

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ



ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-
педагогічної роботи



Сергій СЛОБОДЯН

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

***МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ЕКОЛОГІЧНОГО
МОНІТОРИНГУ***

Modeling of Digital Environmental Monitoring Systems

рівень вищої освіти: другий (магістерський)

тип дисципліни: нормативна

мова(и) викладання: українська

Миколаїв – 2025

Робоча програма навчальної дисципліни "Моделювання систем цифрового екологічного моніторингу" є однією із складових комплексної підготовки здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня галузі знань Е Природничі науки, математика та статистика спеціальності Е2 Екологія освітньої програми "Цифровий екологічний моніторинг".

"21" 05 2025 року. – 19 с.

Розробники:

Сергій ПРИХОДЬКО, д.т.н, професор, професор кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем

Альона ПАВЛЕНКО, старший викладач кафедри інформаційних управляючих систем та технологій

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Моделювання систем цифрового екологічного моніторингу" узгоджено з гарантом освітньої програми "Цифровий екологічний моніторинг"

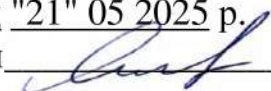
Гарант освітньої програми "Цифровий екологічний моніторинг"

канд. біологічних. наук, доцент кафедри екології

та природоохоронних технологій  / Світлана МЕЛЬНИЧУК/

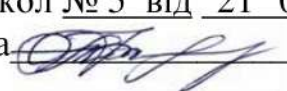
Проект робочої програми навчальної дисципліни "Моделювання систем цифрового екологічного моніторингу" розглянуто на засіданні кафедри інформаційних управляючих систем та технологій.

Протокол № 5 від "21" 05 2025 р.

Завідувач кафедри  /Ігор МИХЕЛЄВ/

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Моделювання систем цифрового екологічного моніторингу" розглянуто Науково-методичною комісією Навчально-наукового інституту комп'ютерних наук та управління проектами.

Протокол № 5 від "21" 05 2025 р.

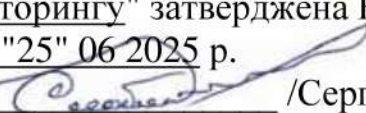
Голова  /Тетяна ФАРІОНОВА/

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Моделювання систем цифрового екологічного моніторингу" погоджено з навчальним відділом.

Начальник навчального відділу  /Андрій ЛАБАРТКАВА/

Робоча програма навчальної дисципліни "Моделювання систем цифрового екологічного моніторингу" затверджена Навчально-методичною радою НУК.

Протокол № 6 від "25" 06 2025 р.

Голова НМР НУК  /Сергій СЛОБОДЯН/

Зміст

Вступ.....	4
1. Опис навчальної дисципліни.....	6
2. Мета вивчення навчальної дисципліни.....	7
3. Передумови для вивчення дисципліни	7
4. Очікувані результати навчання.....	7
5. Програма навчальної дисципліни.....	7
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методів їх демонстрування	12
7. Форми поточного та підсумкового контролю	12
8. Критерії оцінювання результатів навчання	14
9. Засоби навчання.....	16
10. Рекомендовані джерела інформації.....	16
11. Зміни та доповнення	19

Вступ

Анотація

Дисципліна «Моделювання систем цифрового екологічного моніторингу» є складовою підготовки фахівців спеціальності Е2 Екологія (освітня програма «Цифровий екологічний моніторинг»). Вона присвячена вивченню теоретичних основ, методів та комп'ютерних інструментів моделювання складних систем, що відображають взаємодію природного середовища, економічних процесів і соціальних факторів у контексті сталого розвитку.

Основна увага приділяється системному підходу до аналізу еколого-економічних процесів, побудові математичних, імітаційних та агент-орієнтованих моделей, застосуванню алгоритмів оптимізації та прогнозування, а також використанню сучасних інформаційних технологій і програмних середовищ моделювання.

У процесі вивчення дисципліни студенти набувають практичних навичок створення моделей використання природних ресурсів, оцінки екологічних ризиків, аналізу сценаріїв сталого розвитку, а також інтеграції даних моніторингу в комп'ютерні моделі.

Програма спрямована на формування системного та міждисциплінарного мислення, розвиток компетентностей у сфері еколого-економічного аналізу, комп'ютерного моделювання, аналітики даних та підтримки управлінських рішень у галузі екологічної безпеки й раціонального природокористування.

Ключові слова: моделювання, еколого-економічні системи, сталий розвиток, системний аналіз, імітаційне моделювання, агент-орієнтоване моделювання, оптимізація, прогнозування, комп'ютерні технології, моніторинг, екологічна безпека, прийняття рішень.

Abstract

The discipline “Modeling of Digital Environmental Monitoring Systems” is a component of the training of specialists in specialty E Ecology (educational program “Digital Environmental Monitoring”). It is devoted to studying the theoretical foundations, methods, and computer tools for modeling complex systems that reflect the interaction between the natural environment, economic processes, and social factors in the context of sustainable development.

The main focus is on applying a systems approach to the analysis of ecological and economic processes, developing mathematical, simulation, and agent-based models, using optimization and forecasting algorithms, as well as modern information technologies and modeling software environments.

During the course, students acquire practical skills in developing models of natural resource use, assessing environmental risks, analyzing sustainable development scenarios, and integrating monitoring data into computer models.

The program aims to develop systemic and interdisciplinary thinking, as well as competencies in ecological and economic analysis, computer modeling, data analytics, and decision support in the field of environmental safety and sustainable resource management.

Keywords: modeling, ecological and economic systems, sustainable development, systems analysis, simulation modeling, agent-based modeling, optimization, forecasting, computer technologies, monitoring, environmental safety, decision making.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів – 8	Галузь знань Е Природничі науки, математика та статистика	Обов’язкова	
Модулів – 1	Спеціальність Е2 Екологія Освітня програма «Цифровий екологічний моніторинг»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		1-й	1-й
		Семестри	
Загальна кількість годин – 240		1-й, 2-й	1-й, 2-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 (1 семестр), 2 (2 семестр); самостійної роботи студента – 7 (1 семестр), 4 (2 семестр).	Освітній рівень: другий (магістерський)	Лекції	
		30 год	16 год
		Лабораторні заняття	
		45 год	16 год
		Самостійна робота	
		165 год	208 год
		Індивідуальні завдання	
		–	-
		Вид контролю: екзамен	
		Форма контролю: комбінована (письмовий контроль, тестовий контроль)	

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни "Моделювання систем цифрового екологічного моніторингу" є формування у студентів відповідно до освітньо-професійної програми такої **компетентності**:

К19* Здатність моделювати та аналізувати комп'ютерні системи моніторингу з урахуванням еколого-економічних потреб сучасних суднобудівних та машинобудівних підприємств.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумови для вивчення дисципліни відсутні.

4. Очікувані результати навчання

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент отримає результати навчання, що забезпечать зазначені у меті здатності:

ПР06. Знати новітні методи та інструментальні засоби екологічних досліджень, у тому числі методи та засоби математичного і геоінформаційного моделювання.

ПР21* Обґрунтовувати конфігурацію інформаційних систем моніторингу для оптимального вирішення організаційних проблем на суднобудівних та машинобудівних підприємствах.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Семестр 1

Змістовий модуль 1. Теоретичні основи та базові методи моделювання

Тема 1. Вступ до моделювання еколого-економічних систем. Предмет, об'єкт і методи [1, 5, 10].

Тема 2. Класифікація моделей: економічні, екологічні, еколого-економічні [2, 8, 15].

Тема 3. Системний підхід у моделюванні. Основи системного аналізу [3, 7, 13].

Тема 4. Математичні моделі в екології та економіці: рівняння балансу, динамічні моделі [4, 11, 17].

Тема 5. Методи оптимізації та критерії ефективності [5, 12, 16].

Тема 6. Моделювання взаємодії суспільства, економіки та природи. Концепція сталого розвитку [6, 10, 18].

Тема 7. Основи імітаційного моделювання. Приклади програмних пакетів [7, 12, 17, 19].

Тема 8. Використання комп'ютерних технологій у моделюванні [8, 25, 26, 27, 28, 12].

Семестр 2

Змістовий модуль 2. Прикладне моделювання та дослідження складних систем

Тема 9. Теорія ігор у моделюванні еколого-економічних систем [8, 1, 5, 15].

Тема 10. Моделі взаємодії підприємств та природного середовища [2, 11, 15, 18].

Тема 11. Моделі управління відновлюваними ресурсами [6, 13, 17].

Тема 12. Кліматичні моделі та економічні наслідки змін клімату [5, 9, 10, 18].

Тема 13. Використання агент-орієнтованого моделювання [8, 12, 17, 19].

Тема 14. Сценарне моделювання та прогнозування сталого розвитку [1, 6, 11, 15].

Тема 15. Моделювання інформаційних систем моніторингу на суднобудівних та машинобудівних підприємствах [3, 8, 12, 25, 26, 27, 28].

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усьог о	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	ср	інд		л	п	лаб	ср	інд
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. Теоретичні основи та базові методи моделювання												
Тема 1. Вступ до моделювання еколого-економічних систем. Предмет, об'єкт і методи.	10	1	0	2	7	0	17	1	0	1	15	0
Тема 2. Класифікація моделей: економічні, екологічні, еколого-економічні.	20	2	0	4	14	0	18	1	0	1	16	0
Тема 3. Системний підхід у моделюванні. Основи системного аналізу.	20	2	0	4	14	0	19	1	0	1	16	0
Тема 4. Математичні моделі в екології та економіці: рівняння балансу, динамічні моделі.	20	2	0	4	14	0	18	2	0	2	16	0
Тема 5. Методи оптимізації та критерії ефективності.	20	2	0	4	14	0	19	1	0	1	16	0
Тема 6. Моделювання взаємодії суспільства, економіки та природи. Концепція сталого розвитку.	20	2	0	4	14	0	19	1	0	1	17	0
Тема 7. Основи імітаційного моделювання. Приклади програмних пакетів.	20	2	0	4	14	0	20	1	0	1	17	0
Тема 8. Використання комп'ютерних технологій у моделюванні.	20	2	0	4	14	0	20	2	0	2	17	0
Разом за ЗМ 1	150	15	0	30	105	0	150	10	0	10	130	0
Змістовий модуль 2. Прикладне моделювання та дослідження складних систем												
Тема 9. Теорія ігор у моделюванні еколого-економічних систем.	12	2	0	2	8	0	13	1	0	1	11	0
Тема 10. Моделі взаємодії підприємств та природного середовища.	12	2	0	2	8	0	13	1	0	1	13	0
Тема 11. Моделі управління відновлюваними ресурсами.	12	2	0	2	8	0	13	1	0		13	0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 12. Кліматичні моделі та економічні наслідки змін клімату.	12	2	0	2	8	0	13	1	0	1	11	0

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усьог о	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	ср	інд		л	п	лаб	ср	інд
Тема 13. Використання агент-орієнтованого моделювання.	12	2	0	2	8	0	13	1	0	1	10	0
Тема 14. Сценарне моделювання та прогнозування сталого розвитку.	12	2	0	2	8	0	12		0	1	10	0
Тема 15. Моделювання інформаційних систем моніторингу на суднобудівних та машинобудівних підприємствах	18	3	0	3	12	0	13	1	0	1	10	0
Разом за ЗМ 2	90	15	0	15	60	0	90	6	0	6	78	0
Усього годин	240	45	0	30	165	0	240	12	0	20	208	0

Теми лабораторних занять

Студентом виконується комплексна лабораторна робота. Етапи комплексної лабораторної роботи за змістовними модулями:

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
Змістовий модуль 1			
1.	Ознайомлення з програмними засобами моделювання еколого-економічних систем	2	1
2.	Побудова балансової моделі розподілу ресурсів у виробничо-екологічній системі	4	1
3.	Моделювання динаміки чисельності населення	4	1
4.	Моделювання взаємодії у біоценозі «хижак–жертва» (модель Лотки–Вольтерри)	4	1
5.	Побудова моделі економічного зростання з урахуванням екологічних обмежень	4	1
6.	Імітаційна модель впливу антропогенного навантаження на довкілля	4	1
7.	Перевірка адекватності та чутливості моделі	4	2
8.	Індивідуальний проєкт: створення простої моделі еколого-економічної системи	4	2
	Разом за ЗМ 1	30	10
Змістовий модуль 2			
9	Моделювання використання відновлюваних природних ресурсів	2	1

10	Агент-орієнтоване моделювання взаємодії підприємств і природного середовища	2	1
11	Модель економічних збитків від забруднення атмосфери або водних ресурсів	2	1
12	Сценарне моделювання змін клімату та їх соціально-економічних наслідків	2	1
13	Моделювання державної екологічної політики	2	2
14	Аналіз чутливості й оцінювання ризиків еколого-економічних систем	2	2
15	Підсумковий проєкт: розроблення інтегрованої моделі сталого розвитку регіону	3	2
	Разом за ЗМ 2	15	10
	Разом	45	20

Теми практичних занять

Практичні заняття непередбачені навчальним планом.

Самостійна робота

Розподіл часу самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
Змістовий модуль 1. Теоретичні основи та базові методи моделювання			
1	Підготовка до лекцій	25	14
2	Підготовка до практичних робіт	35	60
3	Підготовка до поточних модульних контрольних робіт	45	60
	Разом за ЗМ 1	105	134
Змістовий модуль 2. Прикладне моделювання та дослідження складних систем			
4	Підготовка до лекцій	10	14
5	Підготовка до практичних робіт	20	30
6	Підготовка до поточних модульних контрольних робіт	30	30
	Разом за ЗМ 2	60	74
РАЗОМ		165	208

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методів їх демонстрування

Набуття здобувачами компетенцій забезпечується через засвоєння навчального матеріалу у вигляді лекційних, практичних занять, самостійної роботи студентів та контрольних тестових робіт програмованого типу.

Основними **методами навчання** з дисципліни є:

1. Пояснювально-ілюстративний метод, за допомогою повідомлення та засвоєння інформації на лекційних та практичних заняттях словесними й наочними засобами.

2. Проблемний метод, коли на практичних заняттях утворюються пошукові ситуації, розвивається активність, самостійність, творчі здібності здобувачів освіти.

Як наочний матеріал на лекціях застосовуються мультимедійні слайди та лекційні демонстрації.

Для зручної та ефективної організації навчального процесу, зроблено Classroom з навчальної дисципліни, де розташовані завдання до практичних робіт та супроводжувальні матеріали. Доступ до класу надається на першому практичному занятті за університетською електронною поштою.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни є:

– звіти з виконання етапів комплексної практичної роботи та/або презентації результатів виконаних завдань та досліджень (письмовий контроль);

– поточні модульні контрольні роботи у формі тестування (тестовий контроль);

– студентські презентації та виступи, тези доповідей, статті відповідної до дисципліни тематики на наукових заходах (письмовий контроль).

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе суму оцінок поточного контролю. У кожного компонента своя частка в загальній системі оцінок.

Поточний контроль проводиться на кожному практичному занятті та за результатами виконання завдань самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час роботи на практичних заняттях.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання

Поточний контроль виконання етапів комплексної лабораторної роботи (письмовий контроль)

Виконання кожного з етапів комплексної лабораторної роботи має супроводжуватися звітом та/або презентацією результатів виконаних завдань та досліджень, допускаються для зарахування етапу (етапів) студентські презентації та виступи, тези доповідей, статті відповідної до дисципліни тематики на наукових заходах.

Оцінювання практичних робіт Бал	Критерії оцінювання
5	Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, чітко сформульовані цілі, завдання та гіпотеза досліджень. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена коректна інтерпретація результатів.
4	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує практичну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; в цілому правильно складає звіт та робить висновки.
3	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; складає звіт, що містить неточності у висновках та помилки.

Оцінювання практичних робіт Бал	Критерії оцінювання
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну під керівництвом викладача; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
0	Робота не виконувалася.

Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 35 балів (7 етапів комплексної лабораторної роботи по 5 бали).

Поточний модульний контроль (тестовий контроль)

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5
Бал	15	14	12	11	9	8	6	5	3	2	1

У межах змістового модуля передбачається виконання восьми лабораторних робіт, після кожних двох тем проводиться поточний модульний контроль у формі тестування.

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Звіти з етапів комплексної практичної роботи (письмовий контроль)	8 x 5 балів = 40 балів	8 x 5 балів = 40 балів
Поточний модульний контроль (тестовий контроль)	4 x 15 балів = 60 балів	4 x 15 балів = 60 балів
Всього	100	100

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денна форма		Заочна форма	
		Вид роботи	Бали	Вид роботи	Бали
ЗМ 1	Т 1	Лабораторна робота № 1	5	Лабораторна робота № 1	5
	Т 2	Лабораторна робота № 2	5	Лабораторна робота № 2	5
	Т 1-2	Поточний модульний контроль	15	Поточний модульний контроль	15

		Денна форма		Заочна форма	
		Вид роботи	Бали	Вид роботи	Бали
	Т 3	Лабораторна робота № 3	5	Лабораторна робота № 3	5
	Т 4	Лабораторна робота № 4	5	Лабораторна робота № 4	5
	Т 3-4	Поточний модульний контроль	15	Поточний модульний контроль	15
	Т 5	Лабораторна робота № 5	5	Лабораторна робота № 5	5
	Т 6	Лабораторна робота № 6	5	Лабораторна робота № 6	5
	Т 5-6	Поточний модульний контроль	15	Поточний модульний контроль	15
	Т 7	Лабораторна робота № 7	5	Лабораторна робота № 7	5
	Т 8	Лабораторна робота № 8	5	Лабораторна робота № 8	5
	Т 7-8	Поточний модульний контроль	15	Поточний модульний контроль	15
ЗМ 2	Т 9	Лабораторна робота № 9	5	Лабораторна робота № 9	5
	Т 10	Лабораторна робота № 10	5	Лабораторна робота № 10	5
	Т 9-10	Поточний модульний контроль	15	Поточний модульний контроль	15
	Т 11	Лабораторна робота № 11	5	Лабораторна робота № 11	5
	Т 12	Лабораторна робота № 12	5	Лабораторна робота № 12	5
	Т 11-12	Поточний модульний контроль	15	Поточний модульний контроль	15
	Т 13	Лабораторна робота № 13	5	Лабораторна робота № 13	5
	Т 14	Лабораторна робота № 14	5	Лабораторна робота № 14	5
	Т 13-14	Поточний модульний контроль	15	Поточний модульний контроль	15
	Т 15	Лабораторна робота № 15	5	Лабораторна робота № 15	5
	Т 15	Поточний модульний контроль	15	Поточний модульний контроль	15

9. Засоби навчання

Технічні засоби навчання: мультимедійний проектор, персональні комп'ютери з підключенням до мережі Інтернет.

Комп'ютерні засоби навчання: JetBrains (DataGrip, Datalore), мови програмування (C/C++, Java, Kotlin, Python) та СУБД (MySQL, PostgreSQL).

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Білецький, В. С. Системне моделювання та аналіз еколого-економічних процесів. – Київ: КНТ, 2021. – 256 с.
2. Бородіна, О. М., Ковальчук, І. М. Економіко-математичне моделювання природокористування та охорони довкілля. – Київ: НУБіП України, 2022. – 312 с.
3. Герасимчук, З. В., Савчук, В. К. Системний аналіз у природоохоронній діяльності. – Львів: ЛНУ, 2020. – 228 с.
4. Песков, В. А., Літвін, О. П. Математичне моделювання екологічних процесів. – Харків: ХНУРЕ, 2021. – 290 с.
5. Stiglitz, J. E., Stern, N. The Economics of Climate Change and Sustainable Growth. – Cambridge University Press, 2021. – 347 p.
6. Meadows, D. H., Randers, J., Meadows, D. L. Limits to Growth: The 50-Year Update. – Chelsea Green Publishing, 2022. – 384 p.
7. Sterman, J. D. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. – MIT Press, 2020. – 982 p.
8. Railsback, S. F., Grimm, V. Agent-Based and Individual-Based Modeling: A Practical Introduction (2nd ed.). – Princeton University Press, 2020. – 380 p.
9. IPCC. Sixth Assessment Report: Climate Change 2021–2022. – Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva. – 2022. – 3675 p.

10. United Nations. Global Sustainable Development Report 2023. – UN Department of Economic and Social Affairs, 2023. – 245 p.
11. Didenko, N., Skripnuk, D., Redina, M. Modeling Sustainable Development Systems: Ecological and Economic Interactions. – Springer, 2021. – 275 p.
12. Ковтун, І. Г., Пархоменко, Л. О. Імітаційне моделювання в екологічних дослідженнях. – Полтава: ПНТУ, 2023. – 198 с.
13. Richardson, G. P., Andersen, D. F. System Dynamics Modeling of Environmental Systems. – John Wiley & Sons, 2020. – 412 p.

Допоміжна література

14. Кузьменко, А. В., Пилипенко, О. І. Методи моделювання екологічних ризиків: навчальний посібник. – Київ: Видавництво НУБіП, 2021. – 180 с.
15. Петрова, І. М., Сидоренко, О. В. Еколого-економічні моделі сталого розвитку міст. – Харків: ХНУ, 2022. – 210 с.
16. Voinov, A., Bousquet, F. Modelling with stakeholders: Methods and experiences. – London: Routledge, 2020. – 256 p.
17. Grimm, V., Railsback, S. F. Pattern-Oriented Modeling of Agent-Based Complex Systems. – Springer, 2021. – 298 p.
18. Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P. et al. Ecosystem Services: Global Issues, Local Practices. – Elsevier, 2021. – 420 p.
19. Савченко, В. П., Герасимчук, Л. М. Інформаційні технології у моделюванні еколого-економічних систем. – Львів: ЛНУ, 2023. – 192 с.
20. Prykhodko, S., Prykhodko, N. A Modified Technique for Constructing Nonlinear Regression Models Based on the Multivariate Normalizing Transformations. – CEUR Workshop Proceedings, 2021. – Vol. 3179. – С. 156–166.
21. Prykhodko, S., Prykhodko, N. Building Nonlinear Regression Models for Estimating the Number of Clusters and Their Initial Centroids. – Lviv: IEEE, 2023. – С. 1–4. – (2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT)). – DOI: 10.1109/CSIT61576.2023.10324095.

22. Oriekhov, O., Farionova, T. Information technology for estimating the size of software projects. In I. Linde (Ed.), Innovative technologies for project and program management. – Ryha: European University Press, 2025. – pp. 192–201. – DOI: <https://doi.org/10.30837/MMP.2025.192> (ISBN 978-9984-891-34-7, розділ в колективній монографії).

23. Кошкін, К. В. Проектування інформаційних систем промислових підприємств [Текст] / Г.Ю. Яні. Навчальний посібник. – Миколаїв: НУК, 2010. – 115 с.

24. Ажищев, В. Ф. Методологія моделювання процесів будівництва / В. Ф. Ажищев, М. Т. Фісун // Shipbuilding & Marine Infrastructure. – 2024. – № 2 (19). – С. 59–68.

Інформаційні ресурси

23. Конспекти лекцій з дисципліни.

24. Підручники та навчальні посібники.

25. AnyLogic Company. AnyLogic Simulation Software User Manual, Version 8.8. – 2023. – [Online]. Available: <https://www.anylogic.com>

26. Python Software Foundation. Python for Scientific Computing and Modeling. – 2025. – [Online]. Available: <https://www.python.org>

27. ISEE Systems. Stella Architect: User Guide and Tutorials. – 2023. – [Online]. Available: <https://www.iseesystems.com/store/products/stella-architect.aspx>

28. Ventana Systems. Vensim: System Dynamics Modeling Software Documentation. – 2023. – [Online]. Available: <https://vensim.com/documentation/>

11. Зміни та доповнення