Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет математики та інформатики
(назва факультету/навчально-наукового інституту)

Кафедра математичного моделювання
(назва кафедри, що забезпечує викладання)

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Декан факультету
математики та інформатики
_____ Ольга МАРТИНЮК
"28" серпня 2026 року

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
Сіткове планування
(назва навчальної дисципліни)

вибіркова
(вказати: обов'язкова)

Освітньо-професійна програма Комп'ютерні науки та проєктування програмних систем
(назва програми)

Спеціальність F3 Комп'ютерні науки
(вказати: код, назва)

Галузь знань F Інформаційні технології
(вказати: шифр, назва)

Рівень вищої освіти другий (магістерський)
(вказати: перший (бакалаврський) / другий (магістерський) / третій (освітньо-науковий)

Факультет математики та інформатики
(назва факультету/ навчально-наукового інституту, на якому здійснюється підготовка фахівців за вказаною освітньою програмою)

Мова навчання українська
(вказати: на якій мові читається дисципліна)

Чернівці 2026 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «*Сіткове планування*» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Комп'ютерні науки та проєктування програмних систем»

Розробник:
Пасічник Галина Савеліївна, доцент кафедри математичного моделювання, кандидат фіз.-мат. наук, доцент

Викладач, що забезпечує читання даної навчальної дисципліни:
Пасічник Галина Савеліївна, доцент кафедри математичного моделювання, кандидат фіз.-мат. наук, доцент

Затверджено на засіданні кафедри математичного моделювання
Протокол № 1 від «27» серпня 2026 року

Завідувач кафедри _____ **Ігор ЧЕРЕВКО**

Схвалено методичною радою факультету математики та інформатики
Протокол № 1 від «28» серпня 2026 року

Голова методичної ради _____ **Тоня ФРАТАВЧАН**

Анотація дисципліни

Сіткове планування (сітковий (мережевий) аналіз) та управління – клас прикладних методів управління проєктами, що забезпечує планування, аналіз термінів виконання (ранніх та пізніх) нереалізованих частин проектів; дозволяє по'язати виконання різних робіт та процесів у часі, отримати прогноз загальної тривалості реалізації всього проекту та окремих робіт. Розглідаються детерміновані і ймовірнісніметоди.

Дисципліна призначена в основному для формування концептуальної парадигми системного аналізу; вироблення відчуття необхідності розробки системного інструментарію для вирішення проблематики організації роботи та їх управління у проектах різної природи.

Пререквізити. Ефективність засвоєння змісту дисципліни «Сіткове планування» значно підвищиться при попередньо опанованих дисциплінах: теорія ймовірності та математична статистика; методи оптимізації, програмування..

Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета курсу: сформувати у здобувачів вищої освіти засади концептуальної парадигми системного аналізу, надати фундаментальні знання з теорії та методів сіткового планування й управління проєктами, а також навчити застосовувати сучасний математичний і програмний інструментарій для формалізації, моделювання й оптимізації складних процесів різної природи (включно з комп'ютерними та програмними системами)..

Основні завдання:

- ознайомити студентів із математичним і технологічним апаратом, необхідним для розв'язування теоретичних та прикладних задач моделювання на базі сіткового планування (визначення загальної тривалості проєкту, розрахунок оптимальної кількості виконавців та їх призначення на роботи, аналіз впливу зсуву термінів окремих робіт на тривалість усього проєкту, планування в умовах невизначеності);
- сформувати навички математичного дослідження прикладних проблем та вміння переводити реальні проєктні задачі на формальну математичну мову (мовою теорії графів і моделей дослідження операцій);
- розвинути алгоритмічне й логічне мислення, підвищити загальний рівень математичної культури;
- продемонструвати практичні сфери застосування методів сіткового планування (CPM, PERT, GERT, ресурсна оптимізація) та навчити реалізовувати відповідні алгоритми на комп'ютері;
- виробити уміння самостійно опрацьовувати наукову й технічну літературу за фахом і застосовувати здобуті знання у професійній діяльності.

Вивчення навчальної дисципліни «Сіткове планування» передбачає формування таких **компетентностей** для студентів спеціальності F3 «Комп'ютерні науки»:

Загальні та спеціальні компетентності:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
ЗК5. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.
ЗК6. Здатність бути критичним і самокритичним.
ЗК7. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
СК01. Усвідомлення теоретичних засад комп'ютерних наук.
СК05. Здатність розробляти, описувати, аналізувати та оптимізувати архітектурні рішення інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення.
СК06. Здатність застосовувати існуючі і розробляти нові алгоритми розв'язування задач у галузі комп'ютерних наук
СК08. Здатність розробляти і реалізовувати проекти зі створення програмного забезпечення, у тому числі в непередбачуваних умовах, за нечітких вимог та необхідності застосовувати нові стратегічні підходи, використовувати програмні інструменти для організації командної роботи над проєктом.

Програмні результати навчання:

РН1. Мати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері комп'ютерних наук і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень, критичне осмислення проблем у сфері комп'ютерних наук та на межі галузей знань.

РН4. Управляти робочими процесами у сфері інформаційних технологій, які є складними, непередбачуваними та потребують нових стратегічних підходів.

РН7. Розробляти та застосовувати математичні методи для аналізу інформаційних моделей.

Опис навчальної дисципліни

Загальна інформація

Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість		Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	1	2	3	90	14	16	–	--	60	–	залік

Структурний зміст навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем навчальних занять	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лекц.	прак./ семін.	лаб	інд	с.р.		лекц	прак./ сем.	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Теми навчальних занять	**Змістовий модуль 1. Методи аналізу сіткових моделей**											
Тема 1. Основи сіткового моделювання і управління	6	2	1			3						
Тема 2. Метод критичного шляху	11	2	2			7						
Тема 3. Метод оцінки і аналізу програм	9	2	2			5						
Тема 4. Оптимізація проєкту за часом і за ресурсами	10	2	3			5						
Тема 5. Узагальнені детерміновані мережеві моделі	13	1	2			10						
Разом за ЗМ1	**49**	**9**	**10**			**30**						
Теми навчальних занять	**Змістовий модуль 2. Сучасні моделі управління проєктами**											

Тема 6. Застосування стохастичних мереж (GAN, GERT)	16	2	2			12						
Тема 7. Нечітка логіки управлінні проєктами	16	2	2			12						
Тема 8. Сучасні моделі управління проєктами і тенденції їх розвитку	9	1	2			6						
Разом за ЗМ 2	**41**	**5**	**6**			**30**						
Усього годин	**90**	**14**	**16**			**60**						

Тематика лекційних занять з переліком питань

№	Назва теми з основними питаннями
Тема 1	**Основи сіткового моделювання і управління** 1. Сутність, призначення та місце сіткового планування і управління (СПУ) в системному аналізі та управлінні проєктами. 2. Основні поняття та елементи сіткових моделей: робота, подія, фіктивна робота, шлях. 3. Класифікація сіткових моделей: моделі типу *«вершина–подія»* (AOA — Activity-on-Arrow) та *«вершина–робота»* (AON — Activity-on-Node / діаграми передування). 4. Правила побудови та коректного впорядкування сіткових графіків. Типові помилки при побудові топології мережі (контури, «висячі» та «тупикові» вершини) та алгоритми їх усунення. 5. Матричне подання сіткових графіків і топологічне сортування вершин для комп'ютерної реалізації.
Тема 2	**Метод критичного шляху (CPM)** 1. Детерміновані оцінки тривалості робіт та припущення методу критичного шляху (CPM). 2. Алгоритми розрахунку часових параметрів подій: ранній і пізній терміни настання подій, резерв часу події. 3. Розрахунок часових параметрів робіт: ранній і пізній початок, раннє і пізнє закінчення. 4. Види резервів часу робіт (повний, вільний, гарантований, незалежний) та їх економічний і управлінський зміст. 5. Поняття критичного шляху та критичних робіт. Аналіз впливу зсуву термінів виконання окремих робіт на загальну тривалість проєкту.

Тема 3	**Метод оцінки і аналізу програм (PERT)** 1. Особливості планування проєктів в умовах невизначеності. Ймовірнісна природа тривалості робіт у методі PERT. 2. Трьохточкова оцінка тривалості робіт (оптимістична, найбільш ймовірна, песимістична оцінки). 3. Розрахунок математичного сподівання та дисперсії тривалості окремих робіт і критичного шляху. 4. Застосування центральної граничної теореми та нормального розподілу для оцінювання ймовірності завершення проєкту в директивний термін. 5. Визначення довірчих інтервалів тривалості виконання проєкту та оцінка ризиків зриву дедлайнів..
Тема 4	**Оптимізація проєкту за часом і за ресурсами** 1. Багатокритеріальна постановка задач оптимізації сіткових моделей («час — вартість — ресурси»). 2. Оптимізація за критерієм «час — вартість» (стиснення розкладу / Crashing): нормальна та прискорена тривалість робіт, граничні витрати на прискорення, алгоритм поетапного скорочення критичного шляху. 3. Класифікація ресурсів проєкту (відновлювані та невідновлювані). Побудова профілю завантаження ресурсів (діаграми Ганта та гістограми ресурсів). 4. Задачі розподілу обмежених ресурсів (Resource-Constrained Project Scheduling Problem — RCPSP) та вирівнювання ресурсного навантаження (Resource Leveling). 5. Задача визначення оптимальної кількості виконавців та призначення виконавців на роботи проєкту.
Тема 5	**Узагальнені детерміновані мережеві моделі** 1. Обмеження класичних моделей CPM та перехід до узагальнених мережевих моделей (MPM — Metra Potential Method). 2. Типи часових взаємозв’язків між роботами: «фініш–старт» (FS), «старт–старт» (SS), «фініш–фініш» (FF), «старт–фініш» (SF) та врахування часових затримок і випереджень (lags & leads). 3. Моделі з двосторонніми (мінімальними та максимальними) обмеженнями на терміни початку й закінчення робіт. 4. Особливості розрахунку часових параметрів та виявлення аномалій у мережах із комбінованими зв’язками (критичні роботи зі зворотним зв’язком)
Тема 6	**Застосування стохастичних мереж (GAN, GERT)** 1. Сутність узагальнених стохастичних мереж. Відмінності методів GAN (Generalized Activity Networks) та GERT (Graphical Evaluation and Review Technique) від класичних моделей CPM/PERT.

	2. Стохастична структура мережі: ймовірнісне розгалуження подій, наявність альтернативних шляхів виконання проєкту, циклів та зворотних зв'язків. 3. Типи логічних вузлів у GERT-мережах: детерміновані та стохастичні виходи; входи типу «виключне АБО» (XOR), «включне АБО» (IOR) та «І» (AND). 4. Аналітичні методи розрахунку GERT-мереж на основі твірних функцій моментів та правила Мейсона (топологічного рівняння). 5. Імітаційне моделювання (метод Монте-Карло) для аналізу складних стохастичних мереж на ЕОМ.
Тема 7	**Нечітка логіка в управлінні проєктами** 1. Нечітка невизначеність у задачах планування: відмінності між імовірнісним та нечітким підходами до оцінки параметрів проєкту. 2. Основні поняття теорії нечітких множин (функція належності, нечіткі числа трикутного та трапецієподібного виду, лінгвістичні змінні) у контексті проєктного управління. 3. Нечіткий метод критичного шляху **(**Fuzzy CPM) та нечіткий PERT (Fuzzy PERT): арифметичні операції над нечіткими оцінками тривалості робіт. 4. Проблема знаходження пізніх термінів і резервів часу в нечітких сіткових графіках; методи ранжування нечітких чисел для визначення ступеня критичності робіт. 5. Оцінювання проєктних ризиків та прийняття рішень в умовах неповної й якісної інформації за допомогою нечітких систем виведення.
Тема 8	**Сучасні моделі управління проєктами і тенденції їх розвитку** 1. Інтеграція методів сіткового планування із сучасними методологіями управління проєктами (PMBOK, PRINCE2, гнучкі методології Agile / Scrum / Kanban та гібридні підходи). 2. Метод критичного ланцюга (**CCPM** — Critical Chain Project Management) Е. Голдратта: врахування ресурсних обмежень, боротьба зі «студентським синдромом» та законом Паркінсона, управління буферами (проєктним, живлячим, ресурсним). 3. Застосування сіткових моделей в ІТ-індустрії та комп'ютерних науках: планування обчислювальних конвеєрів (DAG у системах обробки великих даних, розподілених обчисленнях, CI/CD). 4. Автоматизація сіткового планування: огляд спеціалізованого програмного забезпечення (MS Project, Primavera P6, Jira) та бібліотек для алгоритмічної реалізації сіткових моделей (Python: NetworkX, SciPy, бібліотеки лінійного програмування). 5. Сучасні тенденції розвитку: застосування методів машинного навчання та штучного інтелекту для прогнозування тривалості робіт, виявлення аномалій у розкладах і динамічної перебалансировки ресурсів.

Теми практичних занять

№	Назва теми	Кількість годин
1	Основи сіткового моделювання і управління (побудова сіткові моделі)	1
2	Метод критичного шляху (часові параметри та критичний шлях сіткової моделі, зсув робіт)	2
3	Метод оцінки і аналізу програм (проаналізувати терміни виконання робіт в умовах невизначеності з різними ймовірностями)	2
4	Оптимізація проєкту за різними критеріями	3
5	Узагальнені детерміновані мережеві моделі	2
6	Застосування стохастичних мереж (GAN, GERT)	2
7	Нечітка логіка в управлінні проєктами	2
8	Сучасні моделі управління проєктами і тенденції їх розвитку	2

Завдання для самостійної роботи студентів

Самостійна робота студентів складає 62 годин. Розподіл самостійної роботи за видами навчальних робот:

1) підготовка до лекційних занять – 10 годин;
2) підготовка до практичних занять та їх виконання – 20 годин;
3) самостійне опрацювання додаткового матеріалу – 18 годин;
4) підготовка до модульних контрольних робіт – 8 години;
5) підготовка до заліку – 6 годин.

Студент може індивідуально виконувати додаткові завдання навчально-дослідницької спрямованості за завданнями, наданими викладачем та отримати до 10 балів в рахунок ІНДЗ**.**

Самостійна робота

№	Назва теми	год
1.	Перетворення та валідація топології сіткових моделей.	3
2.	Алгоритмічний розрахунок параметрів сіткового графіка та аналіз чутливості..	3
3.	Написання програми для автоматичного знаходження критичного шляху та всіх резервів часу за вхідною таблицею залежностей робіт.	4
4.	Ймовірнісне оцінювання ризиків зриву термінів проєкту.	2
5.	Порівняння класичного аналітичного підходу PERT із методом імітаційного моделювання Монте-Карло	3
6.	Багатокритеріальна оптимізація графіка («час — вартість — ресурси»).	2
7.	Формулювання задачі розподілу обмежених ресурсів (RCPSP) як задачі цілочисельного лінійного програмування	3
8.	Моделювання процесів із комбінованими часовими зв’язками.	5
9.	Аліз феномену «зворотної критичності» (коли збільшення тривалості критичної роботи призводить до скорочення загальної тривалості проєкту) та ілюстрація його на конкретному числовому прикладі.	5
10.	Аналіз стохастичних мереж із альтернативними гілками та циклами.	6
11.	Верифікувація аналітичних результатів за допомогою програмної імітаційної моделі на основі дискретно-подійного моделювання.	6

12.	Планування проєкту в умовах лінгвістичної невизначеності (Fuzzy CPM).	6
13.	Прямий прохід за алгоритмом Fuzzy CPM	6
14.	Порівняльний аналіз методологій та моделювання за методом критичного ланцюга (CCPM).	6
		60

Освітні технології, методи навчання і викладання навчальної дисципліни

Використовуються основні традиційні (лекція, розповідь, бесіда, демонстрація) та інтерактивні методи навчання, а саме проєктне навчання, де студенти працюють над конкретними індивідуальним завданнями; кейс-методи для аналізу розв'язку та дистанційна освіта для консультацій та занять згідно з розкладом.

Система контролю та оцінювання

Види та форми контролю

1. Поточний (усне опитування)
2. Модульний (контрольні роботи)
3. Підсумковий (залік)

Засоби оцінювання:

- контрольні роботи;
- командні проекти;
- аналітичні звіти про виконання індивідуальних завдань та самостійної роботи.

Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Система оцінювання рівня навчальних досягнень ґрунтується на принципах ECTS та є накопичувальною. На протязі семестру студенти виконують дві контрольні роботи (до 10 балів кожна), та індивідуальний дослідницький проєкт (до 25 балів кожен).

Підсумковим контролем з дисципліни є усний залік. Білет іспиту містить три питання, з яких одне питання теоретичне і два практичні.

1. Повна відповідь на кожне питання оцінюється 10 балами.

2. За кожну помилку, яка допущена у відповіді, знімається певна кількість балів, а саме:

При відповіді на питання у випадку неістотної помилки знімається 1-2 бали, а у випадку істотної 3-5 балів, якщо ж студент не опанував теоретичний матеріал, плутається в означеннях, наводить логічно невірні твердження, то знімається до 10 балів;

3. Максимальна кількість, яку можна набрати на підсумковому модулі 30 балів.

4. Підсумкова оцінка виставляється за результатами суми балів набраних на змістовних модулях під час семестру та підсумковому модулі (заліку) згідно таблиці

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Оцінка за національною шкалою	**Оцінка за шкалою ECTS**	
	Оцінка (бали)	**Пояснення за розширеною шкалою**
Відмінно	A (90-100)	відмінно
Добре	B (80-89)	дуже добре
	C (70-79)	добре
Задовільно	D (60-69)	задовільно
	E (50-59)	достатньо
Незадовільно	FX (35-49)	(незадовільно) з можливістю повторного складання

	F (1-34)	(незадовільно) з обов'язковим самостійним повторним опрацюванням освітнього компонента до перескладання

Розподіл балів, які отримують студенти

	Поточне тестування та самостійна робота							Підсумковий (залік)	Сума
Змістовий модуль 1				Змістовий модуль 2					
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	Т4	30	100
5	10	10	5	10	7	8	15		

Т1, Т2 ... Т12 – теми змістових модулів.

Зарахування результатів неформальної освіти

Здобувачі вищої освіти має право на участь у неформальній/інформальній освіті.

У межах поточного контролю можуть визнаватися результати неформальної/інформальної освіти за умови наявності сертифікату або освітньої декларації про результати неформальної /інформальної освіти з питань, що відповідає тематиці курсу («Порядок визнання у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича результатів навчання, здобутих шляхом неформальної та/або інформальної освіти», https://www.chnu.edu.ua/media/4g5fzssb/poriadok-vyznannia-rezultativ-navchannia-zdobutykh-shliakhom-neformalnoi-ta-abo-informalnoi-osvity.pdf).

Студентам можуть бути зараховані додаткові бали, отримані через неформальну освіту, до загальної суми балів, набраної з освітньої компоненти, за умови, що результати з проблеми, за якою відбувалося навчання, відповідають тематиці курсу та отримані на ліцензійних платформах.

Політика освітнього процесу

Студенти зобов'язані своєчасно та якісно виконувати всі отримані завдання і акуратно їх оформлювати у вигляді звіту. За необхідністю з метою з'ясування всіх незрозумілих під час самостійної та індивідуальної роботи питань, відвідувати консультації викладача. Кожний студент зобов'язаний дотримуватися принципів академічної доброчесності. Виконаний студентом не свій варіант завдання не оцінюється. Складання (перескладання) заліку проводиться за встановленим деканатом розкладом.

Політика академічної доброчесності

Дотримання політики щодо академічної доброчесності учасниками освітнього процесу при вивченні освітнього компонента регламентовано чинними документами ЧНУ:

- "Кодекс академічної доброчесності та етики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича" https://www.chnu.edu.ua/universytet/normatyvni-dokumenty/kodeks-akademichnoi-dobrochesnosti-ta-etyky-chernivetskoho-natsionalnoho-universytetu-imeni-yuriia-fedkovycha/
- "Положення про виявлення та запобігання академічного плагіату у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича" https://www.chnu.edu.ua/universytet/normatyvni-dokumenty/polozhennia-pro-vyiavlennia-ta-

zapobihannia-akademichnomu-plahiatu-u-chernivetskomu-natsionalnomu-universyteti-imeni-yuriia-fedkovycha/

- "Політика використання штучного інтелекту в Чернівецькому національному університету імені Юрія Федьковича" https://www.chnu.edu.ua/universytet/normatyvni-dokumenty/polityka-vykorystannia-shtuchnoho-intelektu-v-chernivetskomu-natsionalnomu-universyteti-imeni-yuriia-fedkovycha-zi-zminamy-zatverdzhenymy-vchenoiu-radoiu-chnu-imeni-yuriia-fedkovycha/

Використання здобувачами освіти інструментів штучного інтелекту (ШІ) під час виконання навчальних завдань:

- *допускається* за умови дотримання принципів академічної доброчесності (здобувач освіти несе відповідальність за зміст, достовірність і результати поданої роботи, а у разі використання ШІ зобов'язаний зазначити факт і спосіб його застосування);
- *не допускається* використання ШІ як заміни самостійного виконання завдань або з метою порушення вимог академічної доброчесності;
- *додаткові обмеження чи вимоги* щодо використання ШІ можуть визначатися викладачем в освітньому процесі для конкретних видів навчальної діяльності відповідно до особливостей дисципліни.

Рекомендована література

Основна література

1. Трояновська-Коробєйнікова Т. І., Азарова А. О. Управління ІТ-проєктами: навчальний посібник. — Вінниця : ВНТУ, 2021. — 148 с.
2. Зачко О. Б., Рак Т. Є. Управління проєктами: теорія та практика : навчальний посібник. — Львів : ЛДУ БЖД, 2020. — 244 с.
3. Донець Г. П., Сергієнко І. В. Екстремальні задачі на графах. — Київ : Наукова думка, 2016. — 364 с.
4. Kerzner, H. *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. 13th ed. — Wiley, 2022. — 848 p.
5. Старченко Г. В. *Управління проєктами: сучасні підходи та цифрові інструменти* — Чернігів : ГО «Науково-освітній інноваційний центр суспільних трансформацій», 2026.

Додаткова література

1. Project Management Institute (PMI). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Seventh Edition and The Standard for Project Management.* — PMI, 2021. — 370 p. *(*
2. Chen, S.-M., Chang, T.-H. *Finding multiple possible critical paths using fuzzy PERT* // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. Sipser M. *Introduction to the Theory of Computation*. — 3rd ed. — Cengage Learning, 2012.
3. Golub G. H., Van Loan C. F. *Matrix Computations*. 4th ed. Johns Hopkins University Press, 2013. (Базовий підручник із матричних обчислень).
4. Moder, J. J., Phillips, C. R., Davis, E. W. Project Management with CPM, PERT and Precedence Diagramming. 3rd ed. — Van Nostrand Reinhold, 2018 (класичне перевидання). — 389 p.

Інформаційні ресурси

1. Документація бібліотеки NetworkX (Python)**:** https://networkx.org/ — інструментарій для моделювання орієнтованих графів (DAG), реалізації топологічного сортування та алгоритмів критичного шляху.

2. Документація бібліотек оптимізації SciPy та PuLP (Python**):** https://docs.scipy.org/ / https://coin-or.github.io/pulp/ — засоби для програмного розв’язання задач лінійного та цілочисельного програмування (стиснення розкладу Crashing та розподіл ресурсів RCPSP).

3. Документація бібліотеки scikit-fuzzy (Python): https://pythonhosted.org/scikit-fuzzy/ — інструментарій для моделювання функцій належності та нечіткої логіки (до Теми 7).

4. Офіційна документація Microsoft Project та Primavera P6 — довідкові матеріали щодо практичної реалізації діаграм Ганта, мережевих діаграм, вирівнювання ресурсів та управління критичним шляхом у промислових системах.