

ВІДГУК

офіційного рецензента на дисертаційну роботу

Курбета Павла Миколайовича

на тему «Методи параметричної адаптації турбо кодів в безпроводових засобах передачі даних», представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань Інформаційні технології за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

Актуальність теми дисертації.

Дисертаційне дослідження Курбета Павла Миколайовича присвячене дослідженню актуальних проблем безпроводових засобів передачі даних, їх підвищення ефективності, забезпечення достовірності інформації в умовах апіорної невизначеності за рахунок розробки методів параметричної адаптації турбо кодів.

На сьогоднішній день в світі впроваджуються системи безпроводового доступу за технологією 5G. При цьому, комерціалізація 5G починається приблизно з 2020 року. Передбачається, що 6G буде забезпечувати кращі комунікації для людей і речей (технологія IoT), та буде охоплювати тенденцію розумного суспільства.

У роботі К.Шеннона 1948 року показано, що передача даних з малою кількістю помилок по безпроводовому каналу можлива, якщо використовується довгий випадковий завадостійкий (канальний) код. З тих пір були докладені величезні зусилля до пошуку нових методів передачі з метою наближення до пропускної здатності каналу.

В сучасних безпроводових системах передачі даних для забезпечення достовірності інформації застосовуються технології адаптивного кодування, OFDM, MIMO. В якості завадостійких кодів найбільш розповсюджені на даний час турбо коди, коди з низькою щільністю перевірки парності (LDPC-коди) та полярні коди.

Для підвищення достовірності передачі інформації передбачено застосовувати методи адаптації кодових конструкцій. Сучасні методи адаптації розглядають зміну одного параметру – швидкості кодування. При цьому не врахована зміна параметрів компонентних кодів, алгоритмів декодування, ітерацій декодування. Тому необхідно розглянути адаптацію цих параметрів.

Тому у дисертації вирішується актуальна науково-прикладна задача, що має важливу наукову, практичну й технічну спрямованість при побудові сучасних безпроводових засобів передачі даних – підтримання на заданому рівні достовірності інформації за рахунок розробки методів параметричної адаптації кодових конструкцій.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. В роботі було вперше представлено метод зміни компонентних кодів турбо кодів з використанням проходження станів просторової решітки, що дозволить підвищення ефективності функціонування безпроводових систем передачі інформації та зменшити кількість помилок на 10-17% для заданих

рівнів сигналів та завад. Відмінність розробленого методу від існуючих, що визначає його новизну, полягає в комплексному застосуванні при адаптації поліномів рекурсивних систематичних згорткових кодів та швидкостей кодування, в залежності від значень функції якості. Це зменшує помилки при прийомі інформації в зашумлених каналах передачі даних.

2. Вперше запропоновано метод параметричної адаптації перевірочних поліномів компонентного рекурсивного систематичного згорткового коду турбо коду. Це підвищує цілісність даних, при цьому кількість помилок зменшується на 8-13 %. Даний метод, на відміну від інших запропонованих методів, при адаптації змінює поліноми прямих та зворотних зв'язків компонентного рекурсивного систематичного згорткового коду турбо коду, що впливає на кодове обмеження, діаграму станів кодера та декодера турбо коду та на коригуючу здатність турбо коду, яку можна адаптувати.

3. В дисертаційній роботі вперше запроваджено метод швидкого формування первинних поліномів рекурсивних систематичних згорткових кодів турбо кодів з використанням генетичного алгоритму. Це дозволяє підвищити цілісність даних, а завадозахищеність покращується до 0,65 дБ для різних довжин кодового обмеження РСЗК і швидкостей кодування турбо коду при впливі завад у порівнянні із застосуванням поліномів при формуванні РСЗК, які запропоновані у відомих раніше роботах.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене 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 Курбета Павла Миколайовича 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 Курбета Павла Миколайовича 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 обгрунтованою, 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 149 сторінок.

У **вступі** обґрунтовано актуальність покращення ефективності безпроводових засобів передачі даних в умовах впливу завад за рахунок розробки методів на основі параметричної 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.

В **першому розділі** дисертації проведено дослідження сучасних систем передачі інформації, основних зовнішніх впливів, які впливають на збільшення помилок в засобах телекомунікацій, існуючих методів зменшення помилок в сучасних безпроводових системах передачі даних, яке показало, що перспективним напрямком вирішення задачі забезпечення достовірності інформації за умов впливу потужних завад є застосування параметричної адаптації кодових конструкцій.

В **другому розділі** дисертації на основі дослідження методів кодування та декодування турбо кодів вперше розроблено метод адаптації компонентних кодів турбо кодів зміни станів вузлів просторової решітки, що дозволяє підвищити надійність передачі інформації внаслідок зміни параметрів компонентних кодів турбо кодів шляхом обходу зміни стану вузлів решітки та впровадження функції цілі.

На відміну від існуючих методів та алгоритмів, цей метод передбачає сумісне використання при адаптації поліномів рекурсивних систематичних згорткових кодів та швидкостей кодування, в залежності від значень цільової функції, що призводить до зменшення помилок при передачі інформації в умовах впливу завад, при цьому зменшується кількість помилок на 10-17% в залежності від відношення сигнал-шум в каналі.

В **третьому розділі** дисертаційного дослідження проведено аналіз методів адаптації для вибору перевірочних поліномів компонентного рекурсивного систематичного згорткового коду, і за результатами аналізу вперше запропоновано метод параметричної адаптації перевірочних поліномів компонентного рекурсивного систематичного згорткового коду турбо коду.

Сутність методу полягає в підвищенні ефективності функціонування безпроводових систем передачі інформації за рахунок адаптації прямих та зворотніх поліномів компонентного рекурсивного систематичного згорткового коду турбо коду шляхом рішення оптимізаційної задачі.

Новизна методу полягає в зміні адаптації поліномів прямих та зворотніх зв'язків компонентного рекурсивного систематичного згорткового коду турбо коду, що впливає на кодове обмеження, діаграму станів кодера та декодера турбо коду та на коригуючу здатність турбо коду, яку можна адаптувати.

Використання методу дозволяє зменшити кількість помилок на 8-13 % в залежності від відношення сигнал-шум в каналі, тим самим підвищити ефективність функціонування безпроводових систем передачі інформації.

В **четвертому розділі** дисертації проведено обґрунтування та вибір алгоритму пошуку перевірочних поліномів компонентного рекурсивного

систематичного згортчного коду. За результатами аналізу вперше запропоновано метод підготовки начальних поліномів для рекурсивних систематичних згортчних кодів турбо кодів з використанням генетичного алгоритму.

Відмінність розробленого методу від існуючих, що визначає його новизну, полягає в застосуванні при підготовці начальних поліномів для рекурсивних систематичних згортчних кодів турбо кодів генетичного алгоритму та показника кількості змін знаку апіорно-апостеріорної інформації декодера турбо коду, який характеризує якість декодування.

Отримані результати оцінки ефективності запропонованого методу показали, що використовуючи початкові рекурсивні систематичні згортчні коди (РСЗК), отримані за допомогою запропонованих поліномів, енергетичний виграш в завадозахищеності складає до 0,65 дБ для різних довжин кодового обмеження РСЗК і швидкостей кодування турбо коду при впливі завад у порівнянні із застосуванням поліномів при формуванні РСЗК, які запропоновані у відомих раніше роботах.

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 6 наукових роботах, у тому числі 3 статті у фахових виданнях України з технічних наук, 1 стаття у збірнику, що входить до наукометричної бази Scopus, 2 публікації у матеріалах міжнародних та всеукраїнських конференцій.

Також результати дисертації були апробовані на 2 наукових фахових конференціях.

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 дисертації не вказується, які типи коригувальних кодів та технології цифрової обробки сигналів використовуються для передачі інформації каналом зворотнього зв'язку, який теж підлягає впливу завад.

2. Автором не наведено перевірку ефективності імітаційної моделі, яка використовувалась для підтвердження основних результатів дисертаційної роботи.

3. В дисертації доцільно було б показати результати додаткового врахування логарифмічних відношень функцій правдоподібності про передані біти з попередніх декодерів для підвищення точності оцінки дисперсії завад в адаптивному декодері турбокоду.

4. Не наведено математичний апарат опису моделей основних видів завад, які досліджувались в роботі.

5. В тексті дисертації наявні поодинокі стилістичні неточності та друкарські помилки.

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 Курбета Павла Миколайовича на тему «Методи параметричної адаптації турбо кодів в безпроводових засобах передачі даних» 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 п.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 Курбет Павло Миколайович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань Інформаційні технології за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

Офіційний рецензент:

Завідувач відділу ІТГПІ НАНУ
доктор технічних наук,
професор



Василь ТРИСНЮК

«13» жовтня 2025 року

Власноручний підпис доктора технічних наук, професора Василя Триснюка
завіряю:

Начальник відділу кадрів

МП



Олена РАДЧУК

«13» жовтня 2025 року