

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Сокоринської Наталії Василівни**

на тему «Інформаційна технологія підвищення достовірності інформації в безпроводових засобах передачі даних з адаптивними кодами», представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань Інформаційні технології за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

### **Актуальність теми дисертації**

Дисертація Сокоринської Наталії Василівни присвячена підвищенню достовірності інформації за допомогою розробки методів та моделей, що ґрунтуються на адаптивних коригувальних кодах.

Сучасні користувачі дедалі більше потребують підвищених швидкостей передавання даних та якісного безпроводового доступу до мережі Інтернет. У цьому контексті технології мобільного зв'язку четвертого покоління (4G Long Term Evolution) та п'ятого покоління (5G) набули широкого поширення. Водночас стрімкий розвиток інтернету речей зумовлює підвищений попит на використання технології 5G, яка забезпечує надзвичайно низькі затримки та високу надійність підключення.

На сьогодні методи підвищення достовірності передавання інформації в безпроводових системах передачі даних отримали широке й глибоке дослідження у працях як вітчизняних, так і зарубіжних науковців, серед яких найбільш відомі наступні вчені: А. Г. Зюко, Д. Д. Кловський, М. Л. Теплов, Л. М. Фінк, Л. Є. Варакін, В. Л. Банкет, В. І. Борисов, С. В. Зайцев, В. В. Казимир, К. Шеннон, Д. Форні, Р. Галлагер, Е. Арікан, Д. Дивсалар, Е. Поллара, Ф. Д. Мак-Вільямс, К. Берроу, Л. Хензо, А. Голдсмит, М. Валенті та ін.

Проте певні питання залишаються недостатньо вивченими та потребують подальшого дослідження, зокрема:

- розробка нових та вдосконалення існуючих методів підвищення достовірності передавання інформації в безпроводових системах передачі даних;
- для реалізації принципу адаптації необхідні знання щодо стану каналу передачі даних на протязі певного проміжку часу або проміжку передачі деякої тестової послідовності по службовому каналу передачі даних. Як загальноприйняту кількісну оцінку стану каналу передачі зазвичай використовують відношення сигнал/завада або відношення енергії сигналу до спектральної густини потужності шуму. Якщо прийняти енергію сигналу за постійну величину, то для оцінки каналу необхідні відомості про спектральну щільність потужності завади;



– адаптації структури доцільно передбачати використання багатокомпонентних турбокодів та різних класів коригувальних кодів;

– параметрична адаптація турбокодів має враховувати зміну поліномів компонентних кодів, модифікацію перемешувачів кодера та декодера, регулювання кількості ітерацій декодування, а також реалізацію механізму адаптації розміру вхідного блоку даних;

– ефективним і перспективним є використання адаптивних систем і кодових конструкцій, що базуються на турбокодах та LDPC-кодів, технологій розширення спектра сигналу, а також сучасних підходів MIMO, HARQ та OFDM;

– у процесі функціонування адаптивних систем при підвищенні інтенсивності шумів та завад підтримка заданого рівня достовірності інформації ускладнюється, що зумовлює потребу в застосуванні багаторівневої адаптації для забезпечення надійної передачі даних.

Таким чином, дисертація присвячена розв'язанню актуальної науково-прикладної задачі, що несе у собі важливе наукове, практичне та технічне значення для створення перспективних безпроводових систем передачі даних – підвищення достовірності інформації за допомогою розробки методів та моделей, що ґрунтуються на адаптивних коригувальних кодах.

#### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

– вперше представлено метод підвищення достовірності передавання інформації у безпроводових системах за рахунок адаптивного визначення розміру діаграм станів. Наукова новизна розробленого методу полягає в тому, що, на відміну від існуючих підходів, реалізується адаптивне налаштування розміру діаграми станів кодера і декодера турбокоду з урахуванням відношення сигнал/шум у каналі та нормалізованої кількості змін знаку апостеріорно-апріорних логарифмічних відносин функцій правдоподібності переданих бітів;

– вперше розроблено метод оцінки достовірності інформації в умовах апріорної невизначеності, сутність якого полягає в розрахунку показника невизначеності декодування, за рахунок використання апріорної та апостеріорної інформації декодера турбокоду та інформації про значення дисперсії завад. На відміну від відомих результатів, за рахунок використання зміни знаків апріорних і апостеріорних логарифмічних відношень функцій правдоподібності при ітеративному декодуванні та обліку значень дисперсії завад у параметрі каналної надійності, метод дозволяє отримувати значення достовірності інформації (коефіцієнт помилки) без використання додаткового службового каналу або додаткових методів аналізу без використання надмірності інформаційної послідовності;



– набула подальшого розвитку математичну модель оцінки дисперсії завад для адаптивних турбокодів, що дозволяє зменшити похибку оцінки стану каналу та підвищити достовірність інформації в безпроводових системах передачі даних. Похибка оцінки стану каналу складає 0,25-0,7 дБ в залежності від ітерацій декодування турбокоду. Відмінність розробленої математичної моделі від існуючих, що визначає її новизну, полягає що оцінка дисперсії завад здійснюється за рахунок аналізу результатів розрахунку правдоподібності даних, застосовуваних під час декодування даних багатокомпонентних турбокодів, та врахуванні отриманих значень при ітеративному декодуванні.

В дисертації наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Сокоринської Наталії Василівни повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Інформаційні технології.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям інформаційні технології.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Сокоринської Наталії Василівни є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

### **Мова та стиль викладення результатів**

Дисертаційна робота написана українською мовою. Матеріал викладено структуровано, послідовно та з використанням коректної наукової термінології.

Структура дисертації є класичною та логічно обґрунтованою, забезпечуючи послідовний перехід від постановки проблеми до її вирішення та верифікації результатів.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 147 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність покращення ефективності безпроводових засобів передачі даних в умовах впливу завад за рахунок розробки методів на основі адаптації кодових конструкцій, показано зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Сформульовано наукову новизну, практичну цінність, а також перелік задач, що вирішуються в межах дослідження.



Так, в першому розділі дисертації проведено дослідження сучасних систем передачі інформації, основних факторів порушення достовірності інформації, існуючих методів підвищення достовірності інформації в сучасних безпроводових системах передачі даних, яке показало, що перспективним напрямком вирішення задачі підвищення достовірності інформації за умов впливу завад є застосування адаптації кодових конструкцій.

На основі дослідження декодування турбокодів в другому розділі дисертації вперше розроблено метод підвищення достовірності передачі інформації у безпроводових системах за рахунок адаптивний вибір розміру діаграм станів. Суть підходу – оптимізація кодера і декодера турбокоду з використанням запропонованого показника невизначеності декодування, що забезпечує підвищення достовірності без зниження пропускної здатності мереж безпроводового зв'язку.

На відміну від відомих методів, адаптивний вибір розміру діаграм станів залежить від співвідношення сигнал/шум у каналі та нормалізованої кількості змін знаку апостеріорно-апріорних логарифмічних відносин функцій правдоподібності переданих бітів.

В третьому розділі дисертаційного дослідження проведено аналіз процедур кодування за максимумом апостеріорної ймовірності, і за результатами аналізу запропоновано метод оцінки достовірності інформації в умовах апріорної невизначеності. Сутність методу полягає в розрахунку показника невизначеності декодування, який є аналогом достовірності інформації, за рахунок за рахунок використання апріорної та апостеріорної інформації декодера турбокоду та інформації при значення дисперсії завад.

Аналіз моделювання показує, що зі збільшенням ітерацій декодування та розміру блоку даних точність оцінки достовірності інформації, що розраховується декодером без зменшення пропускної спроможності, наближається до оцінки достовірності з використанням додаткового службового каналу. Так, для  $N = 1000$ , вісім ітерацій декодування, відношення сигнал/шум рівного 1,4 дБ, значення ймовірності помилки декодування (при використанні додаткового службового каналу) дорівнює  $5 \cdot 10^{-5}$ , а значення показника невизначеності декодування (коефіцієнта помилок) –  $9 \cdot 10^{-5}$ .

Аналіз відомих моделей оцінки стану каналів передачі для безпроводових систем передачі інформації проведено в четвертому розділі дисертації. За результатами аналізу вперше запропоновано математичну модель оцінки дисперсії завад для адаптивних турбокодів. Сутність моделі полягає в розрахунку дисперсії завад типу білий гаусівський шум за використання апріорної та апостеріорної інформації декодера багатокomпонентного турбокоду.



Відмінність розробленої математичної моделі від існуючих, що визначає її новизну, полягає що оцінка дисперсії завад здійснюється за рахунок аналізу результатів розрахунку логарифмічних відношень функцій правдоподібності при декодуванні багатокomпонентних турбокодів, та врахуванні отриманих значень при ітеративному декодуванні.

Застосування математичної моделі дозволяє зменшити похибку оцінки стану каналу та підвищити достовірність інформації в безпроводових системах передачі даних. Похибка оцінки стану каналу складає 0,25–0,7 дБ в залежності від ітерацій декодування турбокоду.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи**

Наукові результати дисертації висвітлені у 17 наукових роботах, у тому числі 9 статтях, з них 3 статей у наукових виданнях, які входять до міжнародної наукометричної бази Scopus, 6 статей у фахових виданнях України з технічних наук, 8 публікацій у матеріалах міжнародних та всеукраїнських конференцій.

Порушень принципів академічної доброчесності у публікаціях не виявлено, що свідчить про належну апробацію результатів.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи**

При загальній позитивній оцінці дисертаційної роботи, варто виділити такі дискусійні питання та зауваження:

1. В дисертаційній роботі не наведено результати моделювання системи при різних видах модуляцій сигналу.

2. При моделюванні не зрозуміла точність та достовірність одержаних результатів.

3. Не зрозуміло до яких саме систем можна впроваджувати результати дисертації.

4. В дисертації не розглянуто складність основних алгоритмів кодування.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Сокоринської Наталії Василівни на тему «Інформаційна технологія підвищення достовірності інформації в безпроводових засобах передачі даних з адаптивними кодами» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має

істотне значення для інформаційних технологій. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в пп. 6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Сокоринська Наталія Василівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань Інформаційні технології за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

**Офіційний опонент:**

доцент кафедри інформаційної та кібернетичної  
безпеки імені професора Володимира Бурячка  
Київського столичного  
університету імені Бориса Грінченка,  
кандидат технічних наук, доцент

Володимир СОКОЛОВ

