уолша. Таким чином, ефективна швидкість передавання зменшувалася у  $3/8=0,375$  разів, а коефіцієнт розширення спектру становив 2,667. У порівнянні з системами без розширення спектру це дозволяє підвищити завадостійкість та забезпечити надійний зв'язок.

#### Висновки.

1. Розглянуто окремих випадок знаходження базисної функції Уолша шляхом апроксимації  $n$ -кутної форми графіку за допомогою «східчатого» перетворення. Чим більше розкладаємо імпульс за системою функцій Уолша, тим точніше виходить результат наближення.

2. Розглянуто випадок трансформації матриці Адамара у матрицю Уолша шляхом перестановки рядків згідно коду Грея.

3. Доведено, що спектр Уолша і Адамара відрізняються лише порядком елементів, що відповідають перестановці рядків матриці і базових функцій

#### Список використаної літератури

1. <http://portal.tpu.ru/SHARED/v/VOS/study/disc1/Tab/tema04.pdf>
  2. Голубов Б. И., Ефимов А. В., Скворцов В. А. (1987). "Ряды и преобразования Уолша: теория и применения".
  3. "Преобразования Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях". 1989.
  4. Баскаков С. И (2005). "Радиотехнические цепи и сигналы".
  5. Залманзон Л.А. Преобразование Фурье, Уолша, Хаара и применение в управлении, связи и других областях. – М.: Гл.ред. физико-математической лит-ры, 1989.- 49р с.
  6. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. – М. : Техносфера, 2006. -856 с.
  7. Никольский С.М. Курс математического анализа. — М. : Наука, 1983. — Т. 2. — 448 с.
  8. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления. — М. : Наука, 1978. — Т. 2. — 576 с.
- Жуйков В.Я., Терещенко Т.О., Хохлов Ю.В. Передавання сигналів керування в умовах завад. Навчальний посібник. – К.: Аверс, 2010. – 256 с.



## АЛГОРИТМ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДЛЯ DATA MINING

О.Л. Ляхов, Н.А. Фурсова

*Полтавський національний технічний університет  
імені Юрія Кондратюка*

В умовах загальної інформатизації задача кластеризації є однією із актуальніших задач Data Mining.

Є підстави вважати, що універсальний алгоритм кластеризації буде мати обчислювальну складність  $O(2^n)$ , де  $n$  – довжина вхідного слова. Проте складність задач цього типу іншого гатунку.

Задачі Data Mining полягають у знаходженні та візуалізації прихованої у даних інформації. Достатньо повна постановка задачі може бути здійснена тільки природною мовою з подальшою формалізацією на кроці алгоритмізації розв'язування. Враховуючи різноманіття областей, досвід та практику застосування методів Data Mining, можна стверджувати, що універсальний алгоритм кластеризації не існує.

На даний час розроблено багато алгоритмів кластеризації. Разом з цим, темпи поширення областей застосування Data Mining такі, що модифікація та розроблення нових алгоритмів кластеризації – актуальна проблема Data Mining (за даним пошукової системи Google, якщо кількість сторінок, присвячених цій тематиці, у 2005 році складала порядку 18 тисяч, то натеper - біля 60 тисяч, а у спорідненій галузі Big Date темпи зростання ще більші, порядку 280 тисяч сторінок, у чому легко упевнитися).

У даній роботі пропонується ідея алгоритму кластеризації, докладне дослідження цього алгоритму – предмет подальших публікацій.

Кластер – конструктивна відповідність такого поняття теорії множин, як «клас» або «властивість». Під "властивістю" у роботі розуміється деяке відношення феноменологічної симетрії на вихідній множині даних. Пропонується розглядати вихідну множину даних, як абстрактний комплекс. Тоді кластери – симплекси такого комплексу, а кластеризація полягає у означенні відношення, яке детермінує певну зв'язаність абстрактного комплексу, і у побудові алгоритму дослідження зв'язаності абстрактного комплексу, виходячи із заданого відношення.

Результат роботи алгоритму – ізольовані симплекси (кластери). У частинному випадку, коли кластер містить один елемент, це «викид», за загально прийнятою термінологією.

У даній роботі розглянутий простий приклад кластеризації множини елементів, кожній з яких поставлена у відповідність пара чисел, а кожній парі - евклідова відстань, яка є мірою їх схожості (близькості). Відомо, що кожному абстрактному комплексу над множиною з  $n$  елементів завжди можна поставити у відповідність геометричний комплекс у метричному просторі розмірності  $n - 1$ . При цьому задача кластеризації, так як вона поставлена, полягає у знаходженні симплексів, у яких кожний елемент схожий на решту в однаковій мірі.

Якщо множина, що спостерігається, складається з  $n$  ідентичних об'єктів, їй у просторі розмірності  $n - 1$  ставимо у відповідність точку, а міру близькості елементів  $p = 1$ . Якщо ж елементи однаково не схожі між собою - правильний  $n$ -кутник з трикутними гранями, кожна вершина якого має ступень  $n$ , а міру близькості  $p = 0$ . Для  $n = 4$  - це правильний тетраедр.

Відношення схожості визначимо так. За порогове значення схожості у даному прикладі береться середнє арифметичне довжин ребер геометричного комплексу

$$R_{av} = \frac{\sum_{i=1}^{C_n^2} R_i}{C_n^2}, \quad (1)$$

а кластер природно визначається, як симплекс, у якому  $R_i < R_{av}$ .

Тоді близькість елементів у такому кластеру з  $k$  вершинами

$$p = \frac{\sum_{i=1}^{C_k^2} (R_{av} - R_i)}{C_k^2 R_{av}}. \quad (2)$$

Таке відношення схожості задовольняє всім викладеним вище положенням.

**Вихідні дані.** Дани об'єкти кількістю  $n=14$ , кожному з яких поставлено у відповідність два числа:

[ 1,27,19], [ 2,11,46], [ 3,25,15], [ 4,36,27], [ 5,35,25], [ 6,10,43], [ 7,11,44],  
[ 8,36,24], [ 9,30,10], [10,26,14], [11, 9,45], [12,33,23], [13, 27, 16], [14,10, 47].(3)

Перше число у кортежі – номер об'єкта у послідовності.

**1-й крок.** Обчислюємо матрицю взаємних відстаней.

**2-й крок.** Обчислюємо за формулою (1)  $R_{av} = 20.41$ .

**3-й крок.** Послідовно для всіх елементів матриці перевіряємо відношення  $R_i < R_{av}$ . Якщо «ні», викреслюємо стовпчик і рядок з тим ж номером.

**4-й крок.** Якщо викреслені є, утворюємо з них матрицю і повторюємо крок 3. Якщо ні, ідемо далі.

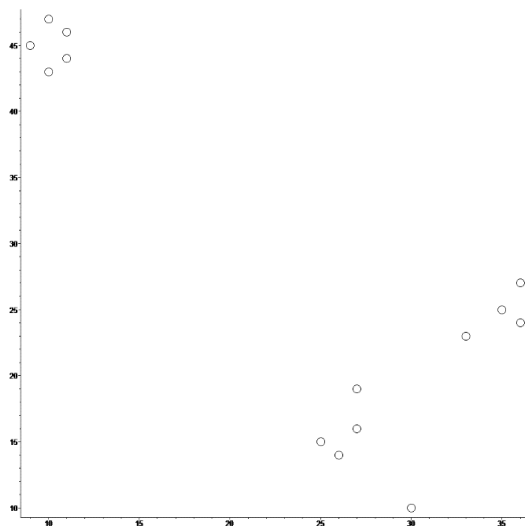
**5-й крок.** Для результатів кроку 3, за формулою (2) обчислюємо міру близькості. Якщо для якогось кластера вона порядку або менше порогового значення (у даному прикладі порогове значення прийнято

0.5), для цього кластера йти на крок 2. Якщо більша, то обчислення припиняються.

Результати роботи алгоритму у нашому прикладі наведені нижче у вигляді матриці взаємних відстаней, перший рядок якої – номери об'єктів згідно вихідним даним (3):

$$\begin{aligned}
 \text{Klas}_1 &:= \begin{bmatrix} 12 & 4 & 5 & 8 \\ 0. & 5. & 2.828 & 3.162 \\ 5. & 0. & 2.236 & 3. \\ 2.828 & 2.236 & 0. & 1.414 \\ 3.162 & 3. & 1.414 & 0. \end{bmatrix} & p1 := 0.86 \\
 \text{Klas}_2 &:= \begin{bmatrix} 1 & 3 & 10 & 13 \\ 0. & 4.472 & 5.099 & 3. \\ 4.472 & 0. & 1.414 & 2.236 \\ 5.099 & 1.414 & 0. & 2.236 \\ 3. & 2.236 & 2.236 & 0. \end{bmatrix} & p2 := 0.85 \\
 \text{Klas}_3 &:= \begin{bmatrix} 2 & 6 & 7 & 11 & 14 \\ 0. & 3.162 & 2. & 2.236 & 1.414 \\ 3.162 & 0. & 1.414 & 2.236 & 4. \\ 2. & 1.414 & 0. & 2.236 & 3.162 \\ 2.236 & 2.236 & 2.236 & 0. & 2.236 \\ 1.414 & 4. & 3.162 & 2.236 & 0. \end{bmatrix} & p3 := 0.88
 \end{aligned}$$

Об'єкт з номером 9 є викидом.



**Рисунок.** Візуалізація результатів роботи алгоритму кластеризації.

Висновки:

1. Запропоновано алгоритм, який за загально прийнятою класифікацією можна віднести до дивізимних алгоритмів.
2. Розглянуто простий приклад, що, з одного боку, дає змогу продемонструвати ідею алгоритму, а з іншого порівняти його з відомими, узагальненням якого його можна вважати.
3. У прикладі знаходяться кластери, утворені бінарними відношеннями  $<$ ,  $>$ ,  $=$ , а також, евклідова метрика. Він стає схожим на алгоритм BIRCH (Balanced Iterative Reducing and Clustering using Hierarchies) і т. і., але має суттєві відміни. Дозволяє, наприклад, заходити не тільки кластери, а й викиди.
4. У прикладі симплекси представляють собою повні графи. У загальному випадку симплекс - *k-арне* відношення з широким полем інтерпретацій. Алгоритм узагальнюється відповідним чином, але послідовність етапів зберігається.
5. У загальному випадку запропонований алгоритм полягає у дослідженні зв'язаності абстрактного комплексу, що надає змогу використовувати методи комбінаторної топології, виходячи із відношення близькості та зв'язаності, продиктованих конкретним класом задач. Докладне дослідження алгоритму, його переваги та недоліки, а також питання оптимізації – предмет подальших досліджень.

УДК 004.02

## **ВИКОРИСТАННЯ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ НОМЕРІВ НА ПРАКТИЦІ**

А.О.Радченко

*Чернігівський національний технологічний університет*

Згорткова нейронна мережа – це штука нейронна мережа спеціальної архітектури, яка призначена для розпізнавання зображень. Вперше була запропонована в 1998 році Яном Лекуном (Yann LeCun)[1].

Для практичного застосування згорткових нейронних мереж в сторонньому ПО необхідні окремі бібліотеки, яких на сьогоднішній день безліч: `tiny-dnn`[2], `dyNet`[3], `mkl-dnn`[4], `convnet`[5], `pdnn`[6], `tensorflow`[7], `CNTK`[8] і т.д. Бібліотеки `tiny-dnn`, `dyNet`, `mkl-dnn`, `convNet` призначені для використання в програмах, написаних на C++, `pdnn` – на python, `tensorflow` і `CNTK` – на python і C++. При розробці прикладного ПО для розпізнавання автомобільних номерів однієї біблі-

отеки згорткових нейронних мереж недостатньо, так як необхідно певним чином обробляти кадри з відеопотоку. Для обробки зображень найкраще використовувати бібліотеку OpenCV, яка написана на C++. Тому бібліотеки, які не підтримують роботу з цією мовою, для цього завдання підходять значно гірше.

Кожна із зазначених бібліотек, яка підтримує мову C++, має як переваги, так і недоліки. Через відсутність гарної документації бібліотеки convNet і mkl-dnn складно використовувати в прикладному ПЗ, так як зазвичай на практиці завдання потрібно вирішити якомога простіше і як можна швидше, що є проблематичним за допомогою цих бібліотек. Бібліотека dyNet має безліч функцій і можливостей, але і володіє підвищеною складністю, в результаті чого вона підходить для безлічі завдань, в тому числі і для навчання і обчислень на GPU. tiny-dnn є бібліотекою, що складається тільки з заголовних файлів, в результаті чого вона не вимагає компіляції, що спрощує її використання. З її допомогою просто побудувати, навчити і використовувати нейронну мережу. Вона має хорошу документацію і велику швидкість роботи. Серед її недоліків можна виділити обмежений функціонал (наприклад, відсутня підтримка нейронних мереж певних архітектур, наприклад, RNN[9]), а також великий час компіляції проектів через те, що вся бібліотека підключається до проекту у вигляді вихідних кодів.

Завдання, які вирішуються при розпізнаванні автомобільних номерів згортковими мережами можуть бути різноманітними, але в даному випадку мова піде про розпізнавання конкретних символів після їх сегментації.

Для рішень цього завдання найкращим чином підходить бібліотека tiny-dnn, так як вона володіє необхідним функціоналом, великою швидкістю роботи і гарною документацією.

Для розпізнавання більшості номерів європейських країн і країн СНД необхідно навчити нейромережу розпізнавати такі символи: цифри 0-9, літери A-N, P-Z. З розпізнавання виключається символ 'O', так як він може бути легко сплутаний з цифрою '0', в результаті чого нейрона мережа може видати низький коефіцієнт достовірності (з огляду на архітектуру таких мереж), який у зазначеній бібліотеці знаходиться в діапазоні від -1 до +1. Всі символи з низьким коефіцієнтом повинні бути відкинуті в силу того, що на вхід нейромережі можуть подаватися не тільки символи, а й різні сміття, наприклад через помилки детекції автомобільного номера. Також дослідження показали, що на додаток до всіх символів для розпізнавання, кожен з яких відповідає одному виходу нейромережі, необхідно ввести ще один – так званий «сміттєвий» вихід, який повинен видавати на виході високу вірогідність

при подачі на вхід нейромережі зображень, що не містять символів. Це покращує загальну достовірність розпізнавання. У підсумку, нейромережа буде містити 35 виходів.

Розмір зображень, що подаються на вхід нейромережі, впливають на швидкодію: чим більше їх розмір, тим нижче продуктивність, – а також на діапазон можливих архітектур: ні з будь-яким розміром зображень можна побудувати нейромережу будь-якої архітектури. Зазвичай на вхід подаються зображення символів розміром 32x32 пікселя, так як число 32 кратне степені 2, що в даному випадку, через шари вибірки, які зазвичай зменшують розмір поданих даних саме в 2 рази, дозволяє створити нейромережі найрізноманітніших архітектур. Однак при розмірі 24x24 продуктивність збільшується, а за допомогою правильно побудованої нейромережі достовірність практично не зменшуються. При розмірі 18x18 починають проявлятися помилки в окремих символах. Наприклад, символ '1' литовських номерів при середній контрастності і такому розмірі навіть людина може переплутати з символом 'I'. Тому обсяг вхідних зображень 24x24 є оптимальним.

В ході досліджень була підібрана оптимальна по швидкості роботи і за якістю розпізнавання архітектура. Вона складається з 6 шарів.

Перший шар – шар згортки – приймає одноканальне сіре зображення розміром 24x24. Розмір вікна становить 5x5. Кількість вихідних каналів – 16. Додаткові відступи відсутні. Зрушення вікна по горизонталі і вертикалі становить 1 піксель (як і у всіх інших згорткових шарах). Функція активації – гіперболічний тангенс.

Другий шар – шар вибірки максимального значення (max pooling). На вхід надходить 16 матриць розміром 20x20, кратність вибірки 2. Функція активації відсутня.

Третій шар – шар згортки. Приймає 16 матриць розміром 10x10. Розмір вікна 5x5. Кількість вихідних каналів – 28. Додаткові відступи такі, щоб розмір вихідних матриць дорівнювали вхідним. Функція активації – гіперболічний тангенс. Також в цьому шарі використовується таблиця з'єднань (connection table), яка аналогічна запропонованій в [10].

Четвертий шар – шар вибірки максимального значення. На вході 28 матриць розміру 10x10, кратність вибірки 2. Функція активації відсутня.

П'ятий шар – шар згортки. Приймає 28 матриць розміром 5x5. Розмір вікна 5x5. Кількість вихідних матриць 250. Відступи відсутні. Функція активації – гіперболічний тангенс.

Шостий шар – повнозв'язний шар. Приймає 250 матриць 1x1 і має 35 виходів. Функція активації – гіперболічний тангенс.

Навчання нейромережі проводилося на підставі сегментованих символів з автомобільних номерів, отриманих з різних камер. Всього використовувалося 13703 файлу, в середньому 391 зображення на кожен символ. Batch size був встановлений в 25. Кількість епох навчання – 700. В результаті нейромережа змогла розпізнати всю навчальну вибірку.

Оскільки швидкість навчання і швидкість роботи нейромережі на практиці відіграє велику роль, то були проведені дослідження по оптимізації часових витрат. За замовчуванням час навчання однієї епохи на процесорі Intel Core I5-2500k на частоті 3.6 ГГц становив 30 секунд. Час розпізнавання одного символу 1.4 мс. При включенні бібліотеки Intel TBV час навчання зменшився до 27 секунд, а час розпізнавання до 1.2 мс. Найбільший приріст продуктивності дало включення інструкцій AVX. Без Intel TBV при їх включенні час навчання однієї епохи склав 10 секунд, а час розпізнавання одного символу – 0.4 мс. При включенні Intel TBV час навчання однієї епохи – 9 секунд, час розпізнавання символу 0.3 мс. Таким чином, підсумковий приріст продуктивності при навчанні склав близько 330%, а при розпізнаванні 460%.

На жаль далеко не всі процесори підтримують інструкції AVX, через що неможливо на всіх комп'ютерах використовувати цю бібліотеку, якщо включені ці інструкції. Також було встановлено, що процесори, в яких по 8-10 ядер, і які працюють на нижчій тактовій частоті (2.2 – 2.6 ГГц) розпізнають символ повільніше (0.6-0.8 мс), ніж процесори з 4 ядрами, але з більшою тактовою частотою.

## Література

1. LeCun Y., Bengio Y. Convolutional networks for images, speech, and time-series. [Електронний ресурс] / Y. LeCun. – Режим доступу: <http://yann.lecun.com/exdb/publis/pdf/lecun-bengio-95a.pdf> (Дата звертання 23.05.2017)
2. tiny-dnn. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://github.com/tiny-dnn/tiny-dnn> (Дата звертання 23.05.2017)
3. The Dynamic Neural Network Toolkit. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://github.com/clab/dynet> (Дата звертання 23.05.2017)
4. Intel(R) Math Kernel Library for Deep Neural Networks (Intel(R) MKL-DNN). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://github.com/01org/mkl-dnn> (Дата звертання 23.05.2017)
5. ConvNet: Deep Convolutional Networks. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://libccv.org/doc/doc-convnet/> (Дата звертання 23.05.2017)

6. PDNN: A Python Toolkit for Deep Learning. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://github.com/yajiemiao/pdnn> (Дата звертання 23.05.2017)
7. TensorFlow. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.tensorflow.org/> (Дата звертання 23.05.2017)
8. Microsoft Cognitive Toolkit (CNTK), an open source deep-learning toolkit. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://github.com/Microsoft/CNTK> (Дата звертання 23.05.2017)
9. Understanding LSTM Networks. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/> (Дата звертання 23.05.2017)
10. Lecun Y., Bottou L., Bengio Y., Haffner P. Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition. [Електронний ресурс] / Y. Lecun. – Режим доступу: <http://yann.lecun.com/exdb/publis/pdf/lecun-01a.pdf> (Дата звертання 23.05.2017)

УДК 004.43

## **МОДЕЛЮВАННЯ ДВОЇСТОЇ ЗАДАЧІ ЗА ДОПОМОГОЮ MATHCAD**

В.І. Гур'єв, І.В. Фірсова

*Чернігівський національний технологічний університет*

Сучасні умови виробництва продукції в різних галузях на рівні окремих підприємств, а також на вищому макроекономічному рівні супроводжуються наростаючими інформаційними течіями, які надходять до економічних й управлінських органів. Різко зростає кількість операцій щодо переробки інформації, необхідної для пошуку найкращих (оптимальних) варіантів розвитку виробництва й прийняття рішень.

Таким чином, пошук найкращого (оптимального) плану (варіанта) простим перебором і порівняння всіх можливих планів стає вкрай непосильною задачею, при цьому не враховується той факт, що на складання одного варіанта плану також витрачається багато часу.

Велику допомогу тепер для складних обчислень подають комп'ютери, які за кілька хвилин спроможні здійснити роботу, для виконання якої людині потрібні були б години. Проте щоб скористатися послугами таких машин, необхідно вміти формулювати техніко-економічні показники в розв'язуванні задачі у вигляді тих чи інших математичних залежностей. Так виникла потреба впровадження математичних методів в економічні розрахунки.



Математичною моделлю називаються такі формальні співвідношення, які встановлюють зв'язок прийнятого критерію ефективності з діючими факторами. Для побудови математичної моделі необхідно оцінити кількісно прояв факторів, що розглядаються та вказати групи змінних параметрів, формально представляючи ці фактори. Математичні моделі можуть мати вигляд формул, систем рівнянь або нерівностей, а також таблиць, числових послідовностей, геометричних образів, які відображають залежність між критерієм ефективності операції та тими параметрами, які представляють діючі фактори.

Розв'язком, пов'язаним з вибраною математичною моделлю, називається конкретний набір значень параметрів (фазових змінних). Жодна формальна модель не може дати вичерпні відомості про розвиток реальних подій (практично завжди присутні фактори, які не контролюються), але отриманий розв'язок за допомогою цієї моделі дозволяє орієнтуватися в оточуючих обставинах, аналізувати різні стратегії, виявляти другорядні фактори.

Розглянемо наступні дві задачі з обмеженнями-нерівностями:

$$z = C \cdot X - \min \quad A \cdot X \leq B \quad X \geq 0 \quad (1)$$

$$f = B \cdot Y - \max \quad A^T \cdot Y \geq C \quad Y \geq 0 \quad (2)$$

Вони мають ряд особливостей:

- Матриця коефіцієнтів у (2) отримана транспонуванням матриці **A** умов (1);

- Нерівності  $A \cdot X \leq B$  та  $A^T \cdot Y \geq C$  мають протилежні знаки;
- Переходячи від (1) до (2) **B** та **C** міняються місцями;
- Зміст екстремуму **z** протилежний до екстремуму **f**.

Задачі, що мають перелічені особливості, називають взаємно двоїстими. Їх вивчення виправдано тим, що у практиці різних досліджень іноді простіше розв'язувати двоїсту задачу ніж пряму. Допустимість переходу від прямої задачі до двоїстої (та навпаки) стверджується теоремою двоїстості: якщо існують розв'язки систем (1) та (2), то серед них є оптимальний, причому такий, що  $\min z = \max f$ .

Програма MathCad дає можливість знайти розв'язок взаємодвоїстих задач. Розглянемо приклад розв'язання таких задач.

Фірма випускає технічні вироби чотирьох найменувань. Для випуску виробів кожного виду використовують обладнання, електроенергію та сировину. Добові ресурси такі: 2400 одиниць обладнання, 2100 одиниць

електроенергії і 5000 одиниць сировини, витрати яких на одиницю продукції подано в таблиці. Також в таблиці наведено ціну одиниці кожного виробу.

Ресурси	Продукція			
	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
Обладнання	2	3	4	5
Електроенергія	0	3	4	4
Сировина	8	10	6	8
Ціна одиниці продукції (у.о.)	5000	4500	4800	5000

Визначити скільки одиниць продукції кожного виду слід виготовити, щоб загальна вартість виробленої продукції була найбільшою.

Складемо математичну модель задачі: позначимо через  $x_0, x_1, x_2, x_3$  - кількість випущеної продукції кожного виду, тоді ціль задачі - отримання максимальної вартості виробленої продукції, буде мати вигляд  $F_{max} = 5000x_0 + 4500x_1 + 4800x_2 + 5000x_3$ . Система обмежень описує умови досягнення цілі – витрати ресурсів для випуску продукції кожного виду.

$$2x_0 + 3x_1 + 4x_2 + 5x_3 \leq 2400$$

$$3x_1 + 4x_2 + 4x_3 \leq 2100$$

$$8x_0 + 10x_1 + 6x_2 + 8x_3 \leq 5000$$

$$x_0, x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

Знайдемо розв'язок цієї задачі за допомогою MathCad, для цього:

- визначимо початкові наближення змінних;
- задамо функцію цілі;
- почати розв'язувальний блок службовим словом Given;
- у розв'язувальному блоці вводимо обмеження, враховуючи умови невід'ємності змінних;
- завершити розв'язувальний блок зверненням до функції Maximize (Minimize) (рис. 1).

$$f(x) := 5000x_0 + 4500x_1 + 4800x_2 + 5000x_3$$

$$M := \begin{pmatrix} 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 3 & 4 & 4 \\ 8 & 10 & 6 & 8 \end{pmatrix} \quad \underset{\text{Max}}{V} := \begin{pmatrix} 2400 \\ 2100 \\ 5000 \end{pmatrix}$$

$$x_0 := 1 \quad x_1 := 1 \quad x_2 := 1 \quad x_3 := 1$$

Given

$$M \cdot x \leq V \quad x \geq 0$$

$$\text{Maximize}(f, x) = \begin{pmatrix} 280 \\ 0 \\ 460 \\ 0 \end{pmatrix} \quad f \left( \begin{pmatrix} 280 \\ 0 \\ 460 \\ 0 \end{pmatrix} \right) = 3.608 \times 10^6$$

Рис. 1. Розв'язок вихідної задачі за допомогою MathCad

За умовою вихідної задачі складаємо двоїсту та розв'язуємо її (рис. 2).

$$z(y) := 2400 \cdot y_0 + 2100 \cdot y_1 + 5000 \cdot y_2$$

$$\underset{\text{Min}}{H} := \begin{pmatrix} 2 & 0 & 8 \\ 3 & 3 & 10 \\ 4 & 4 & 6 \\ 5 & 4 & 8 \end{pmatrix} \quad \underset{\text{Max}}{G} := \begin{pmatrix} 5000 \\ 4500 \\ 4800 \\ 5000 \end{pmatrix}$$

$$y_0 := 1 \quad y_1 := 1 \quad y_2 := 1$$

Given

$$H \cdot y \geq G \quad y \geq 0$$

$$\text{Minimize}(z, y) = \begin{pmatrix} 420 \\ 0 \\ 520 \end{pmatrix} \quad z \left( \begin{pmatrix} 420 \\ 0 \\ 520 \end{pmatrix} \right) = 3.608 \times 10^6$$

Рис. 2. Розв'язок двоїстої задачі за допомогою MathCad

Таким чином, система Mathcad дає можливість створити модель економічної системи та швидко розв'язати вихідну та двоїсту задачі, що спрощує проведення аналізу системи.

Розв'язок вихідної задачі показує, що для отримання максимальної вартості продукції  $3.608 \times 10^6$  у.о. достатньо виготовити 280 од. першого й 460 од. третього виду продукції, другий та четвертий вид продукції не рентабельні. Розв'язок двоїстої задачі відповідає за використання ресурсів – так обладнання та сировина виявилися дефіцитними ( $y_0=420$ ,  $y_2=520$ ), при цьому електроенергія не дефіцитна ( $y_1=0$ ).

### Література

1. Гур'єв В.І., Фірсова І.В. Математичне моделювання за допомогою Mathcad // Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 20169: тези доповідей 11 міжнародної науково-практичної конференції (Жукін, 27 червня – 1 липня 2016 р.) / М-во осв. і наук. України, Академія технологічних наук України, Інженерна академія України та ін. – Чернігів: ЧНТУ, 2016. – 476 с. – С. 385-389.

2. Сяєв А.В. Вступ до системи MathCad: Навч. посіб. – Д: Вид-во Дніпропетр. Ун-ту, 2004. – 108 с.

Чисельне обчислення функцій, характеристик матриць і розв'язування нелінійних рівнянь та систем рівнянь: Навч. посібник / Шаповаленко В. А., Буката Л. М., Трофименко О. Г. – Одеса: ВЦ ОНАЗ, 2010. – Ч. 1. – 88 с.

УДК 004

## СИСТЕМА ЕЛЕКТРОННОЇ РЕЄСТРАЦІЇ ДЛЯ ОТРИМАННЯ МЕДИЧНИХ ПОСЛУГ «НІЖИН МЕДИЧНИЙ»

М.О. Цирулін

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

Система електронної реєстрації для отримання медичних послуг «Ніжин медичний», надалі «СЕРДОМП» призначена для спрощення процедури реєстрації та доступу громадян до медичних послуг.

Головна мета створення СЕРДОМП – зменшити черги до лікарів та надання населенню детальної інформації про: аптеки, розміщення медичних закладів, проїзду до них, наявність певного обладнання, перелік спеціалістів та графік їх роботи. Впровадження такої системи допоможе значно скоротити час на відвідування медичного закладу, що в свою чергу, призведе до зменшення черг та збільшення ефективності медичної сфери міста.

З СЕРДОМП зможуть працювати звичайні користувачі в інформаційному режимі, пацієнти, лікарі, працівники реєстратури та модератор.

На рис. 1 зображена базова схема, що відображає структуру побудови та функціонування СЕРДОМП.

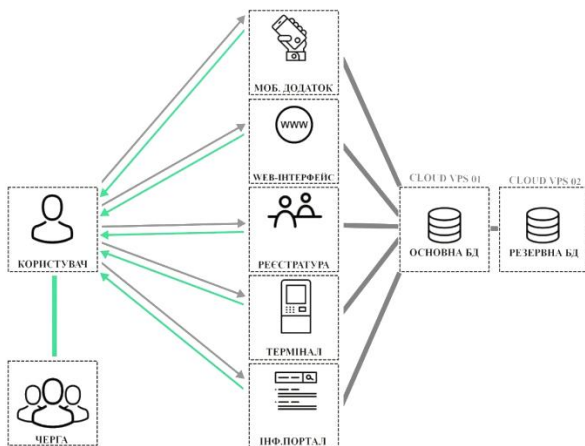


Рис. 1 Базова схема побудови та функціонування СЕРДОМП  
Функціональна й організаційна структура системи. Виділені підсистеми, їх перелік та призначення.

Система складається з наступних підсистем:

- Інформаційний портал. Відображає інформацію про медичні заклади міста та надає можливість записатися на прийом до лікаря.
- Реєстратура. Підсистема призначена для реєстрації користувачів в системі та запису їх до лікарів.
- Кабінет лікаря. Забезпечує перегляд стану черги на прийом.
- Мобільний додаток. За його допомогою користувачі звичайні користувачі зможуть переглядати інформацію, пацієнти – записуватися до лікарів, а лікарі – переглядати графік роботи.
- Термінал з веб-інтерфейсом. Забезпечує відображення інформації та запис на прийом до лікаря з друком довідки про запис на термопринтері.

Перелік завдань, що вирішуються в кожній підсистемі.

Підсистема «Інформаційний портал»:

1. Перегляд інформації про аптеки міста Ніжина:

- Назва, зображення;

- Адреса;
  - Графік роботи;
  - Контактні дані (телефонний номер, веб-сайт);
  - Карту проїзду.
2. Перегляд інформації про медичні заклади (лікарні, поліклініки, амбулаторії):
- Назва, зображення;
  - Адреса;
  - Графік роботи;
  - Контактні дані (телефонний номер, веб-сайт);
  - Карта проїзду;
  - Список наявного обладнання;
  - Список лікарів по спеціальностям;
3. Отримання інформації про лікаря, що закріплений за певним районом (за вказаною адресою/точкою на карті, знаходження за вулицею лікаря, відображення точки на карті).
4. Перегляд інформації про лікарів певного медичного закладу:
- Прізвище, ім'я, по-батькові, зображення;
  - Спеціальність;
  - Номер кабінету;
  - Штатний графік роботи;
  - Вільний та зайнятий час для запису на 2 дні наперед для лікарів первинної медичної допомоги та 2 тижні для лікарів-спеціалістів.
5. Запис до лікаря на прийом (вибір медичного закладу, спеціальності, лікаря; вибір вільного часу для прийому; введення особистих даних (прізвище та ім'я + телефонний номер при першій реєстрації, ID + прізвище при подальших записах); отримання довідки із зазначеною інформацією про прийом).
6. Видалення пацієнтом запису на прийом до лікаря (введення особистих даних, вибір потрібного запису з декількох активних).
7. Залишення відгуку про роботу системи/медичного закладу (введення особистих даних (ПІБ + телефон) та тексту повідомлення).
- Підсистема «Реєстратура»:
1. Запис пацієнта до бази даних системи.
  2. Запис пацієнта на прийом до лікаря.
  3. Видалення запису пацієнта на прийом до лікаря.
  4. Пошук пацієнта по особистим даним.
  5. Зміна особистих даних пацієнта.
  6. Зміна графіку роботи лікаря.
- Підсистема «Кабінет лікаря»:

1. Перегляд інформації про лікаря, його графік роботи.
2. Перегляд стану черг за минулий и наступний місяці із зазначенням вільних і зайнятих годин роботи з вказанням імен пацієнтів.
3. Підтвердження приходу пацієнта на прийом.
4. Запис пацієнта лікарем первинної медичної допомоги на прийом до лікаря-спеціаліста.

Підсистема «Мобільний додаток»:

1. Перегляд інформації про мережу медичних закладів Ніжина;
2. Запис пацієнтом на прийом до лікаря;
3. Видалення пацієнтом свого запису до лікаря;
4. Перегляд лікарем черги до нього на прийом;

Підсистема «Термінал»:

1. Перегляд інформації про мережу медичних закладів Ніжина;
2. Запис пацієнтом на прийом до лікаря;
3. Отримання паперової довідки з інформацією про прийом;
4. Видалення пацієнтом свого запису до лікаря;

Організація інформаційної бази. Джерела надходження даних та способи їх передачі.

Інформація в систему надходить:

- Від користувачів – відгуки з вказанням контактної інформації;
- Від пацієнтів – записи на прийом до лікарів з вказанням ID та прізвища, лікаря та дати прийому;
- Від всіх лікарів – дані, чи прийшов пацієнт на прийом чи ні. Від лікарів первинної медичної допомоги – записи пацієнта на прийом до лікаря-спеціаліста;
- Від працівників реєстратури – записи на прийом до лікаря з вказанням ID та прізвища, лікаря та дати прийому; особисті дані пацієнта; графіки роботи лікарів;
- Від адміністратора системи – дані про медичні заклади та аптеки, обладнання, лікарів, їх спеціальності та розклад.

Користувачі відправляють свої відгуки через форму на сайті/мобільному додатку/терміналі. Відгук з контактними даними залишається в базі даних.

Пацієнти зможуть записуватися до лікарів шляхом вибору на сайті/в мобільному додатку/на терміналі спеціальності/медичного закладу, лікаря, вільного часу та вводу даних для автентифікації (прізвище та ім'я + телефонний номер при першій реєстрації, ID + прізвище при подальших записах). В базі даних збережеться відповідний запис.

Лікарі зможуть через власний кабінет на сайті/в мобільному додатку відмічати, чи прийшли пацієнти на прийом. При цьому в базі даних

зміниться статус відповідного запису. Лікарі первинної медичної допомоги зможуть записувати пацієнта до лікарів-спеціалістів через власний кабінет на сайті/в мобільному додатку, вибравши спеціальність, лікаря, вільний час та ввівши дані пацієнта (ID + прізвище). В базі даних збережеться відповідний запис.

Працівники реєстратури зможуть через власний кабінет на сайті/в мобільному додатку реєструвати пацієнтів в мережі, змінювати в разі необхідності їх дані, записувати їх на прийом до лікарів чи видаляти запис. Відповідно в базі даних з'являються нові записи та пацієнти. Також через кабінет реєстратури можна змінювати розклад лікарів, часи їх прийому.

Адміністратор системи зможе змінювати все інформаційне наповнення. Інформацію про медичні заклади/аптеки/лікарів при цьому йому надають відповідні посадові особи.

Вся інформація з різних підсистем від різних користувачів запитом передається в базу даних й зберігається там постійно. Лікарі/працівники реєстратури/адміністратори мають авторизуватися, щоб отримати доступ до своїх функцій. Для доступу до системи користувачі мають бути під'єднані до інтернету або ж локальної системи медичного закладу.

УДК 004.056.

## **ОСОБЛИВОСТІ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ В УМОВАХ МЕРЕЖЕВИХ КІБЕРАТАК (ХАКЕРСЬКИХ АТАК)**

Г.Д. Тулайдан

*Інститут модернізації змісту освіти*

Інформаційне забезпечення управління діяльністю підприємства слід розуміти, як систему цілеспрямованих заходів щодо збирання, аналізу й доведення до відповідних підрозділів необхідної інформації, що відповідатиме вимогам ринку збуту, в результаті чого буде забезпечена висока ефективність діяльності будь-якого підприємства.

Діяльність сільськогосподарських підприємств в умовах економіки потребує вирішення складних питань упродовж максимально короткого періоду. Одним із найважливіших завдань для підприємств є забезпечення організації оперативного управління та ефективності виробництва.

Для інформаційного забезпечення підприємства необхідно враховувати основні етапи процесу оперативного управління підприємством тобто збір та обробка інформації, її оперативний аналіз та прийняття



управлінських рішень, якість яких визначає результативність виробничої діяльності. Центральне місце в цій системі займає управлінський облік, основним завданням якого є надання необхідної інформації менеджерам у процесі оперативного управління господарською діяльністю. Він забезпечує взаємозв'язок реальних кількісних показників із плановими, сприяє оперативному плануванню та надає оперативні дані про хід виробництва. Для прийняття управлінських рішень необхідно володіти інформацією про відхилення використання ресурсів від нормативного рівня та отриманих вигід порівняно із запланованими показниками. Інформаційне забезпечення виробничої діяльності підприємств є основою для розробки управлінських рішень, що дозволяє визначити недоліки оперативного управління та перспективи його подальшого розвитку.

Інформаційна безпека є одним з найважливіших аспектів інтегральної безпеки незалежно від розглянутого рівня – національного, галузевого, корпоративного або персонального. Слід зазначити, що інформаційна безпека не зводиться винятково до захисту інформації, це принципово більш широке поняття. Суб'єкт інформаційних відношень може постраждати (понести матеріальні або моральні збитки) не тільки від несанкціонованого доступу до інформації, але й від поломки системи, що викликала перерву в роботі. Крім того, трактування проблем, пов'язаних з інформаційною безпекою, для різних категорій суб'єктів може істотно розрізнятися. Наприклад, досить зіставити такі різні категорії суб'єктів, як режимні державні організації й комерційні структури. Інформаційна безпека представляє собою багатогранну сферу діяльності, у якій успіх можливий тільки при систематичному, комплексному підході.

Використовуючи аналогію кібератаки і атаки на сільськогосподарську операцію, для виявлення останньої необхідно враховувати такі аспекти:

Поінформованість події. Ідентифікація ситуації, також може включати в себе ідентифікацію типу атаки, джерело нападу, мета нападу.

Поінформованість про вплив атаки. Оцінка поточного впливу (оцінка збитку) і оцінка майбутнього впливу.

Відстеження розвитку ситуації (situation tracking).

Актори атаки. Аспект орієнтований на поведінку актора і його дії, а не на розвиток ситуації в цілому.

Аспект причинності, яка подія, чим викликана (back-tracking).

Якість зібраної інформації (правдивість, повнота, і актуальність);

Аспект прогнозування. Оцінка можливих варіантів майбутнього розвитку поточної ситуації.

Підтримка масових і різноманітних зв'язків підприємства через Internet з одночасним забезпеченням безпеки цих комунікацій є сьогодні основним фактором, що впливає на розвиток корпоративної інформаційної системи підприємства. Однією із найбільш актуальних задач, що стоїть зараз перед розроблювачами й постачальниками інформаційних технологій, є рішення проблем інформаційної безпеки, пов'язаної із широким поширенням Internet, intranet, extranet. Слід зазначити, що засоби злому комп'ютерних мереж і розкрадання інформації розвиваються так само швидко, як і всі високотехнологічні комп'ютерні галузі. У цих умовах забезпечення інформаційної безпеки є пріоритетним завданням для керівництва компанії, оскільки від збереження конфіденційності, цілісності й доступності корпоративних інформаційних ресурсів багато в чому залежить якість і оперативність прийняття стратегічних рішень і ефективність їхньої реалізації.

### **Література**

1. Михайлюк И.В. Использование принципов cyber defense situational awareness для выявления нарушений при выполнении сельскохозяйственных работ/ И.В. Михайлюк // II Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів «Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості 2015»: Івано-Франківськ, 2015. – С.64-65.
2. Гой Н. Особливості оперативного управління у підприємствах з переробки сільськогосподарської продукції: АГРАРНА ЕКОНОМІКА, // сільське господарство: стан та перспективи розвитку», 2012, Т. 5, № 1-2.
3. Муляр І. В., Джулій В. М. Представлення моделі ООБД інформаційного забезпечення тестового діагностування мікропроцесорних пристроїв // Вісник ТУП. – 2004. – № 2. Частина 1, том 1 – С.79– 83.

**ДЛЯ НОТАТОК**

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**МАТЕМАТИЧНЕ ТА ІМІТАЦІЙНЕ  
МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ  
МОДС 2017**

ДВНАДЦЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА  
КОНФЕРЕНЦІЯ  
(ЧЕРНІГІВ, 26 - 29 ЧЕРВНЯ 2017 Р.)

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Головний редактор  
Технічний редактор  
Комп'ютерна верстка

В. В. Казимир  
М.М. Войцеховська  
В.В.Нехай

Підписано до друку 10.06.2017.  
Формат 60x84 /16. Друк різнографія.  
Умов. друк. арк. 25,8.  
Тираж 120 пр. Зам. № 379/17.

Редакційно-видавничий відділ Чернігівського національного технологічного університету  
14027, м. Чернігів, вул. Шевченка, 95.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців,  
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції  
серія ДК № 4802 від 01.12.2014 р.