



МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>121 Інженерія програмного забезпечення</i>
Освітня програма	<i>Інженерія програмного забезпечення інформаційних систем</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, осінний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5,5 кредитів (165 год)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/ Модульні контрольні роботи</i>
Розклад занять	
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н., професор, Стеценко Інна Вячеславівна, inna.stetsenko-fiot@ill.kpi.ua</i> Практичні / Семінарські: <i>немає за навчальним планом</i> Лабораторні: <i>ст. викл., Ph.D. Дифучин Антон Юрійович, difuchin@gmail.com</i> <i>ст. викл., Ph.D. Дифучина Олександра Юрійовна sashadif@gmail.com</i> <i>ас. Нестеренко Костянтин Павлович 2000kostia@gmail.com</i>
Розміщення курсу	Moodle: Моделювання систем (ws04jg) https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2504

Програма навчальної дисципліни

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

Вивчення дисципліни спрямовано на оволодіння технологіями розробки імітаційних моделей складних систем як на основі універсальних мов програмування (Java), так і на основі спеціалізованого програмного забезпечення (Arena, Simio, CPN IDE). Застосування моделей розглядається в контексті модулів інформаційних управляючих систем та систем прийняття рішень різного призначення. Дисципліна розвиває та удосконалює професійні навички програмування, набуті в попередні роки навчання, розвиває базові навички з розробки предметно-орієнтованих систем імітаційного моделювання та дослідницькі навички.

Предмет навчальної дисципліни – методи розробки програмного забезпечення імітаційного моделювання складних систем, технології розробки імітаційних моделей та їх застосування в інформаційних управляючих системах та системах прийняття рішень.

Метою дисципліни є вивчення студентами принципів та способів розробки, реалізації та дослідження моделей складних систем, надбання навичок розробки алгоритмів імітації дискретно-подійних систем.

За результатами вивчення дисципліни студент повинен **набути досвід** з розробки імітаційних алгоритмів моделей складних систем на базі універсальних мов програмування та розробки моделей складних систем з використанням спеціалізованого програмного забезпечення імітаційного моделювання.

Програмні результати навчання студента. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студент після засвоєння навчальної дисципліни повинен **знати**:

- методи та способи формалізації моделей складних систем,
- алгоритми імітації дискретно-подійних систем, їх верифікацію та валідацію,
- способи використання паралельних обчислень в моделюванні систем,
- методи визначення точності алгоритмів імітації та їх складності,
- методи експериментального дослідження імітаційних моделей систем,
- методи оптимізації дискретно-подійних систем,
- складові компоненти програмного забезпечення з моделювання систем,
- сучасні тенденції розвитку програмного забезпечення з моделювання систем.

Студент повинен **вміти**:

- складати формалізовані моделі систем,
- розробляти алгоритми імітації на основі подійного представлення функціонування системи,
- розробляти алгоритми імітації на основі представлення функціонування системи стохастичною мережею Петрі,
- розробляти алгоритми імітації з використанням Петрі-об'єктної технології,
- оцінювати точність та складність алгоритмів імітації,
- використовувати паралельні обчислення в алгоритмах імітації та експериментальному дослідженні моделей систем,
- розробляти моделі систем з використанням програмного забезпечення Arena Rockwell Software, CPN IDE,
- розробляти графічні редактори мереж Петрі,
- виконувати експериментальне дослідження з моделями систем, у тому числі їх оптимізацію.

Згідно з вимогами освітньої програми вивчення дисципліни спрямоване на оволодіння студентом таких **компетентностей**:

ФК11. Здатність реалізовувати фази та ітерації життєвого циклу програмних систем та інформаційних технологій на основі відповідних моделей і підходів розробки програмного забезпечення..

ФК19 Здатність до аналізу та оптимізації інформаційних систем з використанням імітаційних моделей

Програмні результати вивчення дисципліни забезпечують такі програмні результати освітньої програми:

ПРН05 Знати і застосовувати відповідні математичні поняття, методи доменного, системного і об'єктно-орієнтованого аналізу та математичного моделювання для розробки програмного забезпечення.

ПРН32 Використовувати методи комп'ютерного моделювання дискретно-подійних систем при розробці та проектуванні програмного забезпечення інформаційних систем.

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

Вивчення дисципліни спирається на знання, отримані студентами при вивченні дисциплін «Основи програмування. Частина 2. Модульне програмування», «Теорія ймовірності», «Технології паралельних обчислень». Знання та навички, набуті студентом при вивченні дисципліни, використовуються в розробці дипломних проєктів здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньою програмою «Інженерія програмного забезпечення інформаційних систем».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1 Базові формалізми опису функціонування дискретно-подійних систем та їх алгоритми.

Тема 1.1 Поняття моделі. Способи побудови моделей. Методи моделювання. Технології моделювання.

- Поняття системи та ознаки складної системи.
- Поняття моделі та способи представлення моделей. Класифікація моделей.
- Способи побудови моделей: фізичні та нефізичні моделі.
- Методи моделювання: аналітичне, математичне, імітаційне моделювання.
- Використання програмних моделей систем в задачах управління та прийняття рішень.

Тема 1.2 Генератори випадкових чисел.

- Способи генерування рівномірно розподіленої в інтервалі $(0;1)$ випадкової величини.
- Способи генерування випадкової величини за заданим законом розподілу.
- Тестування генераторів випадкових чисел.

Тема 1.3 Алгоритм імітаційного моделювання дискретно-подійної системи.

- Поняття дискретно-подійної системи.
- Поняття імітаційного моделювання.
- Етапи імітаційного моделювання.
- Способи побудови алгоритму імітації.
- Алгоритм імітації на основі подійного представлення процесу функціонування та просування часу до найближчої події.
- Приклад розробки алгоритму імітації простої системи масового обслуговування.
- Верифікація алгоритму імітації.

Тема 1.4 Об'єктно-орієнтований підхід до розробки алгоритму імітаційного моделювання дискретно-подійних систем.

- Узагальнення елементу моделі дискретно-подійної системи та його алгоритмізація.
- Формування списку елементів. Зв'язки між елементами.
- Просування часу в об'єктно-орієнтованій реалізації алгоритму імітації.
- Узагальнення моделі на основі списку елементів.

Тема 1.5 Формалізація процесів функціонування дискретно-подійних систем.

- Способи формального представлення процесів функціонування дискретно-подійних систем: мережі масового обслуговування, стохастичні мережі Петрі.
- Графічне представлення процесів функціонування дискретно-подійних систем.

Тема 1.6 Формалізм мереж масового обслуговування.

- Область застосування формалізму мереж масового обслуговування.
- Елементи мережі масового обслуговування.
- Приклади формалізації процесів функціонування дискретно-подійних систем мережею масового обслуговування.
- Універсальний алгоритм імітації мережі масового обслуговування.
- Оцінка точності алгоритму імітації мережі масового обслуговування.
- Оцінка складності алгоритму імітації для мережі масового обслуговування.

Тема 1.7 Формалізм стохастичних мереж Петрі.

- Область застосування стохастичних мереж Петрі.
- Поняття базової мережі Петрі.
- Елементи стохастичної мережі Петрі.
- Класифікація стохастичних мереж Петрі.
- Приклади формалізації процесів функціонування дискретно-подійних систем стохастичних мереж Петрі.
- Порівняння мережі Петрі та мережі масового обслуговування.

Тема 1.8 Алгоритм імітації стохастичної мережі Петрі з багатоканальними переходами.

- Алгоритм імітації базової мережі Петрі.
- Алгоритм імітації мережі Петрі з часовими затримками, з багатоканальними переходами, з конфліктними переходами.
- Універсальний алгоритм імітації стохастичної мережі Петрі.
- Оцінка складності алгоритму імітації стохастичної мережі Петрі.

- Оцінка точності алгоритму імітації стохастичної мережі Петрі.
- Обчислюваність алгоритму імітації стохастичної мережі Петрі.

Тема 1.9 Математичний опис стохастичної мережі Петрі.

- Рівняння станів стохастичної мережі Петрі.
- Матричні рівняння станів стохастичної мережі Петрі.
- Еквівалентні відношення між базовою, детермінованою та стохастичною мережами Петрі.

Розділ 2 Формалізм Петрі-об'єктної моделі та його програмне забезпечення

Тема 2.1. Формалізм Петрі-об'єктної моделі

- Поняття Петрі-об'єкта.
- Структура Петрі-об'єктної моделі.
- Приклади застосування Петрі-об'єктного підходу для формалізації процесів функціонування дискретно-подійних систем.

Тема 2.2. Програмне забезпечення Петрі-об'єктного моделювання.

- Алгоритм імітації Петрі-об'єктної моделі.
- Бібліотека класів Петрі-об'єктного моделювання.
- Графічний редактор мережі Петрі.
- Графічний редактор Петрі-об'єктної моделі.

Розділ 3 Програмне забезпечення імітаційного моделювання систем

Тема 3.1 Моделювання в GPSS

- Основні оператори мови GPSS.
- Приклади реалізації моделей мовою GPSS.

Тема 3.2 Моделювання в Arena Rockwell Software.

- Основні блоки для розробки моделей в Arena.
- Побудова ієрархічних моделей в Arena.
- Елементи анімації програмного забезпечення Arena.
- Приклади реалізації моделей в Arena.

Тема 3.3 Моделювання в CPN IDE.

- Розробка моделей засобами кольорових мереж Петрі в CPN IDE.
- Побудова ієрархічних моделей в CPN IDE.
- Приклади реалізації моделей в CPN IDE.

Тема 3.4 Паралельні обчислення та імітаційне моделювання.

- Паралельні обчислення в експериментуванні з імітаційними моделями.
- Паралельне обчислення алгоритмів імітації
- Моделювання паралельних обчислень.

Тема 3.5. Програмне забезпечення з імітаційного моделювання:

- Порівняльний аналіз засобів моделювання складних систем
- Загальні складові сучасного програмного забезпечення з імітаційного моделювання систем
- Тенденції розвитку програмного забезпечення з імітаційного моделювання

Разом за розділ 3

Розділ 4 Експериментальне дослідження моделей систем

Тема 4.1. Факторний експеримент

- Планування та проведення факторного експерименту у випадку кількісних факторів. Регресійний аналіз.
- Планування та проведення факторного експерименту у випадку якісних факторів. Дисперсійний аналіз.

Тема 4.2. Пошук оптимальних умов

- Метод градієнтного спуску.
- Еволюційні методи пошуку оптимальних умов.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Стеценко І.В. Моделювання систем: навч. посіб. / І.В. Стеценко; М-во освіти і науки України, Черк. держ. технол. ун-т. – Черкаси: видавництво „Маклаут”, 2011. – 501с.
2. Стеценко І.В. Моделювання систем. Курсова робота [Електронний ресурс]: рек. до виконання курсов. роботи: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Інженерія програмного забезпечення інформаційних систем» спец. 121 Інженерія програмного забезпечення / І. В. Стеценко, О. Ю. Дифучина, А. Ю. Дифучин; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 109 с. (Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 1 від 26.09.2024 р.) <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/69544>
3. Томашевський В. М. Моделювання систем. - К: Видавнича група ВНУ, 2005. - 352 с.
4. Томашевський В.М., Жданова О.Г., Жолдаков О.О. Вирішення практичних завдань методами комп'ютерного моделювання. – Київ: “Корнійчук” – 2001. – 267с.
5. Stetsenko, I.V., Dyfuchyn, A.: Petri-object Simulation: Technique and Software. Information, Computing and Intelligent Systems, vol. 1, pp. 51-59 (2020). ISSN 2708-4930 <https://doi.org/10.20535/2708-4930.1.2020.216057>
6. Stetsenko I.V., Dyfuchyna O. Simulation of Multithreaded Algorithms Using Petri-Object Models. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 754, pp. 391-401. (2019). https://doi.org/10.1007/978-3-319-91008-6_39
7. Arena Simulation Software. URL: <https://www.arenasimulation.com/what-is-simulation>

Допоміжна література

1. Kelton W.D. Simulation with Arena / W.D. Kelton, R.P. Sadowski, D.A. Sadowski– - New York: McGraw-Hill, 1998. 672 p.
2. Petri nets World site TGI group at the University of Hamburg, Germany. URL: <http://www.informatik.uni-hamburg.de/TGI/PetriNets/>
3. Petri Nets Tools Database Quick Overview. URL: <https://www.informatik.uni-hamburg.de/TGI/PetriNets/tools/quick.html> / accessed 11/03/2017
4. Stetsenko I.V. State equations of stochastic timed petri nets with informational relations. Cybernetics and systems analysis, vol. 48, no 5, pp. 784-797. (2012).
5. Stetsenko I.V., Dorosh V., Dyfuchyn A. Petri-Object Simulation: Software Package and Complexity Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2015), Warsaw (Poland), 2015, pp. 381-385.
6. Zaitsev D.A. Clans of Petri Nets: Verification of protocols and performance evaluation of networks - LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 292 p.
- Zeigler B., Praehofer H., Kim T. G. Theory of Modeling and Simulation. New York: Academic Press, 2000.
7. Jensen K., Kristensen L. Coloured Petri Nets: Modeling and Validation of Concurrent Systems. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2000. 383p.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Матеріали для вивчення дисципліни розміщений викладачем в електронному **середовищі Moodle платформи дистанційного навчання «Сікорський» (дисципліна Моделювання систем, коротка назва ws04jd, сертифікат ДК № 0097, затверджений Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського, протокол № 8 від 02.06.2023 р)**. Контент платформи доступний із будь-якого місця в мережі Інтернет зареєстрованому на курс студенту. Навчальний курс в середовищі Moodle складається з розділів, кожний з яких містить презентації лекцій, завдання та теоретичний матеріал для виконання комп'ютерного практикуму, URL-посилання на документацію з програмного забезпечення та навчальний матеріал для самостійної роботи відповідно до теми, яка вивчається.

Лекції по дисципліні проводяться викладачем за розкладом онлайн. Відеозапис лекції розміщується після її проведення на платформі «Сікорський». На лекціях проводяться експрес-опитування, які дають можливість лектору отримати інформацію про якість засвоєння матеріалу та, за необхідності, розглянути більш детально складний матеріал.

Комп'ютерні практикуми виконуються з використанням мови програмування Java та, частково, програмного забезпечення Arena, Simio, CPN IDE, що надається розробниками у використанні в навчальних цілях безкоштовно, а також програмного забезпечення PetriObjModelPaint, розміщеного в github.com/StetsenkoInna. Під час їх проведення використовуються методичні вказівки до виконання завдань комп'ютерного практикуму по дисципліні. Завдання кожного практикуму містить кілька підзавдань різної складності, які мають окреме оцінювання. Таке розбиття надає можливість більш об'єктивно оцінити рівень умінь студента і, водночас, адаптувати завдання до рівня знань та навичок студента. Для виконання кожного завдання комп'ютерного практикуму студенту надається не більше 4 тижнів. Студент на початку семестру отримує календарний план початку та завершення захисту завдань комп'ютерного практикуму.

Перелік завдань комп'ютерного практикуму:

Завдання до комп'ютерного практикуму 1 «Перевірка генератора випадкових чисел на відповідність закону розподілу» (тема 1.2)

Завдання до комп'ютерного практикуму 2 «Об'єктно-орієнтований підхід до побудови імітаційних моделей дискретно-подійних систем» (теми 1.3, 1.4)

Завдання до комп'ютерного практикуму 3 «Побудова складної імітаційної моделі системи з використанням формалізму мережі масового обслуговування» (тема 1.6)

Завдання до комп'ютерного практикуму 4 «Оцінка точності та складності алгоритму імітації» (тема 1.6)

Завдання до комп'ютерного практикуму 5 «Формалізація дискретно-подійних систем стохастичною мережею Петрі» (тема 1.7)

Завдання до комп'ютерного практикуму 6 «Застосування алгоритму імітації стохастичної мережі Петрі для реалізації моделей дискретно-подійних систем» (тема)

Завдання до комп'ютерного практикуму 7 «Розробка моделей на основі технології Петрі-об'єктного моделювання» (теми 2.1, 2.2)

Завдання до комп'ютерного практикуму 8 «Програмне забезпечення з імітаційного моделювання систем Arena Simulation» (тема 3.2)

Модульні контролі проводяться за результатами виконання комп'ютерних практикумів та модульних контрольних робіт. Модульні контрольні роботи містять завдання з перевірки як теоретичних знань, так і практичних навичок. Модульні контрольні під час навчання онлайн проводяться у середовищі Moodle платформи «Сікорський».

В умовах дистанційного навчання 2025-2026 н.р. усі види занять проводяться з використанням Zoom та Google Meet.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Матеріали для самостійного вивчення дисципліни розміщені викладачем в електронному вигляді на гугл-диску викладача, до якого надано доступ групі студентів та асистентам, які ведуть заняття комп'ютерного практикуму, а також, в середовищі Moodle платформи дистанційного навчання «Сікорський». Контент платформи доступний із будь-якого місця в мережі Інтернет. До самостійної роботи студента відноситься, в основному, виконання завдання комп'ютерного практикуму, робота з документацією та тьюторіалом програмного забезпечення, а також опрацювання лекційного та додаткового теоретичного матеріалу за наданими презентаціями

лекцій, навчальним посібником та додатковою літературою. На самостійну роботу студент має витрати кількість годин, що дорівнює кількості годин, проведених ним на аудиторних заняттях.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Студент має вивчати дисципліну протягом семестру, дотримуючись календарного плану виконання завдань комп'ютерного практикуму, вивчення тем лекційного матеріалу та виконання модульних контрольних робіт. Усі завдання студент має виконувати **самостійно і вчасно**. Завдання вважається виконаним, якщо студент захистив завдання комп'ютерного практикуму у викладача та розмістив звіт з виконання у відповідному розділі дисципліни у мурл платформи «Сікорський». Несвоєчасним вважається виконання завдання з затримкою більше 1 тижня і штрафується втратою 10% оцінки. Затримка у виконанні завдання більше ніж 4 тижні не допускається і можливість захистити завдання студентом втрачається назавжди. Такі обмеження надають можливість організувати систематичне виконання завдань студентами та не допустити значного накопичення незданих робіт на кінець семестру.

Модульні контролі проводяться за результатами виконання комп'ютерних практикумів та модульних контрольних робіт. Файли з виконаними завданнями розміщуються студенти у відповідному розділі дисципліни у мурл платформи «Сікорський».

Якщо студент не задоволений сумарною оцінкою за модульні контрольні роботи, він може переписати їх на семестровій контрольній роботі, що містить завдання з усього курсу.

Заохоченням до своєчасного засвоєння теоретичного матеріалу є бали за правильні відповіді на запитання під час експрес-опитування на лекціях.

Оцінювання студентів здійснюється згідно рейтингової оцінки рівня підготовки студентів з дисципліни. Поточний стан успішності студенти можуть бачити наприкінці кожного лекційного заняття в електронному журналі. Рейтингова система оцінювання з кредитного модуля описана у наступному розділі робочої програми.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Вказуються всі види контролю та бали за кожен елемент контролю, наприклад:

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР, завдання комп'ютерного практикуму

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог робочої програми.

Семестровий контроль: **екзамен**

Умови допуску до семестрового контролю: **мінімально позитивна оцінка за індивідуальне завдання / зарахування усіх лабораторних робіт / семестровий рейтинг більше XX балів.**

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за результатами:

- 1) виконання модульних контрольних робіт;
- 2) виконання лабораторних комп'ютерних практикумів;
- 3) відповідей на екзаменаційні питання;
- 4) виконання практичного завдання екзаменаційного білету.

Враховуються також додаткові бали за правильні відповіді на запитання під час лекційних занять.

Система рейтингових балів

Усі завдання студента оцінюються за 100-бальною шкалою. Оцінка за завдання враховуються в семестрову оцінку студента з ваговим коефіцієнтом. Теоретичні знання студента оцінюють за результатами письмових модульних контрольних робіт та, частково, за результатами опитування на лекційних заняттях. При невчасному виконанні модульної контрольної роботи її оцінка знижується на 10%. Сумарна оцінка визначається за формулою:

$$T=0,5 \cdot K1+0,5 \cdot K2+A,$$

де K1 – оцінка за першу модульну контрольну роботу, K2 – оцінка за другу модульну контрольну роботу, А – додаткові бали за результатами опитування на лекційних заняттях.

Практичні навички студента оцінюються за результатами захисту виконаних завдань комп'ютерного практикуму. Максимальна оцінка за виконання комп'ютерного практикуму, якщо він виконаний та захищений невчасно (тобто з більше, ніж 2-тижневою затримкою) знижується на 10%. Якщо студент не здав завдання у 3-тижневий термін, це завдання вважається студентом невиконаним з оцінкою 0 балів без права перезахисту. Звіт з виконання завдання комп'ютерного практикуму має бути поданий у дистанційний курс на платформі «Сікорський», де він зберігається до кінця навчального року. Захист практикуму відбувається на заняттях з комп'ютерного практикуму, які проводяться онлайн за розкладом. Сумарна оцінка за комп'ютерний практикум визначається за формулою:

$$P=1/8 \sum D_i,$$

де D_i – оцінка за i -тий комп'ютерний практикум.

Сума балів, набраних студентом протягом семестру, складається з сумарної оцінки за комп'ютерний практикум за формулою:

$$Z=0,5 \cdot P+0,5 \cdot T$$

де P – оцінка практичних навичок студента, T – оцінка його теоретичних знань.

Якщо набрана сума балів студента не влаштовує, йому пропонується виконання семестрової контрольної роботи або семестрового контрольного завдання в присутності викладача.

Екзаменаційна оцінка складається з оцінки за відповіді на два теоретичних питання та два практичних завдання за формулою:

$$E = 0,3 \cdot P1+0,3P2+0,2 \cdot T1+0,2 \cdot T2$$

де $P1$, $P2$ – оцінки виконання першого та другого практичного завдання, $T1$, $T2$ – оцінки відповідей на перше та друге теоретичні питання відповідно.

Підсумкова оцінка формується за результатами оцінювання знань та навичок студента в семестрі та на екзамені за формулою:

$$S=0,5 \cdot Z+0,5 \cdot E$$

Підсумкова оцінка переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- перелік екзаменаційних питань для підготовки до екзамену (додаток до силабусу).

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професор кафедри ІПІ, д.т.н., професор Стеценко Інна Вячеславівна, ст. викладач кафедри ІПІ, Ph.D. Дифучин А.Ю., ст. викладач кафедри ІПІ, Ph.D. Дифучина О.Ю.

Ухвалено кафедрою ІПІ (протокол № 16 від 23.06.2025р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 11 від 27.06.2025р.)