

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ СУСПІЛЬНИХ НАУК
КАФЕДРА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Проректор з наукової роботи
/ Іван МИРОНЮК/
« » 2024 року



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ»
«SIMULATION MODELING»

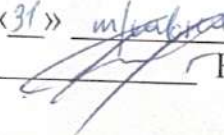
Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	121 Інженерія програмного забезпечення
Освітня програма	Інженерія програмного забезпечення
Статус дисципліни	Обов'язкова
Мова навчання	Українська

Ужгород 2024

Робоча програма навчальної дисципліни «Імітаційне моделювання» («Simulation modeling») розроблена для здобувачів третього рівня вищої освіти галузі знань 12 Інформаційні технології, спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення, освітньо-наукової програми «Інженерія програмного забезпечення».

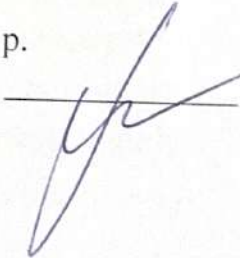
Розробник: Повхан І.Ф., д.т.н., проф., професор кафедри програмного забезпечення систем

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри програмного забезпечення систем

протокол № 12 від «31» травня 2024 р.
Завідувач кафедри  Юрій БІЛАК

Схвалено науково-методичною комісією факультету інформаційних технологій

протокол № 8 від «20» серпня 2024 р.

Т.в.о. голови науково-методичної комісії  Ігор ПОВХАН

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 3	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 90	2	2
Кількість модулів – 2	Семестр:	
Тижневих годин: для денної форми навчання: аудиторних – 2,8 самостійної роботи здобувача – 3	3	3
	Лекції:	
	18	8
	Практичні (семінарські):	
	18	2
Вид підсумкового контролю: екзамен	Лабораторні:	
	0	0
Форма підсумкового контролю: письмова або тестова	Самостійна робота:	
	54	80

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Навчальна дисципліна «Імітаційне моделювання» спрямована на поглиблене вивчення теоретичних засад, математичних моделей, методів, алгоритмів і програмних засобів побудови імітаційних моделей складних систем різної природи. Особлива увага приділяється формалізації предметної області, розробленню дискретно-подійних, агентно-орієнтованих, системно-динамічних та гібридних моделей, дослідженню функціонування програмних систем в умовах невизначеності, багатоваріантного аналізу сценаріїв, оцінюванню ефективності програмних рішень та підтримці прийняття рішень на основі результатів комп'ютерного експерименту.

У результаті вивчення дисципліни аспіранти повинні знати та вміти:

- застосовувати сучасні принципи математичного та програмного моделювання складних технічних, інформаційних і соціально-економічних систем;
- формалізувати предметну область, визначати сутності, процеси, події, ресурси та взаємозв'язки між компонентами моделі;
- розробляти дискретно-подійні, агентно-орієнтовані, системно-динамічні та комбіновані імітаційні моделі;
- виконувати комп'ютерні експерименти, аналізувати результати моделювання та оцінювати достовірність отриманих даних;
- застосовувати методи статистичного аналізу, планування експерименту, оптимізації та аналізу чутливості моделей;
- реалізовувати програмні системи імітаційного моделювання із використанням сучасних мов програмування, бібліотек та середовищ моделювання;
- верифікувати, валідувати, документувати і супроводжувати програмні моделі відповідно до вимог академічної доброчесності, відтворюваності досліджень та сучасних стандартів розроблення програмного забезпечення.

Практична складова дисципліни базується на створенні двох програмних прототипів: програмної системи імітаційного моделювання складного процесу або об'єкта дослідження та програмного комплексу підтримки прийняття рішень на основі результатів комп'ютерного експерименту. Під час виконання проєктів здобувачі повинні реалізувати механізми генерації модельних даних, статистичного аналізу результатів, візуалізації процесів моделювання, валідації та верифікації моделей, оцінювання точності й продуктивності програмної реалізації, а також забезпечити документування архітектурних рішень, алгоритмів і результатів експериментальних досліджень.

Метою вивчення навчальної дисципліни «Імітаційне моделювання» є формування у здобувачів третього рівня вищої освіти системних теоретичних знань, дослідницьких компетентностей і практичних навичок щодо аналізу, проєктування, програмної реалізації, верифікації, валідації та використання імітаційних моделей складних систем, а також створення нових моделей, алгоритмів і програмних технологій підтримки прийняття рішень на основі результатів комп'ютерного моделювання.

Дисципліна поєднує математичні, алгоритмічні, програмно-інженерні та дослідницькі методи побудови цифрових моделей реальних систем. Імітаційне моделювання розглядається як сучасна програмна технологія дослідження, прогнозування й оптимізації функціонування складних об'єктів, що інтегрує формальні моделі, алгоритми, комп'ютерний експеримент, методи аналізу даних, оптимізації та підтримки прийняття рішень на всіх етапах життєвого циклу програмних систем – від постановки задачі й розроблення концептуальної моделі до програмної реалізації, експериментальної перевірки, аналізу результатів та впровадження отриманих рішень у практичну діяльність.

Відповідно до освітньо-наукової програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню наступних загальних, спеціальних (фахових) та дослідницьких компетентностей:

Інтегральна компетентність (ІК)

- здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері інженерії програмного забезпечення та з дотичних до неї міждисциплінарних напрямів, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

- СК01. Здатність інтегрувати знання з різних галузей, застосовувати системний підхід та враховувати нетехнічні аспекти при розв'язанні комплексних проблем інженерії програмного забезпечення й проведенні досліджень.
- СК03. Здатність отримувати нові наукові результати, які створюють нові знання та становлять оригінальний внесок у розвиток інженерії програмного забезпечення та дотичних до неї міждисциплінарних напрямів.
- СК05. Здатність до розроблення нових та вдосконалення існуючих моделей, методів, засобів, процесів у сфері інженерії програмного забезпечення, які забезпечують розвиток або надають нові можливості технологіям розробки та супроводження програмного забезпечення.
- СК07. Здатність ініціювати, розробляти та реалізовувати дослідницькі та інноваційні проекти у сфері інженерії програмного забезпечення, планувати й організовувати роботу дослідницьких колективів.
- СК11. Здатність досліджувати, розробляти, проектувати, моделювати та реалізовувати інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовою вивчення навчальної дисципліни «Імітаційне моделювання» є здобутий другий (магістерський) рівень вищої освіти. Бажаними є базові знання з інженерії програмного забезпечення, алгоритмів і структур даних, об'єктно-

орієнтованого програмування, моделювання, теорії ймовірностей та математичної статистики, дослідження операцій, чисельних методів, аналізу даних, а також навички розроблення програмного забезпечення сучасними мовами програмування.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньо-наукової програми «Інженерія програмного забезпечення», вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами таких програмних результатів навчання (РН):

Програмні результати навчання	Шифр РН
Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у інженерії програмного забезпечення та дотичних міждисциплінарних напрямках.	РН07
Глибоко розуміти загальні принципи та методи інженерії програмного забезпечення, а також методологію наукових досліджень, застосовувати їх у власних дослідженнях та у викладацькій практиці.	РН08
Формулювати та вирішувати задачі оптимізації, адаптації, прогнозування, керування та прийняття рішень щодо процесів, засобів та ресурсів розробки, впровадження, супроводу та експлуатації програмного забезпечення.	РН09
Вміти здійснювати дослідження, моделювати та проектувати засоби програмного забезпечення для прийняття рішень в умовах ризику та невизначеності для розв'язування прикладних задач цифрової трансформації.	РН16

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами після опанування навчальної дисципліни «Імітаційне моделювання»:

Програмні результати навчання	Шифр РН
Уміти розробляти концептуальні, математичні та комп'ютерні моделі складних систем, обирати відповідний метод імітаційного моделювання, формалізувати процеси, події, ресурси та взаємозв'язки між компонентами моделі, здійснювати її програмну реалізацію та дослідження.	РН07
Уміти застосовувати принципи інженерії програмного забезпечення та методологію наукових досліджень під час розроблення імітаційних моделей, планувати та проводити комп'ютерні експерименти, здійснювати верифікацію, валідацію, документування та забезпечувати відтворюваність отриманих результатів.	РН08

Уміти формулювати та розв'язувати задачі оптимізації й прогнозування параметрів імітаційних моделей, проводити багатоваріантний аналіз сценаріїв, оцінювати ефективність альтернативних рішень та формувати обґрунтовані рекомендації щодо вдосконалення досліджуваних програмних систем.	RH09
Уміти досліджувати та проєктувати програмні засоби підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності, використовувати імітаційне моделювання, статистичний аналіз і комп'ютерні експерименти для оцінювання альтернатив та обґрунтування рішень щодо складних систем.	RH16

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є: практичні роботи; теоретичні модульні контролі; аналіз вихідного коду; звіти зі структурною схемою, інструкцією користувача, лістингом і скріншотами; презентація та захист результатів; екзамен.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів

Форми поточного контролю: виконання, тестування, демонстрація та захист практичних програмних робіт; письмове або тестове виконання теоретичних модульних контрольних робіт.

Форма підсумкового семестрового контролю: екзамен.

Екзамен проводиться у письмовій або тестовій формі та охоплює теоретичний і практичний зміст двох модулів навчальної дисципліни. До складання підсумкового контролю допускаються здобувачі, які виконали, оформили та захистили обидві практичні роботи.

Особливості використання засобів діагностики та контролю за умов дистанційного навчання

В умовах використання формату онлайн-навчання (дистанційного навчання) із застосуванням корпоративної мережі Google Meet названі засоби, методи і форми визначаються за домовленістю зі студентським колективом і, в залежності від зручного виду взаємодії, застосовуються з допомогою існуючих функцій групових чатів та відео-конференцій.

Для ефективного засвоєння тематики є можливість демонстрації необхідних матеріалів на робочому столі комп'ютерного технічного засобу під час занять.

Зокрема, у разі потреби, під час онлайн-заняття можна надати доступ до свого екрану, щоб показати презентації або іншу тематичну інформацію на робочому столі.

Планування лекційних і лабораторних занять, модульних контрольних робіт, а також підсумкова перевірка знань у формі екзамену здійснюється заздалегідь за

допомогою прив'язки до гугл-календаря. Синхронізація запланованих заходів виконується автоматично на всіх зручних для їх проведення пристроях.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти

Змістовий модуль	Практична робота	Теоретичний модульний контроль	Максимум за модуль
Модуль 1 (Т1–Т6)	Практична робота №1 – 30 балів	Модульний контроль №1 – 70 балів	100 балів
Модуль 2 (Т7–Т12)	Практична робота №2 – 30 балів	Модульний контроль №2 – 70 балів	100 балів

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти		
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Практичні заняття	3 заняття по 10	30
Модульна контрольна робота №1	1	70
Разом		100
Практичні заняття	3 заняття по 10	30
Модульна контрольна робота №2	1	70
Разом		100

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю.

Оцінювання здійснюється окремо за кожним змістовим модулем за 100-бальною шкалою. Результат модуля 1 формується як сума балів за практичну роботу №1 (30 балів) і теоретичний модульний контроль №1 (70 балів). Результат модуля 2 формується як сума балів за практичну роботу №2 (30 балів) і теоретичний модульний контроль №2 (70 балів). Підсумкова семестрова оцінка та оцінка за екзамен визначаються як середнє арифметичне результатів двох модулів.

- Практична робота (30 балів): коректність програмної реалізації та обчислень – 12 балів; повнота виконання завдання – 6 балів; тестування і верифікація результатів – 4 бали; якість звіту та програмної документації – 4 бали; презентація і захист – 4 бали.
- Теоретичний модульний контроль (70 балів): у письмовій формі – 5 описових питань по 14 балів; у тестовій формі – 20 тестових завдань по 3,5 бала. Максимальна сума за кожний теоретичний модульний контроль становить 70 балів.

$$\text{Підсумкова оцінка} = (\text{Модуль 1} + \text{Модуль 2}) / 2.$$

Підсумкова екзаменаційна оцінка визначається за накопичувальною системою як середнє арифметичне результатів першого і другого змістових модулів.

Переведення даних 100-бальної шкали оцінювання у оцінки за національною шкалою та шкалою ЄКТС

Сума балів	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	
		екзамен, диф. залік	залік
90 -100	A	відмінно	зараховано
82 - 89	B	добре	
74 - 81	C		
64 - 73	D	задовільно	
60 - 63	E		
35 - 59	FX	незадовільно	не зараховано
0 - 34	F		

Відповідно до Положення про порядок та методику проведення семестрових (курсових) екзаменів і заліків в Ужгородському національному університеті, затвердженого наказом ректора ДВНЗ «УжНУ» від 08.05.2015 р. № 698/01-17, знання здобувачів оцінюється як з теоретичної, так і з практичної підготовки за такими критеріями:

оцінку «відмінно» (90-100 балів, A) заслуговує здобувач, який:

всєбічно і глибоко володіє навчально-програмовим матеріалом;

вміє самостійно виконувати завдання, передбачені програмою, використовує набуті знання і вміння у нестандартних ситуаціях;

засвоїв основну і ознайомлений з додатковою літературою, яка рекомендована програмою;

при виконанні практичного завдання застосовує системні знання навчального матеріалу, передбачені навчальною програмою.

оцінку «добре» (82-89 балів, B) – заслуговує здобувач, який:

повністю опанував і вільно (самостійно) володіє навчально-програмовим матеріалом, в тому числі застосовує його на практиці, має системні знання в достатньому обсязі відповідно до навчально-програмового матеріалу, аргументовано використовує їх у різних ситуаціях;

має здатність до самостійного пошуку інформації, а також до аналізу, постановки і розв'язування проблем професійного спрямування;

під час відповіді допустив деякі неточності, які самостійно виправив, добирає переконливі аргументи на підтвердження вивченого матеріалу;

оцінку «добре» (74-81 бал, C) – заслуговує здобувач, який:

в цілому навчальну програму засвоїв, але відповідає з певною кількістю помилок;

вміє порівнювати, узагальнювати, систематизувати інформацію під керівництвом викладача, в цілому самостійно застосовувати на практиці, контролювати власну діяльність;

опанував навчально-програмовий матеріал, успішно виконав завдання, передбачені програмою, засвоїв основну літературу, яка рекомендована програмою;

оцінку «задовільно» (64-73 бали, D) – заслуговує здобувач, який:

знає основний навчально-програмовий матеріал в обсязі, необхідному для подальшого навчання і використання його у майбутній професії;

виконує завдання непогано, але зі значною кількістю помилок;

ознайомлений з основною літературою, яка рекомендована програмою;

допускає помилки при виконанні завдань, але під керівництвом викладача знаходить шляхи їх усунення.

оцінку «задовільно» (60-63 бали, E) – заслуговує здобувач, який:

володіє основним навчально-програмовим матеріалом в обсязі, необхідному для подальшого навчання і використання його у майбутній професії, а виконання завдань задовольняє мінімальні критерії. Знання мають репродуктивний характер.

оцінка «незадовільно» (35-59 балів, FX) – виставляється здобувачу, який:

виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань.

оцінка «незадовільно» (35 балів, F) – виставляється здобувачу, який:

володіє навчальним матеріалом тільки на рівні елементарного розпізнавання і відтворення окремих фактів або не володіє зовсім;

допускає грубі помилки при виконанні завдань, передбачених програмою;

не може продовжувати навчання і не готовий до професійної діяльності після закінчення університету без повторного вивчення даної дисципліни.

При виставленні оцінки враховуються результати навчальної роботи студента протягом семестру.

Академічна доброчесність: Політика щодо академічної доброчесності учасників освітнього процесу формується на основі дотримання принципів академічної доброчесності з урахуванням норм Положення про академічну доброчесність в ДВНЗ «Ужгородський національний університет, затвердженого вченою радою університету від 23.02.2017 р., протокол № 3, <https://www.uzhnu.edu.ua/uk/infocentre/get/12223>.

Правила перезарахування кредитів у випадку мобільності: Політика щодо перезарахування кредитів ЄКТС у випадку мобільності формується з урахуванням норм Положення про порядок визнання (перезарахування) кредитів ЄКТС для учасників програм академічної мобільності у Державному вищому навчальному закладі «Ужгородський національний університет», затвердженого вченою радою університету від 30.05.2019 р., протокол № 6, <https://www.uzhnu.edu.ua/uk/infocentre/get/21266>.

Правила визнання результатів навчання, отриманих у неформальній та/або інформальній освіті: Політика щодо визнання результатів навчання, отриманих у неформальній та/або інформальній освіті, формується з урахуванням норм Положення про порядок визнання в Державному вищому навчальному закладі «Ужгородський національний університет» результатів навчання, здобутих протягом неформальної та / або інформальної освіти, затвердженого вченою радою університету від 18.12.2023 р., протокол № 11, <https://www.uzhnu.edu.ua/uk/infocentre/get/69166>.

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Теоретичні основи імітаційного моделювання та побудова моделей складних систем

Тема 1. Теоретичні засади імітаційного моделювання. Поняття моделі та моделювання. Класифікація моделей. Місце імітаційного моделювання серед методів дослідження складних систем. Життєвий цикл імітаційної моделі. Етапи побудови комп'ютерного експерименту. Переваги, обмеження та області застосування імітаційного моделювання.

Тема 2. Формалізація складних систем та концептуальне моделювання. Аналіз предметної області. Побудова концептуальної моделі. Формалізація сутностей, процесів, ресурсів та подій. Представлення станів і переходів системи. Декомпозиція складних моделей. Побудова структурних та поведінкових моделей.

Тема 3. Методи імітаційного моделювання. Дискретно-подійне моделювання. Агентно-орієнтоване моделювання. Системна динаміка. Монте-Карло моделювання. Гібридні моделі. Особливості використання різних методів залежно від типу задачі.

Тема 4. Генерування випадкових величин та статистичне забезпечення моделювання. Випадкові числа та псевдовипадкові послідовності. Закони розподілу випадкових величин. Методи генерації випадкових подій. Статистичне оцінювання результатів моделювання. Аналіз похибок і довірчих інтервалів.

Тема 5. Побудова імітаційних моделей складних систем. Моделювання виробничих, інформаційних, транспортних, логістичних та програмних систем. Управління ресурсами. Моделювання черг, потоків заявок і процесів обслуговування. Моделювання відмов та надійності.

Тема 6. Верифікація, валідація та аналіз адекватності моделей. Перевірка правильності реалізації моделі. Методи верифікації. Валідація моделей. Калібрування параметрів. Аналіз чутливості моделей. Документування та забезпечення відтворюваності результатів комп'ютерного експерименту.

Змістовий модуль 2. Програмна реалізація, аналіз результатів та сучасні технології імітаційного моделювання

Тема 7. Програмні засоби імітаційного моделювання. Архітектура програмних систем моделювання. Сучасні середовища та бібліотеки імітаційного моделювання. Програмна реалізація моделей мовами Python, Java, C# та іншими засобами. Інтеграція моделей із базами даних і сервісами.

Тема 8. Комп'ютерний експеримент та аналіз результатів моделювання.

Планування експериментів. Багатофакторний аналіз. Оптимізація параметрів моделей. Візуалізація результатів. Статистичний аналіз і порівняння альтернативних сценаріїв. Формування рекомендацій для підтримки прийняття рішень.

Тема 9. Оптимізація та інтелектуальні методи в імітаційному моделюванні. Методи оптимізації моделей. Генетичні алгоритми. Ройові алгоритми. Машинне навчання в імітаційному моделюванні. Цифрові двійники. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень.

Тема 10. Паралельне та високопродуктивне імітаційне моделювання. Паралельні алгоритми моделювання. Багатопотокові обчислення. GPU-обчислення. Хмарні технології. Розподілене моделювання. Масштабованість програмних систем моделювання.

Тема 11. Програмна інженерія систем імітаційного моделювання. Проєктування архітектури програмних комплексів моделювання. Інженерія програмного забезпечення систем моделювання. Тестування, супровід, документування та повторне використання програмних компонентів. Забезпечення якості програмних систем моделювання.

Тема 12. Сучасні напрями розвитку імітаційного моделювання. Інтелектуальні моделі та цифрові двійники. Моделювання кіберфізичних систем. Моделювання із застосуванням технологій штучного інтелекту. Великі дані в імітаційному моделюванні. Перспективи розвитку методів імітаційного моделювання та сучасних програмних технологій.

6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви тем	Денна форма				Заочна форма			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		л	прак	с.р.		л	прак	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тема 1. Теоретичні засади імітаційного моделювання.	6	1	0	5	8	1	0	7
Тема 2. Формалізація складних систем та концептуальне моделювання.	7	2	0	5	8	1	0	7
Тема 3. Методи імітаційного моделювання.	8	2	2	4	8	1	0	7
Тема 4. Генерування випадкових величин та статистичне забезпечення моделювання.	8	1	2	5	7	1	1	5

Назви тем	Денна форма				Заочна форма			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		л	прак	с.р.		л	прак	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тема 5. Побудова імітаційних моделей складних систем.	9	2	2	5	7	1	1	5
Тема 6. Верифікація, валідація та аналіз адекватності моделей.	8	2	2	4	8	1	0	7
Тема 7. Програмні засоби імітаційного моделювання.	9	2	2	5	8	1	0	7
Тема 8. Комп'ютерний експеримент та аналіз результатів моделювання.	8	1	2	5	8	1	0	7
Тема 9. Оптимізація та інтелектуальні методи в імітаційному моделюванні.	8	2	2	4	7	0	0	7
Тема 10. Паралельне та високопродуктивне імітаційне моделювання.	7	1	2	4	7	0	0	7
Тема 11. Програмна інженерія систем імітаційного моделювання.	6	1	1	4	7	0	0	7
Тема 12. Сучасні напрями розвитку імітаційного моделювання.	6	1	1	4	7	0	0	7
Всього	90	18	18	54	90	8	2	80

6.3. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Денна	Заочна
1	Теоретичні засади імітаційного моделювання	0	0
2	Формалізація складних систем та концептуальне моделювання	0	0
3	Методи імітаційного моделювання	2	0
4	Генерування випадкових величин та статистичне забезпечення моделювання	2	1
5	Побудова імітаційних моделей складних систем	2	1
6	Верифікація, валідація та аналіз адекватності моделей	2	0
7	Програмні засоби імітаційного моделювання	2	0
8	Комп'ютерний експеримент та аналіз результатів моделювання	2	0
9	Оптимізація та інтелектуальні методи в імітаційному моделюванні	2	0
10	Паралельне та високопродуктивне імітаційне моделювання	2	0
11	Програмна інженерія систем імітаційного моделювання	1	0
12	Сучасні напрями розвитку імітаційного моделювання	1	0
	Загальна кількість	18	2

Результатом виконання кожної практичної роботи є працездатний програмний прототип імітаційної моделі або програмної системи імітаційного моделювання, вихідний код, концептуальна та математична модель досліджуваної системи, набір тестових і експериментальних даних, результати комп'ютерних експериментів, верифікації та валідації моделі, структурна схема програмної системи, засоби візуалізації результатів моделювання, інструкція користувача та висновки щодо адекватності моделі, ефективності запропонованих рішень і можливостей практичного застосування розробленої програмної технології.

6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Денна	Заочна
1	Тема 1. Теоретичні засади імітаційного моделювання.	5	7
2	Тема 2. Формалізація складних систем та концептуальне моделювання.	5	7
3	Тема 3. Методи імітаційного моделювання.	4	7
4	Тема 4. Генерування випадкових величин та статистичне забезпечення моделювання.	5	5
5	Тема 5. Побудова імітаційних моделей складних систем.	5	5

6	Тема 6. Верифікація, валідація та аналіз адекватності моделей.	4	7
7	Тема 7. Програмні засоби імітаційного моделювання.	5	7
8	Тема 8. Комп'ютерний експеримент та аналіз результатів моделювання.	5	7
9	Тема 9. Оптимізація та інтелектуальні методи в імітаційному моделюванні.	4	7
10	Тема 10. Паралельне та високопродуктивне імітаційне моделювання.	4	7
11	Тема 11. Програмна інженерія систем імітаційного моделювання.	4	7
12	Тема 12. Сучасні напрями розвитку імітаційного моделювання.	4	7
Загальна кількість		54	80

7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Для вивчення дисципліни використовуються персональні комп'ютери з доступом до мережі Інтернет, мультимедійне обладнання, операційні системи Windows, Linux або macOS, середовища програмування, засоби математичного та імітаційного моделювання, системи керування версіями, програмні бібліотеки аналізу даних, статистичного опрацювання результатів і візуалізації.

Можуть застосовуватися Visual Studio Code, PyCharm, Python, Git, GitHub, Jupyter Notebook, NumPy, SciPy, Pandas, Matplotlib, SimPy, AnyLogic (Academic), MATLAB/Simulink, Arena, Docker та інші програмні засоби або їх аналоги, необхідні для розроблення, програмної реалізації, верифікації, валідації, тестування, проведення комп'ютерних експериментів і візуалізації результатів імітаційного моделювання.

Допускається використання безкоштовного, відкритого, академічного та хмарного програмного забезпечення, а також спеціалізованих програмних платформ і сервісів для математичного, статистичного та імітаційного моделювання, аналізу даних і підтримки наукових досліджень.

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Greasley A. Simulation Modelling: Concepts, Tools and Practical Business Applications. 1st ed. London: Routledge, 2023. 392 p. ISBN 9780367643515.

- <https://www.routledge.com/Simulation-Modelling-Concepts-Tools-and-Practical-Business-Applicatio/Greasley/p/book/9780367643515>
2. Jerbi A. Discrete-Event Simulation: Concepts and Production in Arena. 1st ed. London: ISTE Ltd.; Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2024. 320 p. ISBN 9781786309747. <https://www.wiley-vch.de/en/areas-interest/engineering/discrete-event-simulation-978-1-78630-974-7>
 3. Li Y., Zhang H., Liu B., Dong L., Gong H., Rong G. Verification and Validation of Software Process Simulation Models: A Systematic Mapping Study. *Journal of Software: Evolution and Process*. 2024. Vol. 36(6). e2612. DOI: 10.1002/smr.2612.
 4. Law A. M. Simulation Modeling and Analysis. 6th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2024. 784 p.
 5. Kelton W. D., Smith J. S., Sturrock D. T. Simio and Simulation: Modeling, Analysis, Applications. 6th ed. Pittsburgh: Simio LLC, 2024.
 6. Zeigler B. P., Muzy A., Kofman E. Theory of Modeling and Simulation. 3rd ed. Academic Press, 2018. DOI: [10.1016/C2016-0-03987-6](https://doi.org/10.1016/C2016-0-03987-6)
 7. AnyLogic Company. AnyLogic User Manual and Documentation. Riga, Latvia. Available at: <https://www.anylogic.com/resources/documentation>
 8. SimPy Developers. SimPy Documentation. Available at: [SimPy Documentation](https://simpy.readthedocs.io/en/stable/)
 9. Python Software Foundation. Python Documentation. Available at: [Python Documentation](https://docs.python.org/3/)
 10. Повхан І. Ф. Методи та принципи побудови дерев класифікації дискретних об'єктів для інтелектуального аналізу даних: дис. ... д-ра техн. наук. Львів, 2021. <https://lpnu.ua/sites/default/files/2021/dissertation/10883/avtoreferat-povkhan-if-avtorstr.pdf>

Допоміжна література

1. Banks J., Carson J. S., Nelson B. L., Nicol D. M. Discrete-Event System Simulation. 5th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson, 2010. 640 p.
2. Томашевський В. М. Моделювання систем. Київ: Видавнича група BVH, 2005. 352 с. <https://cmi.politehnica.zp.ua/index.php/journal/article/view/119>
3. Тимошенко, Р., Дриньов, Д., & Загородніх, В. (2025). ПРОБЛЕМНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В СЕКТОРІ БЕЗПЕКИ І ОБОРОНИ. *Управління змінами та інновації*, (16), 108-112. <https://doi.org/10.32782/CMI/2025-16-16>
4. Кравець І. О. Імітаційне моделювання: навчальний посібник. Миколаїв: ЧДУ ім. Петра Могили, 2010. 108 с. <https://anima4web.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/12/d0bad180d0b0d0b2d0b5d186d18c-d196d0bcd196d182d0b0d186d196d0b9d0bdd0b5-d0bcd0bed0b4d0b5d0bbd18ed0b2d0b0d0bdd0bdd18f.pdf>
5. Дриньов, Д., Мосьондз, М., & Загородніх, В. (2024). ПОНЯТТЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ. *Управління змінами та інновації*, (9), 28-31. <https://doi.org/10.32782/CMI/2024-9-6>

6. Огляд програмних засобів імітаційного моделювання. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2023.
<https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2022.3.6>
7. Morris T. P., White I. R., Crowther M. J. Using Simulation Studies to Evaluate Statistical Methods. *Statistics in Medicine*, 2019.
<https://doi.org/10.1002/sim.8086>
8. Povkhan, Igor. (2020). Питання складності процедури побудови схеми алгоритмічного дерева класифікації. *TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES*. 142-153. 10.25140/2411-5363-2020-3(21)-142-153. DOI: [10.25140/2411-5363-2020-3\(21\)-142-153](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-3(21)-142-153)
9. Povkhan I., Lupei M., Kliap M., Laver V. The Issue of Efficient Generation of Generalized Features in Algorithmic Classification Tree Methods. In: *Data Stream Mining and Processing (DSMP 2020)*. Springer, 2020. P. 98–113. DOI: 10.1007/978-3-030-61656-4_6