Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Відділ прикладної інформатики

Моделі, методи, технології штучного інтелекту та інтелектуальний аналіз даних
Робоча програма навчальної дисципліни (силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Третій (освітньо-науковий)***
Галузь знань	*Галузь F Інформаційні технології*
Спеціальність	*F3 – Комп'ютерні науки*
Освітньо-наукова програма	*Інформаційні технології*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна)*
Рік підготовки, семестр	*2 курс весняний семестр*
Обсяг дисципліни	*90 годин / 3 кредити ЄКТС* *(лекції – 20 год., практичні заняття – 10 год., СРС – 60 год.)*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*залік*
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: *д.т.н., доцент, Терентьєв Олександр Миколайович, o.terentiev@gmail.com*
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/ODc1MzM2MjM0MzMy?cjc=4mfofvfp

Програма навчальної дисципліни

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

Вивчення даної дисципліни забезпечується дисциплінами обов'язкового компоненту циклів загальної та професійної підготовки: «Теорія ймовірностей», «Програмування» та «Перспективні напрямки математичного моделювання складних систем та процесів різної природи». Вивчення дисципліни «Моделі, методи, технології штучного інтелекту та інтелектуальний аналіз даних» забезпечує засвоєння дисциплін нормативного блоку таких, як «Математичне моделювання і задачі статистичного оцінювання» та «Моделі і алгоритми систем з нейромережами» тощо.

Мета: *формування у здобувачів ступеня доктора філософії здатності до самостійного проведення оригінальних наукових досліджень у галузі аналізу, моделювання, ідентифікації та прогнозування динамічних систем і процесів на основі сучасних математичних моделей, методів і технологій штучного інтелекту та інтелектуального аналізу даних, з урахуванням нелінійності, стохастичності, високої розмірності та невизначеності реальних процесів.*

Предмет вивчення – *математичні моделі, методи та алгоритми штучного інтелекту й інтелектуального аналізу даних, що застосовуються для дослідження детермінованих і стохастичних динамічних систем та процесів, зокрема задачі моделювання, ідентифікації, структурної реконструкції, аналізу режимів функціонування, прогнозування, оптимального керування та оцінювання невизначеності на основі експериментальних і спостережних даних.*

Програмні результати навчання:

Загальні компетентності

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел

ЗК03. Здатність працювати в міжнародному контексті.

ЗК04. 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

Фахові компетентності

СК01. 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.

СК02. 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.

СК03. Здатність виявляти, ставити та вирішувати дослідницькі науково-прикладні задачі та/або проблеми в сфері комп'ютерних наук, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК04. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проєкти у галузі комп'ютерних наук та дотичні до неї міждисциплінарних проєктах, демонструвати лідерство під час їх реалізації.

СК06. Здатність аналізувати та оцінювати сучасний стан і тенденції розвитку комп'ютерних наук та інформаційних технологій

СК08. Здатність дотримуватись академічної та професійної доброчесності, морально-етичних правил поведінки, етики досліджень в академічному середовищі

Програмні результати навчання

ПРН01. 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.

ПРН03. 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.

ПРН04. 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.

ПРН05. 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.

ПРН06. 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.

ПРН08. Визначати актуальні наукові та практичні проблеми у сфері комп'ютерних наук, глибоко розуміти загальні принципи та методи комп'ютерних наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері комп'ютерних наук та у викладацькій практиці.

ПРН10. 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)

Передумовами вивчення дисципліни є базові знання з математичного моделювання, теорії ймовірностей і статистики, програмування, машинного навчання та аналізу даних, а також навички проведення чисельних експериментів і аналізу їх результатів.

Для опанування дисципліни «Моделі, методи, технології штучного інтелекту та інтелектуальний аналіз даних» аспірант повинен володіти базовими знаннями з постановки наукових задач і методів математичного моделювання, сучасних обчислювальних підходів, а також методики проведення чисельних експериментів і аналізу даних. Необхідною є здатність розробляти комп'ютерні моделі, реалізовувати їх у спеціалізованих програмних середовищах і створювати власні програмні рішення з використанням сучасних мов програмування. Крім того, аспірант має вміти розробляти, аналізувати та практично застосовувати знання з різних предметних галузей.

Результати навчання за дисципліною можуть бути використані здобувачами під час виконання наукового дослідження та підготовки дисертації доктора філософії.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. *Теоретико-методологічні засади застосування штучного інтелекту в дослідженні динамічних систем.*

Тема 2. *Математичні моделі динамічних систем у задачах інтелектуального аналізу даних.*

Тема 3. *Методи ідентифікації, параметричної та структурної реконструкції динамічних процесів за даними.*

Тема 4. *Методи машинного навчання для аналізу та прогнозування часових рядів і динамічних процесів.*

Тема 5. *Глибинні та операторні моделі в задачах відтворення нелінійної динаміки.*

Тема 6. *Імовірнісні та стохастичні методи інтелектуального аналізу динамічних систем.*

Тема 7. *Виявлення режимів функціонування, нестійкостей та аномалій у динамічних процесах.*

Тема 8. *Гібридні інтелектуальні моделі в дослідженні складних динамічних систем.*

Тема 9. *Інтелектуальні методи оптимального керування та прийняття рішень у динамічних системах.*

Тема 10. *Верифікація, валідація, інтерпретованість і наукова відтворюваність моделей штучного інтелекту.*

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Jin L., Liu Z., Li L. Prediction and identification of nonlinear dynamical systems using machine learning approaches // Journal of Industrial Information Integration. – 2023. – Vol. 35. – Art. 100503. – DOI: 10.1016/j.jii.2023.100503.

2. Zhang K., Chen Z., Wang J., Zhou C. Intelligent data-informed study of ionospheric TEC dynamics: learning partial differential equations via PINN, PDE-Net2, and SINDy // Intelligence & Robotics. – 2025. – Vol. 5(3). – P. 488–504. – DOI: 10.20517/ir.2025.25.

3. Park K. V. Towards a foundation model for physics-informed neural networks: multi-PDE learning with active sampling // arXiv preprint. – 2025. – Feb 11. – ID: 2502.07425.

4. Park K. V. AL-PINN: active learning-driven physics-informed neural networks for efficient sample selection in solving partial differential equations // arXiv preprint. – 2025. – Feb 6. – ID: 2502.03963.

5. Dinh V. C., Lalić B., Petrić M., Nguyen B., Roantree M. Adapting physics-informed neural networks to improve ODE optimization in mosquito population dynamics // arXiv preprint. – 2024. – Jun 7. – ID: 2406.05108.

6. Трофимчук О.М., Бідюк П.І., Терентьєв О.М., Просянкіна-Жарова Т.І. Математичне моделювання, інтелектуальний аналіз даних та штучний інтелект для підтримки прийняття рішень з повоєнного відновлення // Екологічна безпека та природокористування. – 2025. – вип. 3 (55). – с. 33-49. – ISSN: 2411-4049. – https://doi.org/10.32347/2411-4049.2025.3.33-49

7. Терентьєв О.М., Бедлінський К. І., Дуда В.О., Столяр М.В. Методика системного аналізу для торгівлі фінансовими активами, із використанням технічних індикаторів в моделях машинного навчання // Інформаційні технології та суспільство. – №3 (18), 2025. – ISSN: 2786-5460 (print), 2786-5479 (online). – doi: 10.32689/maup.it.2025.3. – https://journals.maup.com.ua/index.php/it/article/view/5183

8. Терентьєв О.М., Дуда В.О. Метод відновлення пропусків у даних на основі комбінованої моделі експоненційного згладжування // Екологічна безпека та природокористування. – 2025. – вип.

1 (53). – с. 125-131. – ISSN: 2411-4049. – https://doi.org/10.32347/2411-4049.2025.1.125-131 - ISSN: 2411-4049. – https://es-journal.in.ua/article/view/328615

9. Trofymchuk O., Bidiuk P., Terentiev O., Klymenko V. The methodology for adaptive modeling and forecasting nonlinear and nonstationary processes // Міжнародний науково-технічний журнал Проблеми керування та інформатики. – 2024, № 1. – 63-79 с. – ISSN 2786-6491 – https://jais.net.ua/index.php/files/article/view/216/302

10. Терентьєв О.М., Дуда В.О. Інформаційно-аналітична система для дослідження впливу майнінгу криптовалют на викиди CO2 // Екологічна безпека та природокористування. – 2024. – вип. 3 (51). – с. 141-150. – ISSN: 2411-4049. – https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.3.141-150. – https://es-journal.in.ua/article/view/314096

11. Trofymchuk O.M., Bidyuk P.I., Prosiankina-Zharova T.I., Terentiev O.M. Bayesian data analysis in modeling and forecasting nonlinear nonstationary financial and economic processes // Міжнародний науково-технічний журнал Проблеми керування та інформатики, 2023. – № 4. – 71-83 с. – ISSN 2786-6491. – https://jais.net.ua/index.php/files/article/view/114/207. – https://doi.org/10.34229/1028-0979-2023-4-6

12. Terentiev O., Prosyankina-Zharova T., Diakon, V., Manuilenco R. Development of mathematical models to support decision-making regarding the functioning of critical infrastructure in the industry of energy supply. Technology Audit and Production Reserves. 2023. – Vol. 6. – No. 2 (74). – p. 44-49. – ISSN 2664-9969. – https://journals.uran.ua/tarp/article/view/293205 - https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.293205

13. Terentiev O., Prosyankin D. Improvement of cereal harvest programming methods using computer simulation information technology // Екологічна безпека та природокористування. – 2023. – вип. 4 (48). – с. 153-169. – ISSN: 2411-4049. – https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.4.152-169. – http://es-journal.in.ua/issue/view/17663/10338

14. Terentiev O.M., Prosiankina-Zharova T.I., Savastiyanov V.V., Lahno V.A., Kolmakova V.A. The Features of Building a Portfolio of Trading Strategies Using the SAS OPTMODEL Procedure // Computation. – Switzerland, 2021, 9(7), 77. – https://doi.org/10.3390/computation907007777. – https://www.mdpi.com/2079-3197/9/7/77 - (Scopus Q2 https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100857172&tip=sid&clean=0)

15. Kuznietsova N.V., Trofymchuk O.M., Bidyuk P.I., Terentiev O.M., Levenchuk L.B. Bayesian modelling of risks of various origin // KPI Science News, no. 4, pp. 7–18, 2021. – ISSN print : 2617-5509, ISSN electronic: 2663-7472. – doi: 10.20535/kpisn.2021.4.251684. – http://scinews.kpi.ua/article/view/251684

Додаткова література

1. Knights V. A. Nonlinear dynamics and machine learning for robotic control in IoT framework // Future Internet. – 2024. – Vol. 16(12), Art. 435.

2. Дриньов Д. М., Мосьондз М. А., Авраменко Д. О. Моделювання динамічних процесів в задачах штучного інтелекту // Управління змінами та інновації. – 2024. – № 9. – 25-25 с. – DOI: 10.32782/CMI/2024-9-5.

Нормативно-правова література:

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції Державної цільової науково-технічної програми з використання технологій штучного інтелекту в пріоритетних галузях економіки на період до 2026 року» від 13 квітня 2024 р. № 320-р // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/go/320-2024-%D1%80 (дата звернення: 19.01.2026).

2. Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act) // Official Journal of the European Union. – L 1689, 12.7.2024. – URL: http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj (дата звернення: 19.01.2026).

Інформаційні ресурси:

1. Світовий центр даних КПІ - http://wdc.kpi.ua/uk (дата звернення: 06.06.2025).
2. Звіти компанії Gartner – https://www.gartner.com/en/insights (дата звернення: 11.02.2026).
3. Аналітичний онлайн-ресурс KDnuggets про Data Science, Machine Learning, AI та аналітики великих даних – https://www.kdnuggets.com/ (дата звернення: 06.06.2025).

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Для лекційних занять використовуються пояснювально-ілюстративний метод та метод проблемного виконання, для проведення практичних занять використовується дослідницький метод навчання: викладач ставить перед аспірантами проблему, і ті вирішують її самостійно або під керівництвом викладача.

За дистанційної форми навчання заняття проводять за допомогою платформи для проведення онлайн-зустрічей Zoom

Назви тем	**Кількість навчальних годин**				**Форми контролю**
	Усього годин (кредитів)	**Лекції**	**Комп'ютерний практикум**	**Самостійна робота аспірантів**	
	90 год	*20 год*	*10 год*	*60 год*	
Тема 1. Теоретико-методологічні засади застосування штучного інтелекту в дослідженні динамічних систем.	8	2		6	Участь у дискусії, тестування
Тема 2. Математичні моделі динамічних систем у задачах інтелектуального аналізу даних.	10	2	2	6	Участь у дискусії, тестування
Тема 3. Методи ідентифікації, параметричної та структурної реконструкції динамічних процесів за даними.	8	2		6	Участь у дискусії, тестування
Тема 4. Методи машинного навчання для аналізу та прогнозування	10	2	2	6	Участь у дискусії, тестування

часових рядів і динамічних процесів.					
Тема 5. Глибинні та операторні моделі в задачах відтворення нелінійної динаміки.	8	2		6	Участь у дискусії, тестування
Тема 6. Імовірнісні та стохастичні методи інтелектуального аналізу динамічних систем.	10	2	2	6	Участь у дискусії, тестування
Тема 7. Виявлення режимів функціонування, нестійкостей та аномалій у динамічних процесах.	8	2		6	Участь у дискусії, тестування
Тема 8. Гібридні інтелектуальні моделі в дослідженні складних динамічних систем.	10	2	2	6	Участь у дискусії, тестування
Тема 9. Інтелектуальні методи оптимального керування та прийняття рішень у динамічних системах.	8	2		6	Участь у дискусії, тестування
Тема 10. Верифікація, валідація, інтерпретованість і наукова відтворюваність моделей штучного інтелекту.	10	2	2	6	Участь у дискусії, тестування
Загалом	**90**	**20**	**10**	**60**	

6. Самостійна робота аспіранта

Розподіл годин самостійної роботи для аспірантів:

1. Підготовка до заліку – 2 год.

2. Опрацювання питань, які не розглядаються на аудиторних заняттях – 58 год., з них на виконання індивідуальних дослідницьких завдань – 8 год.

Усього 60 год.

Передбачено три індивідуально-дослідницькі завдання у межах самостійної роботи, що спрямовані на формування і розвиток практичних умінь підготовки публікацій, доповідей та проєктів з актуальних проблем

Індивідуально-дослідницьке завдання 1.

Моделювання та прогнозування динамічної системи за допомогою Neural ODE.

Мета: дослідити застосування Neural ODE для прогнозування поведінки нелінійної динамічної системи.

Послідовність виконання завдання:

1. Оберіть реальну або синтетичну динамічну систему (наприклад, маятник із демпфером, популяційну модель або фінансовий часовий ряд).
2. Побудуйте модель Neural ODE, що описує еволюцію стану системи.
3. Навчіть модель на частині даних та перевірте якість прогнозу на тестовій частині.
4. Проаналізуйте вплив параметрів ODE-солвера (RK4, adaptive step) на точність і стабільність прогнозу.
5. Підготуйте звіт із графіками, порівнянням реальних та прогнозованих траєкторій та коротким обговоренням результатів.

Індивідуально-дослідницьке завдання 2.

Виявлення change points у часових рядах динамічної системи

Мета: дослідити методи Change Point Detection (CPD) для ідентифікації зміни режимів у динамічних системах.

Послідовність виконання завдання:

1. Оберіть часовий ряд з реальної системи (економічні дані, сенсорні дані IoT або кліматичні дані).
2. Реалізуйте один класичний (CUSUM або Bayesian) та один сучасний (Kernel-based або ML-based) метод CPD.
3. Виявите моменти зміни режиму та проаналізуйте, як вони впливають на поведінку системи.
4. Порівняйте ефективність методів за точністю, чутливістю та обчислювальними витратами.
5. Підготуйте звіт із візуалізацією виявлених change points та коротким аналізом результатів.

Ключові навички: аналіз часових рядів, CPD, Python (ruptures, numpy, pandas), графічна візуалізація.

Індивідуально-дослідницьке завдання 3.

Physics-Informed Neural Networks для рішення PDE у динамічній системі

Мета: дослідити застосування PINN для розв’язання задач прямого або оберненого моделювання фізичних процесів.

Послідовність виконання завдання:

1. Оберіть фізичну задачу, описану PDE (наприклад, дифузія тепла, хвильове рівняння або реакція-дифузія).
2. Реалізуйте PINN для наближення розв’язку PDE, використовуючи нейронну мережу.
3. Навчіть модель із заданими граничними умовами та/або спостережуваними даними.
4. Порівняйте отриманий чисельний розв’язок з класичним чисельним методом (finite difference або finite element).

5. Підготуйте звіт із графіками, порівнянням точності, обговоренням переваг та обмежень PINN.

Результати опанування відповідного матеріалу перевіряються під час усного опитування і підсумкового (залік) контролю знань.

Самостійна робота аспірантів передбачає підготовку та поглиблене вивчення тем навчальної дисципліни за напрямками:

1. Побудова та аналіз моделей динамічних систем із застосуванням Neural ODE.
2. Виявлення зміни режимів (Change Point Detection) у часових рядах.
3. Розв’язання фізичних задач за допомогою Physics-Informed Neural Networks (PINN).
4. Ідентифікація динамічних систем із даних за допомогою SINDy.
5. Інтерпретація та пояснення моделей штучного інтелекту для динамічних систем.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Вимоги, яких має дотримуватися аспірант в рамках даної дисципліни:

- правила відвідування занять: відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, аспірантам 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 аспірантів 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 аспірантами практичних та контрольних робіт, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички;
- правила поведінки на заняттях: аспірант повинен брати участь у розв’язку задач, готувати короткі доповіді;
- захист практичних – 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.

8. 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*	

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *перелік питань, які виносяться на семестровий контроль у додатку*
- є можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів Coursera, EdX за відповідною тематикою – зараховується додатково до 10 балів до загального рейтингу аспіранта, якщо аспірант набрав не менше 75 балів за період вивчення курсу та отримав відповідний сертифікат.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склав: д.т.н., доцент Терентьєв Олександр Миколайович

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

Додаток 1. Теми і зміст лекцій

Тема 1. Теоретико-методологічні засади застосування штучного інтелекту в дослідженні динамічних систем.

Місце методів штучного інтелекту в сучасній прикладній математиці. Класи задач, обмеження, наукові виклики та напрями розвитку.

Тема 2. Математичні моделі динамічних систем у задачах інтелектуального аналізу даних.

Детерміновані та стохастичні моделі, моделі з розподіленими параметрами, операторні та дискретно-часові подання.

Тема 3. Методи ідентифікації, параметричної та структурної реконструкції динамічних процесів за даними.

Обернені задачі, регуляризація, sparsity-підходи, байєсівська ідентифікація.

Тема 4. Методи машинного навчання для аналізу та прогнозування часових рядів і динамічних процесів.

Статистичні та нейромережеві моделі, ансамблеві методи, порівняльний аналіз та обґрунтування вибору моделей.

Тема 5. Глибинні та операторні моделі в задачах відтворення нелінійної динаміки.

Опис динаміки прихованого стану у вигляді диференціальних рівнянь (Neural Ordinary Differential Equations), нейронні мережі з вбудованими фізичними, хімічними або біологічними законами системи в процес навчання (Physics-Informed Neural Networks), глибокі сурогатні моделі, апроксимація операторів еволюції.

Тема 6. Імовірнісні та стохастичні методи інтелектуального аналізу динамічних систем.

Стохастичні диференціальні рівняння, байєсівські мережі, фільтрація, оцінювання невизначеності.

Тема 7. Виявлення режимів функціонування, нестійкостей та аномалій у динамічних процесах.

Методи кластеризації, навчання на многовидах (manifold learning), аналіз фазових просторів, виявлення змін режимів (detection of regime shifts).

Тема 8. Гібридні інтелектуальні моделі в дослідженні складних динамічних систем.

Поєднання фізичних, математичних і data-driven моделей.

Тема 9. Інтелектуальні методи оптимального керування та прийняття рішень у динамічних системах

Методи оптимального керування, підкріплювальне навчання, багатокритеріальні та стохастичні задачі.

Тема 10. Верифікація, валідація, інтерпретованість і наукова відтворюваність моделей штучного інтелекту.

Метрики якості, explainable AI, стабільність рішень, етичні та методологічні аспекти використання штучного інтелекту в наукових дослідженнях.

Додаток 2. Теми і зміст комп'ютерних практикумів

Комп'ютерний практикум 1.
Data-driven аналіз і реконструкція динаміки за часовими рядами.

Зміст заняття:
Практикум присвячений аналізу часових рядів і відновленню фазового простору динамічної системи за спостереженнями.

Основні завдання практикуму:
1. попередня обробка часових рядів (нормалізація, фільтрація);
2. реконструкція фазового простору (вкладення Такенса);
3. оцінювання розмірності атрактора;
4. аналіз траєкторій у відновленому просторі станів.

Інструмент моделювання: MATLAB.

Очікувані результати: здобувач набуває навичок аналізу нелінійної динаміки за експериментальними даними та інтерпретації геометричних властивостей атракторів.

Літературні джерела:
1. Kantz H., Schreiber T. Nonlinear Time Series Analysis, Cambridge Univ. Press. 2010. – 388 p. – ISBN: 9780511755798. – https://doi.org/10.1017/CBO9780511755798
2. Brunton S., Kutz J. Data-Driven Science and Engineering, Cambridge Univ. Press. – 552 p. – https://www.researchgate.net/profile/Steven-Brunton-2/publication/331230334_Singular_Value_Decomposition_SVD/links/5e229cb5299bf1e1fab9fc1a/Singular-Value-Decomposition-SVD.pdf

Комп'ютерний практикум 2.
Ідентифікація параметрів та структурна реконструкція динамічних систем.

Зміст заняття:
Практична реалізація методів ідентифікації параметрів та відновлення структури диференціальних рівнянь за даними.

Основні завдання практикуму:
1. параметрична ідентифікація ODE;

2. виявлення математичних моделей нелінійних динамічних систем із розріджених даних (SINDy – Sparse Identification of Nonlinear Dynamics);
3. аналіз чутливості та стійкості параметрів;
4. порівняння ідентифікованих та еталонних моделей.

Інструмент моделювання: MATLAB.

Очікувані результати: здобувач набуває знань та умінь реконструювати математичні моделі динамічних процесів з даних та критично оцінювати якість ідентифікації.

Літературні джерела:
1. Brunton S., Proctor J., Kutz J. Discovering Governing Equations From Data by Sparse Identification of Nonlinear Dynamics (SINDy) // Presentation, April 2016. – https://www.researchgate.net/publication/301614486_Discovering_Governing_Equations_From_Data_by_Sparse_Identification_of_Nonlinear_Dynamics_SINDy

2. Samuel Rudy S., Alessandro Alla A., Steven A., L. Brunton L. and other. Data-Driven Identification of Parametric Partial Differential Equations // January 2019SIAM Journal on Applied Dynamical Systems 18(2):643-660. – DOI: 10.1137/18M1191944

Комп'ютерний практикум 3.

Машинне та глибинне навчання для прогнозування динамічних процесів/

Зміст заняття:

Застосування методів машинного та глибинного навчання до прогнозування часових рядів і складних динамічних систем.

Основні завдання:

1. навчитися будувати LSTM моделі;
2. порівнювати з класичними ARIMA моделями;
3. оцінювання точності коротко- та довгострокових прогнозів;
4. аналізувати перенавчання моделі.

Інструмент моделювання: Python (TensorFlow / PyTorch).

Очікувані результати: здобувач набуває практичних навичок використання глибинних моделей для прогнозування нелінійної динаміки.

Літературні джерела:

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. The MIT Press, 2016. – 776 p. – ISSN: 978-0262035613.

2. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory // Neural Computation. – 1997. – Vol. 9, No. 8. – P. 1735–1780. – DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735.

3. Box G. E. P., Jenkins G. M. Time Series Analysis: Forecasting and Control. San Francisco: Holden-Day, Wiley Series in Probability and Statistics, 2015. – 720 p.

Комп'ютерний практикум 4.

Використання нейронних мереж на основі диференційних рівнянь та нейронних мереж із урахуванням фізичних законів в задачах моделювання динаміки.

Зміст заняття:

Практичне ознайомлення з нейронними моделями неперервного часу та фізично-обґрунтованими нейронними мережами.

Основні завдання:

1. побудова нейронних мереж на основі диференційних рівнянь для динамічних систем;
2. реалізація нейронних мереж із урахуванням фізичних законів;
3. порівняння підходів орієнтованих на дані та фізичних законів;
4. аналіз збіжності та обчислювальної складності.

Інструмент моделювання: Python (TensorFlow / PyTorch).

Очікувані результати: здобувач оволодіває сучасними методами поєднання диференціальних рівнянь та нейронних мереж.

Літературні джерела:

1. Chen R. T. Q., Rubanova Y., Bettencourt J., Duvenaud D. Neural Ordinary Differential Equations // Advances in Neural Information Processing Systems 31 (NeurIPS 2018). – Montréal, Canada: NeurIPS, 2018. – P. 6572–6583.

2. Raissi M., Perdikaris P., Karniadakis G. E. Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations // Journal of Computational Physics. – 2019. – Vol. 378. – P. 686–707. – DOI: 10.1016/j.jcp.2018.10.045.

Комп'ютерний практикум 5.

Виявлення режимів, аномалій та валідація інтелектуальних моделей

Зміст заняття:

Методи виявлення змін режимів функціонування, нестійкостей і аномалій у динамічних процесах, а також оцінювання надійності моделей.

Основні завдання:

1. виявлення моменту часу, коли статистичні властивості процесу змінюються;
2. кластеризація режимів динаміки;
3. аналіз аномалій;
4. верифікація та валідація моделей;
5. пояснення та інтерпретація результатів.

Інструмент моделювання: Python (TensorFlow / PyTorch).

Очікувані результати: здобувач вчиться критично аналізувати результати інтелектуального моделювання та забезпечення наукової відтворюваності.

Літературні джерела:

1. Truong C., Oudre L., Vayatis N. Selective review of offline change point detection methods // Signal Processing. – 2020. – Vol. 167. – Art. 107299. – DOI: 10.1016/j.sigpro.2019.107299

2. Molnar C. Interpretable Machine Learning: A guide for making black box models explainable. San Francisco: Lulu.com, 2020. – 318 с. – ISBN 978-0244768522.

Додаток 3. Перелік питань до заліку з дисципліни

1. Дайте визначення динамічної системи.
2. Що таке станова простірна модель динамічної системи?
3. Поясніть різницю між лінійними та нелінійними динамічними системами.
4. Що таке звичайне диференціальне рівняння (ODE)?
5. В чому різниця між ODE та PDE?
6. Що таке початкова задача (Initial Value Problem) та крайова задача (Boundary Value Problem)?
7. Поясніть метод найменших квадратів у контексті оцінювання параметрів системи.
8. Що таке часова серія та які її основні характеристики?
9. Поясніть поняття стаціонарності та інстанціонарності часових рядів.
10. Що таке autocorrelation та cross-correlation і як їх використовують?
11. Що таке штучна нейронна мережа (ANN) і як вона моделює нелінійні залежності?
12. Поясніть відмінність між feedforward та recurrent нейронними мережами.
13. Що таке LSTM і для чого його використовують у динамічних системах?
14. Поясніть концепцію Neural ODE.
15. Що таке Physics-Informed Neural Networks (PINN)?
16. Поясніть поняття latent space у Neural ODE або VAE.
17. Що таке SINDy (Sparse Identification of Nonlinear Dynamics) і як його застосовують?
18. Поясніть різницю між data-driven і physics-driven моделями.
19. Що таке change point detection і які методи його реалізації існують?
20. Поясніть концепцію reinforcement learning у керуванні динамічними системами.
21. Що таке feature engineering у контексті часових рядів?
22. Поясніть методи зменшення розмірності даних (PCA, t-SNE).
23. Що таке кластеризація та її застосування до часових рядів?
24. Поясніть поняття supervised та unsupervised learning.
25. Що таке anomaly detection у динамічних системах?
26. Поясніть роль регуляризації в навчанні нейронних мереж.
27. Що таке hyperparameter tuning та як він впливає на якість моделі?
28. Поясніть поняття overfitting та underfitting.
29. Що таке cross-validation і як його використовують для оцінки моделей?
30. Поясніть концепцію explainable AI (інтерпретованого ШІ) у динамічних системах.
31. Поясніть метод Ейлера та його застосування для інтегрування ODE.
32. Що таке метод Рунге-Кутти (RK4) і чому він ефективний для нелінійних систем?
33. Що таке stiff system і які методи чисельного розв’язання для нього застосовують?
34. Поясніть поняття adjoint method у Neural ODE.
35. Що таке finite difference та finite element методи і де їх використовують?
36. Поясніть різницю між explicit та implicit solver для ODE/PDE.
37. Як поєднують фізичні закони та дані при побудові hybrid моделей?
38. Наведіть приклад застосування Neural ODE у фінансових або біологічних системах.
39. Як оцінити точність прогнозу динамічної системи за допомогою часових рядів?
40. Поясніть, як інтегрувати change point detection із моделюванням динамічних систем для адаптивного прогнозування.