Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Відділ інформаційних та комунікаційних технологій

Сучасні підходи до кодування у системах передачі даних

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Третій (освітньо-науковий)***
Галузь знань	*Галузь 12 Інформаційні технології*
Спеціальність	*122 – Комп'ютерні науки*
Освітньо-наукова програма	*Інформаційні технології*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна (денна)*
Рік підготовки, семестр	*2 рік, весняний семестр*
Обсяг дисципліни	*90 годин / 3 кредити ЄКТС* *(лекції – 20 год., практичні заняття – 6 год., СРС – 64 год.)*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*залік, модульна контрольна робота*
Розклад занять	*2 год лекційних та 1 год практичних занять на тиждень*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекції та практичні заняття проводить: *к.т.н., Василенко Владислав Михайлович*
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна "Сучасні підходи до кодування у системах передачі даних" *направлена на отримання теоретичної бази, яка необхідна при засвоєнні прикладних питань одержання знань з типових методів, алгоритмів та технологій кодування інформації, вивчення принципів завадостійкого кодування інформації, вивчення методів декодування інформації за алгебраїчними рівняннями та за основними теоремами теорії ймовірності, вивчення методів ітеративного декодування за критеріями максимуму функцій правдоподібності.*

Мета: *набуття здатності продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні науково-прикладні задачі та проблеми в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності у сфері комп'ютерних наук на основі теоретичних та практичних навичок по застосуванню сучасних моделей, методів і технологій кодування інформації в системах мобільного зв'язку покоління 5G та в системах інтернету речей IoT.*

Предмет вивчення – *сучасні моделі, методи, алгоритми, технології кодування інформації в системах мобільного зв'язку покоління 5G та в системах інтернету речей IoT, процеси та способи отримання, обробки, аналізу, представлення, передачі, зберігання даних в системах мобільного зв'язку покоління 5G.*

Програмні результати навчання:

ЗК 01 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
ЗК 02 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
ЗК 04 Здатність розв'язувати комплексні проблеми комп'ютерних наук на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.
ЗК 06 Здатність до набуття концептуальних та методологічних знань в галузі чи на межі галузей знань або професійної діяльності, використання спеціалізованих умінь/навичок і методів, необхідних для розв'язання значущих проблем у сфері професійної діяльності, науки та/або інновацій, розширення та переоцінки вже існуючих знань і професійної практики, безперервного саморозвитку та самовдосконалення.

Спеціальні (Фахові) компетентності:

СК 01 Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у комп'ютерних науках та дотичних до них міждисциплінарних напрямах і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з комп'ютерних наук та суміжних галузей.
СК 02 Здатність застосовувати сучасні методології, методи та інструменти експериментальних і теоретичних досліджень у сфері комп'ютерних наук, сучасні цифрові технології, бази даних та інші електронні ресурси у науковій та освітній діяльності.
СК 03 Здатність виявляти, ставити та вирішувати дослідницькі науково-прикладні задачі та/або проблеми в сфері комп'ютерних наук, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.
СК 06 Здатність аналізувати та оцінювати сучасний стан і тенденції розвитку комп'ютерних наук та інформаційних технологій.
СК 08 Здатність дотримуватись академічної та професійної доброчесності, морально-етичних правил поведінки, етики досліджень в академічному середовищі.

Програмні результати навчання

ПРН 01 Мати передові концептуальні та методологічні знання з комп'ютерних наук і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напряму, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.
ПРН 03 Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.
ПРН 04 Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у комп'ютерних науках та дотичних міждисциплінарних напрямах.
ПРН 05 Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з комп'ютерних наук та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.
ПРН 06 Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.
ПРН 07 Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проєкти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми комп'ютерної науки з

дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

ПРН 10 Відшуковувати, оцінювати та критично аналізувати інформацію щодо поточного стану та трендів розвитку, інструментів та методів досліджень, наукових та інноваційних проєктів з комп'ютерних наук

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна «Сучасні підходи до кодування у системах передачі даних» вивчається у весняному (четвертому) семестрі, тому для успішного засвоєння дисципліни необхідні знання з дисциплін «Стан та перспективи розроблення інформаційних технологій та комп'ютерних систем», «Сучасні методи, моделі та технології оброблення даних у інформаційно-комунікаційних системах». Для вивчення дисципліни «Сучасні підходи до кодування у системах передачі даних» аспірант має бути знайомий з основами телекомунікаційних систем і технології та мати навички програмування. На результатах навчання з дисципліни «Сучасні підходи до кодування у системах передачі даних» базуються такі освітні компоненти, як «Сучасні інформаційні технології та системи підтримки прийняття рішень в управлінні складними системами в умовах невизначеності та ризику» та написання дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Основи кодування інформації

Тема 1. *Огляд сучасних систем кодування та передачі даних.*

Сучасний стан систем передачі даних. Огляд сучасних систем кодування в оборонній сфері.

Тема 2. *Принципи завадостійкого кодування.*

Основні поняття та визначення. Характеристика завадостійких кодів. Декодування завадостійких кодів. Приклади використання в оборонній сфері.

Тема 3. *Систематичні блочні коди*

Алгебраїчний опис систематичних кодів.

Коди Хеммінга.

Циклічні коди.

Коди БЧХ.

Основи теорії скінчених полів.

Приклади систематичних кодів.

Завадостійкість декодування блочних кодів.

Згорточні коди

Структура і характеристики згорточних кодів.

Алгоритм декодування Вітербі.

Завадостійкість декодування згорточних кодів.

Розділ 2. Каскадні коди

Тема 4. *Концепція побудови каскадних кодів*

Дистанційні характеристики каскадних кодів.

Різновиди послідовно-паралельної структури побудови каскадних кодів.

Алгоритми декодування каскадних кодів.

Тема 5. *Каскадні коди на базі кодів Ріда-Соломона як внутрішніх кодів*

Основні поняття та концепції.

Алгоритми кодування та декодування кодів Ріда-Соломона.

Математичний аппарат оцінки достовірності інформації для кодів Ріда-Соломона.

Тема 6. *Каскадні коди на базі кодів Ріда-Малера як внутрішніх кодів*

Основні поняття та концепції.

Алгоритми кодування та декодування кодів Ріда-Малера.

Розділ 3. Коди з малою щільністю перевіркою на парність (LDPC-коди) та турбо коди
Тема 7. *Коди з малою щільністю перевіркою на парність (LDPC-коди)*
Принципи побудови LDPC-кодів.
Основні алгоритми декодування LDPC-кодів.
Дослідження достовірності інформації при використанні LDPC-кодів.
Огляд використання в оборонній сфері.
Тема 8. *Турбо коди*
Решітчаста діаграма рекурсивного систематичного згорточного коду.
Конкатенація рекурсивних систематичних згорточних кодів.
Розподіл ваги турбо коду.
Різновиди побудови турбо кодів.
Методи формування перемежувачів для турбо кодів.
Основні алгоритми декодування турбо кодів.
Різновиди побудови складних турбо кодів.
Приклади застосування турбо кодів в оборонній сфері.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. *Ryan W. E. Channel Codes : Classical and Modern / W. E. Ryan, S. Lin, S. G. Wilson. – 2nd ed. – Cambridge : Cambridge University Press, 2024. – 790 p. https://doi.org/10.1017/CBO9780511803253*
2. *Suh C. Information Theory for Data Science / C. Suh. – Boston : Now Publishers, 2023. – 428 p. https://doi.org/10.1561/9781638281153*
3. *Holma H. 5G Technology: 3GPP Evolution to 5G-Advanced / H. Holma. – 2nd ed. – Wiley, 2024. – 656 p. https://doi.org/10.1002/9781119816058*
4. *Collin J. 5G Innovations for Industry Transformation: Data-Driven Use Cases / J. Collin, J. Pellikka, J. T. J. Penttinen. – Wiley, 2023. – 288 p. https://doi.org/10.1002/9781394181513*
5. *Bhushan B. 5G and Beyond / B. Bhushan, S. K. Sharma, R. Kumar, I. Priyadarshini. – Springer Singapore, 2023. – 305 p. https://doi.org/10.1007/978-981-99-3668-7*

Додаткова література

1. *Cormen T. H. Introduction to Algorithms / T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, C. Stein. – 4th ed. – Cambridge : MIT Press, 2022. – 1312 p. ISBN: 9780262046305*
2. *Stroustrup B. Programming : Principles and Practice Using C++ / B. Stroustrup. – 3rd ed. – Boston : Addison-Wesley Professional, 2024. – 656 p. ISBN 978-0-13-830868-1*
3. *McKinney W. Python for Data Analysis : Data Wrangling with pandas, NumPy, and Jupyter / W. McKinney. – 3rd ed. – O'Reilly Media, 2022. – 579 p. ISBN: 978-1-098-10403-0*
4. *Géron A. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow : Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems / A. Géron. – 2nd ed. – O'Reilly Media, 2019. – 848 p. ISBN: 978-1492032649*
5. *Li S. Fundamentals of Classical and Modern Error-Correcting Codes / Shu Li, Juane Li. – Cambridge : Cambridge University Press, 2021. – 840 p. https://doi.org/10.1017/9781009067928*
6. *Arora K. A survey on channel coding techniques for 5G wireless networks / K. Arora, J. Singh, Y. S. Randhawa // Telecommun. Syst. – 2020. – Vol. 73. – P. 637–663. https://doi.org/10.1007/s11235-019-00630-3*
7. *Zaitsev, S., Vasylenko, V., Tkach, Y., Posternak, Y., Lytvyn, S. (2022). Adaptive Selection of Turbo Code Parameters in Wireless Data Transmission Systems. In: Shkarlet, S., et al. Mathematical Modeling and Simulation of Systems. MODS 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 344. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89902-8_20*

8. Zaitsev, S. V., Vasylenko, V. M., Trysnyuk, T. V., & Sokorinska, N. V. (2023). Method of adaptation of cascade codes to ensure reliability of information transmission of wireless data transmission systems. Environmental Safety and Natural Resources, 47(3), 133–143. https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.3.133-143

9. Serhii Zaitsev, Vladyslav Vasylenko, Vasyl Trysnyuk, Taras Trysnyuk. Adaptive method for assessing information reliability under uncertainty for 5G and IoT systems. ITTAP 2023. Information technologies: Theoretical and Applied Problems 2023. P. 15-27. https://ceur-ws.org/Vol-3628/paper2.pdf

10. Vasylenko, Vladyslav & Zaitsev, Serhii & Tkach, Yuliia & Korchenko, Oleksandr & Ziubina, Ruslana & Veselska, Olga. (2024). Method of assessing the information reliability of in 5G wireless transmission systems. International Journal of Electronics and Telecommunications. 205-210. https://doi.org/10.24425/ijet.2024.149532

11. Vasylenko, V., Zaitsev, S., Trysnyuk, V., & Trysnyuk, T. (2025). METHOD OF ADAPTATION OF INTERLEAVING/DEINTERLEAVING DEVICES IN WIRELESS DATA TRANSMISSION SYSTEMS WITH LDPC CODES. 5rd International Conference on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, October 22–24, 2025. Ternopil, Ukraine, Opole, Poland. https://ceur-ws.org/Vol-4146/short10.pdf

12. Trofymchuk, O.M., Vasylenko, V.M. Adaptive Method for Selecting S-random Interleaver/Deinterleaver Parameters in Wireless Data Transmission Systems with LDPC Codes. Cybern Syst Anal (2026). https://doi.org/10.1007/s10559-026-00865-4

13. Vasylenko, V. (2025). Perspectives on the development of 5G wireless technologies in Ukraine. Environmental Safety and Natural Resources, 57(1), 199–204. https://doi.org/10.32347/2411-4049.2026.1.199-204

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№ п/п	Змістові модулі / теми	Кількість годин, відведених на:			Термін виконання
		лекції	прак. заняття	сам. робота.	
1	2	3	4	5	6
Т1	***Тема 1.*** *Огляд сучасних систем кодування та передачі даних. Сучасний стан систем передачі даних. Огляд сучасних систем кодування в оборонній сфері.*	*2*	-	*8*	1-й -2-й тижні
Т2	***Тема 2.*** *Принципи завадостійкого кодування. Основні поняття і визначення* *Основні поняття та визначення. Характеристика завадостійких кодів. Декодування завадостійких кодів. Приклади використання в оборонній сфері.*	*2*	-	*8*	3-й - 4-й тижні
Т3	***Тема 3.*** *Систематичні блочні коди* *Алгебраїчний опис систематичних кодів.* *Коди Хеммінга.* *Циклічні коди.* *Коди БЧХ.* *Основи теорії скінчених полів.* *Приклади систематичних кодів.* *Завадостійкість декодування блочних кодів.* *Згорточні коди* *Структура і характеристики згорточних кодів.* *Алгоритм декодування Вітербі.*	*2*	-	*8*	5-й -6-й тижні

	Завадостійкість декодування згорточних кодів.				
Т4	***Тема 4.*** *Концепція побудови каскадних кодів* *Дистанційні характеристики каскадних кодів.* *Різновиди послідовно-паралельної структури побудови каскадних кодів.* *Алгоритми декодування каскадних кодів.*	*2*	*-*	*8*	7-й - 8-й тижні
Т5	***Тема 5.*** *Каскадні коди на базі кодів Ріда-Соломона як внутрішніх кодів* *Основні поняття та концепції.* *Алгоритми кодування та декодування кодів Ріда-Соломона.* *Математичний аппарат оцінки достовірності інформації для кодів Ріда-Соломона.*	*2*	*-*	*8*	7-й -8-й тижні
Т6	***Тема 6.*** *Каскадні коди на базі кодів Ріда-Малера як внутрішніх кодів* *Основні поняття та концепції.* *Алгоритми кодування та декодування кодів Ріда-Малера.*	*2*	*2*	*8*	9-й –10-й тиждень
Т7	***Тема 7.*** *Коди з малою щільністю перевіркою на парність (LDPC-коди)* *Принципи побудови LDPC-кодів.* *Основні алгоритми декодування LDPC-кодів.* *Дослідження достовірності інформації при використанні LDPC-кодів. Огляд використання в оборонній сфері.*	*4*	*4*	*8*	11-й -12-й тижні
Т8	***Тема 8.*** *Турбо коди* *Решітчаста діаграма рекурсивного систематичного згорточного коду.* *Конкатенація рекурсивних систематичних згорточних кодів.* *Розподіл ваги турбо коду.* *Різновиди побудови турбо кодів.* *Методи формування перемежувачів для турбо кодів.* *Основні алгоритми декодування турбо кодів.* *Різновиди побудови складних турбо кодів.* *Приклади застосування турбо кодів в оборонній сфері.*	*4*	*4*	*8*	13-й -14-й тижні
МКР	*Модульна контрольна робота*				15-й тиждень
	Всього модуль	***20***	***10***	***60***	

6. Практичні/Лабораторні заняття

1	*Кодування інформаційного блоку даних кодами Хеммінга*
2	*Розрахунок ймовірнісних характеристик кодів БЧХ*
3	*Моделювання ймовірності бітової помилки для LDPC-кодів*

7. Самостійна робота студента/аспіранта

№	Вид самостійної роботи	Кількість годин (орієнтовно)
1.	*Самостійне опрацювання лекційного матеріалу*	*20*
2.	*Підготовка до практичних робіт*	*5*
3.	*Виконання завдань.* - *Дослідження ймовірнісних характеристик бітової помилки кодів Ріда-Малера* - *Моделювання каскадних кодових конструкцій на базі кодів Ріда-Малера* - *Моделювання LDPC-кодів.*	*15*
4.	*Робота з рекомендованою літературою*	*5*
5.	*Підготовка до заліку*	*15*
	Всього	**60**

Політика та контроль

8. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Вимоги, яких має дотримуватися студент в рамках даної дисципліни:

- *правила відвідування занять: відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання та проводяться контрольні заходи (тести) з поточної оцінки самостійної роботи студентів з засвоєння поточного матеріалу. Останні є складовою частиною поточного рейтингу і проводяться тільки у день проведення відповідних лекцій та практичних занять. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за своєчасність виконання студентами практичних та контрольних робіт, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички;*
- *правила поведінки на заняттях: студент повинен брати участь у розв'язку задач, готувати короткі доповіді;*
- *захист практичних робіт – захист відбувається у визначені терміні під час аудиторних занять;*
- *політика щодо академічної доброчесності – політика та принципи академічної доброчесності визначені у Етичному кодексі вченого Інституту телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України.*

9. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Семестровий контроль - залік. Рейтингова система оцінювання результатів навчання передбачає оцінювання заходів поточного контролю з дисципліни впродовж семестру. Рейтингова оцінка здобувача складається з балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю. Рейтингова оцінка доводиться до здобувачів на передостанньому занятті з дисципліни в семестрі. Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому

за розкладом занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи.

Для посилення зацікавленості здобувачів у якісному виконанні індивідуальних семестрових завдань, передбачених індивідуальним навчальним планом здобувача, рейтингову оцінку, у разі виконання залікової контрольної роботи, можна визначати як суму балів за залікову контрольну роботу та балів за індивідуальне семестрове завдання. У цьому випадку розмір шкали оцінювання залікової контрольної роботи зменшується на максимальне значення балів, передбачених за виконання відповідного індивідуального семестрового завдання.

Після виконання залікової контрольної роботи, якщо оцінка за залікову контрольну роботу більша ніж за рейтингом, здобувач отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи. Якщо оцінка за залікову контрольну роботу менша ніж за рейтингом, то здобувач отримує більшу з оцінок, що отримані за результатами залікової контрольної роботи або за рейтингом.

До відомості семестрового контролю викладач заносить рейтингові бали, отримані здобувачем у семестрі або за результатами виконання залікової контрольної роботи, та оцінку відповідно до цих балів

Критерії нарахування балів:

1. Практичні заняття оцінюються виходячи з максимальної кількості балів - 20 бали кожне:

- «відмінно» – 95 відсотків максимального балу;
- «добре» –75-95 відсотків максимального балу;
- «задовільно» – 60-75 відсотків максимального балу;
- «достатньо» – 50 відсотків – робота виконана, але не захищена.

Умови допуску до підсумкового контролю є зарахування усіх практичних робіт.

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

– виконання практичних (лабораторних) робіт;

– виконання самостійної роботи.

За період вивчення дисципліни студент може набрати 100 балів. Їх розподіл між видами робіт наведено в таблиці 1

Таблиця 1

Бали за виконання	Номер практичної роботи або теми					Разом
	1	2	3	4	5	
Практичної роботи	10	10	10	10	10	100
Самостійної роботи	10	10	10	10	10	

2. Залікова контрольна робота оцінюється за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», або незначні неточності);
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації. що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки);
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Залікова контрольна робота передбачається у вигляді тесту, критерії оцінювання тесту:

Кількість правильних відповідей	*Відсоток правильних відповідей*	*Оцінка за національною шкалою*	*Оцінка за шкалою ECTS*
48-50	*95-100*	*Відмінно*	*A*
41-47	*82-94*	*Дуже добре*	*B*
37-40	*75-81*	*Добре*	*C*
34-36	*69-74*	*Задовільно*	*D*
30-33	*60-68*	*Достатньо*	*E*
5-29	*10-13*	*Не задовільно*	*FX*

Відповідність рейтингових балів оцінкам за шкалою Інституту та *шкалою ECTS*

Рейтингова оцінка	*Оцінка за національною шкалою*	*Оцінка за шкалою ECTS*
90-100	*Відмінно*	*A*
82-89	*Дуже добре*	*B*
75-81	*Добре*	*C*
69-74	*Задовільно*	*D*
60-68	*Достатньо*	*E*
45-59	*Не задовільно*	*FX*
Невиконання умов допуску до семестрового контролю	*Не допущено*	

10. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *є можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів Coursera за відповідною тематикою – зараховується додатково до 10 балів до загального рейтингу студента, якщо студент набрав не менше 75 балів за період вивчення курсу та отримав відповідний сертифікат.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склав: к.т.н. Василенко Владиславом Михайловичем

Затверджено:

Вченою радою Інституту телекомунікацій
і глобального інформаційного простору
НАН України Протокол № 10 від 13 серпня 2026 р.

Введено в дію:

Наказом директора
Наказ від 14 серпня 2026 р. № 12