

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні кафедри
економічної кібернетики і системного аналізу
Протокол № 1 від «22» серпня 2023 р.

ПОГОДЖЕНО

Проректор з навчально-методичної роботи

Каріна НЕМАШКАЛО



МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ-2
робоча програма навчальної дисципліни (РПНД)

Галузь знань	12 "Інформаційні технології"
Спеціальність	124 "Системний аналіз"
Освітній рівень	перший (бакалаврський)
Освітня програма	Управління складними системами

Статус дисципліни	обов'язкова
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська

Розробник:
к.е.н., доцент

Любов ЧАГОВЕЦЬ

Завідувач кафедри
економічної кібернетики
і системного аналізу

Лідія ГУР'ЯНОВА

Гарант програми

Оксана ПАНАСЕНКО

Харків
2024

ВСТУП

Навчальна дисципліна "Методи оптимізації та дослідження операцій-2" є обов'язковою для бакалаврів спеціальності 124 "Системний аналіз" освітньої програми "Управління складними системами". Вона продовжує цикл дисциплін, що спрямовані на вивчення методів найбільш ефективного управління організаційними системами. Ці методи широко застосовуються у перспективному і поточному плануванні, проектуванні різних об'єктів, управлінні виробничими та технологічними процесами, прогнозуванні розвитку окремих галузей народного господарства. Особливо часто до них звертаються під час розв'язання задач розподілу трудових ресурсів і запасів, призначення термінів профілактичного ремонту устаткування, вибору засобів транспортування вантажів, складання графіка розкладів перевезень, розміщення нових виробництв і складів, збору інформації в автоматизованих системах управління і багатьох інших.

Методи оптимізації та дослідження операцій-2 – це навчальна дисципліна, що займається розробленням і практичним застосуванням методів найбільш ефективного управління організаційними системами. Розроблення та ухвалення науково обґрунтованих рішень значною мірою пов'язані з проблемою пошуку оптимального варіанту. Це складає повсякчасну практику господарюючих суб'єктів під час вибору виробничої програми, маршрутизації, прикріплення до постачальників, складання графіків планів виконання взаємопов'язаних робіт тощо. Умови гнучкості, альтернативності виробничо-господарських ситуацій є необхідними умовами виконання принципу оптимальності під час вироблення управлінських рішень, а основою отримання оптимальних рішень є результати всебічного вивчення та співставлення всіх можливих варіантів рішень, аналізу їх переваг та недоліків. Це потребує застосування особливих методів пошуку оптимальних рішень.

Метою вивчення дисципліни є формування теоретичних знань і практичних навичок формалізації задач управління з використанням спеціалізованих оптимізаційних методів.

Предметом дисципліни є моделі та методи дослідження й оптимізації операцій.

Об'єктом вивчення дисципліни є системи організаційного управління, що складаються з великого числа взаємодіючих між собою підрозділів, причому інтереси підрозділів не завжди погодяться між собою і можуть бути суперечливими.

Основним завданням є кількісне обґрунтування ухвалених рішень з управління організаційними системами.

Результати навчання та компетентності, які формує навчальна дисципліна визначено в табл. 1.

Результати навчання та компетентності, які формує навчальна дисципліна

Результати навчання	Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач вищої освіти
РН6	КЗ 1, КЗ 2, КФ 5
РН7	КЗ 1, КЗ 2, КФ 5

де КЗ 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

КЗ 2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

КФ 5. Здатність формулювати задачі оптимізації при проектуванні систем управління та прийняття рішень, а саме: математичні моделі, критерії оптимальності, обмеження, цілі управління; обирати раціональні методи та алгоритми розв'язання задач оптимізації та оптимального керування.

РН6. Знати та вміти застосовувати основні методи постановки та вирішення задач системного аналізу в умовах невизначеності цілей, зовнішніх умов та конфліктів.

РН7. Знати основи теорії оптимізації, оптимального керування, теорії прийняття рішень, вміти застосовувати їх на практиці для розв'язування прикладних задач управління і проектування складних систем.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Детерміновані моделі

Тема 1. Моделі динамічного програмування

1.1. Загальна постановка задачі динамічного програмування

Рекуррентна природа обчислювань в задачах динамічного програмування. Задача про найкоротший шлях. Поняття етапу, змінної стану, змінної управління, цільової функції в задачах динамічного програмування. Принцип оптимальності Белмана.

1.2. Найпростіші економічні задачі динамічного програмування

Задача розподілу ресурсів, задача про завантаження, задача заміни устаткування, задача про інвестування.

1.3. Деякі задачі динамічного програмування в стохастичній постановці.

Тема 2. Теорія управління запасами

2.1. Модель управління запасами та її елементи.

Предмет теорії управління запасами. Постановка задачі управління запасами. Елементи моделі управління запасами.

2.2. Класифікація моделей управління запасами.

Основні класифікаційні ознаки моделей управління запасами. Приклади задач управління запасами в різних постановках.

2.3. Найпростіші моделі управління запасами.

Детермінований стаціонарний попит. Формули Уілсона. Пілоподібний графік. Задачі управління запасами у разі обмеження на обсяг складу. Модель оптимального розміру замовлення з виробництвом. Модель оптимального розміру замовлення з дефіцитом. Модель оптимального розміру замовлення з кількісними знижками. Моделі управління багатомножинними запасами під час ймовірностного попиту та миттєвих періодичних поставках.

2.4. Динамічні моделі управління запасами.

Визначення етапів, змінних стану та управління, цільової функції та алгоритму рішення.

Змістовий модуль 2. Стохастичні моделі та методи

Тема 3. Марковські випадкові процеси

3.1. Поняття марковського випадкового процесу.

Визначення випадкової величини, випадкової функції, випадкового процесу. Властивість відсутності післядії марковського процесу. Приклади випадкових процесів в економіці.

3.2. Класифікація марковських процесів.

Марковські процеси з дискретним та неперервним часом. Марковські процеси з дискретними та неперервними станами. Приклади марковських випадкових процесів різних типів.

3.3. Марковські процеси з дискретними станами та часом.

Поняття ймовірності стану та перехідної ймовірності марковського процесу. Способи подання марковського випадкового процесу з дискретними станами. Поняття марковського ланцюга. Граф станів марковського випадкового процесу. Рівняння Колмогорова–Чепмена. Властивість ергодичності марковського процесу. Класифікація станів.

3.4. Марковські процеси з дискретними станами та неперервним часом.

Визначення марковського процесу з дискретними станами та неперервним часом. Поняття щільності ймовірності марковського процесу з дискретними станами та неперервним часом. Однорідні та неоднорідні марковські процеси. Виведення системи рівнянь Колмогорова для ймовірностей станів марковського процесу.

3.5. Управління марковськими процесами з доходами.

Постановка задачі управління марковським процесом з доходами. Рекурентний метод управління марковським процесом з доходами. Ітераційний метод управління марковським процесом з доходами.

Тема 4. Теорія масового обслуговування

4.1. Основні поняття теорії масового обслуговування

Основні поняття теорії масового обслуговування. Структура системи масового обслуговування. Поняття обслуговуючого апарату, джерела вимог, потоку вимог.

4.2. Найпростіший потік вимог.

Властивості стаціонарності, ординарності, відсутності післядії потоку вимог. Система функцій Пуассона для опису потоку вимог. Параметр потоку вимог та його економічна інтерпретація.

4.3. Кількісний опис часу обслуговування.

Поняття часу обслуговування. Параметр часу обслуговування та його економічна інтерпретація. Система функцій Пуассона для опису часу обслуговування.

4.4. Класифікація систем масового обслуговування.

Ознаки класифікації систем масового обслуговування.

4.5. Якість функціонування систем масового обслуговування.

Розрахункові формули для основних характеристик систем масового обслуговування різних типів.

Тема 5. Методи багатокритеріальної оптимізації та вирішення неструктурованих проблем методами нечіткої логіки

5.1. Характеристика, приклади багатокритеріальних оптимізаційних задач.

Приклади багатокритеріальних оптимізаційних задач в економічній сфері. Формалізована постановка задачі багатокритеріальної оптимізації.

5.2. Основні властивості багатокритеріальної задачі, проблема визначення її розвитку.

Множина Парето, її знаходження графічним та аналітичним способом.

5.3. Методи багатокритеріальної оптимізації управлінських рішень.

Цільове програмування. Багатокритеріальне лінійне програмування. Методи цільового програмування.

5.4. Історичний поступ до розробки алгоритмів вирішення неструктурованих проблеми.

Поняття неструктурованої проблеми. Історія розвитку теоретичного апарата нечітких множин.

5.5. Нечіткість та нечіткі змінні

Поняття нечіткої та лінгвістичної змінних. Типи функцій приналежності.

5.6. Підходи до операцій з нечіткими множинами.

Комплекс підходів до операцій з нечіткими множинами Система нечіткого логічного виводу Мамдані.

Перелік практичних та лабораторних занять за навчальною дисципліною наведено в табл. 2

Таблиця 2

Перелік практичних та лабораторних занять

Назва теми	Зміст
Тема1.	Практичне заняття 1. Моделі динамічного програмування Лабораторна робота 1. Задачі динамічного програмування.

	Мета – опанування здобувачами навичок побудови формального опису задач динамічного програмування, розв’язання задачі методами зворотної прогонки із використанням MS Excel.
Тема 2.	Практичне заняття 2. Задачі управління запасами. Лабораторна робота 2. Моделі управління запасами Мета – опанування здобувачами навичок побудови формального опису задачі управління запасами, розв’язання статичних задач управління запасами із використанням MS Excel.
Тема 3.	Практичне заняття 3. Марківські випадкові процеси з дискретними станами та дискретним часом Лабораторна робота 3. Марківські випадкові процеси Мета – опанування здобувачами навичок аналізу марковських випадкових процесів, оцінки характеристик марковських випадкових процесів з дискретними станами та дискретним часом із використанням MS Excel
Тема 4.	Практичне заняття 4. Теорія масового обслуговування Лабораторна робота 4. Теорія масового обслуговування Мета – опанування здобувачами навичок розв’язання задач теорії масового обслуговування та оцінки показників якості функціонування ТМО із використанням MS Excel
Тема 5.	Лабораторна робота 5. Методи побудови нечітких функцій приналежності Мета – опанування здобувачами навичок побудови нечітких множин із використанням експертних оцінок та різних типів функцій приналежності

Перелік самостійної роботи за навчальною дисципліною наведено в табл.

3.

Таблиця 3

Перелік самостійної роботи

Назва теми	Зміст
Тема 1.	Вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичного заняття, виконання завдання, огляд теоретичного матеріалу з теми "Розв’язання задачі лінійного програмування методом динамічного програмування"
Тема 2.	Вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичного заняття. Виконання індивідуального завдання "Типи систем управління запасами. Багатономенклатурні задачі управління запасами. Особливості використання алгоритмів прямої та зворотної прогонки в динамічних моделях управління запасами "
Тема 3.	Вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичного заняття. Виконання індивідуальних завдань "Процеси загибелі та розмноження у системах з n вузлами", "Циклічні процеси. Перетворення немарківських процесів у марківські", "Метод псевдостанів"
Тема 4.	Пошук, підбір та огляд літературних джерел на задану тематику; виконання індивідуального завдання "Нестационарні потоки вимог. Моделі ухвалення рішень в теорії масового обслуговування"
Тема 5.	Вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичного заняття. Виконання індивідуального завдання "Основні проблеми розв’язування задач багатокритеріальної оптимізації "

Кількість годин лекційних, практичних та лабораторних занять та годин самостійної роботи наведено в робочому плані (технологічній карті) з навчальної дисципліни.

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Під час викладання навчальної дисципліни "Дослідження операцій та методи оптимізації-2" для активізації навчально-пізнавальної діяльності здобувачів передбачено застосування таких навчальних технологій, як презентація за індивідуальним завданням (див. табл. 4).

Таблиця 4

Розподіл форм та методів активізації процесу навчання за темами навчальної дисципліни

Тема	Практичне застосування навчальних технологій
Тема 1.	Робота в малих групах
Тема 2.	Індивідуальна презентація
Тема 3.	Робота в малих групах
Тема 4.	Індивідуальна презентація
Тема 5.	Робота в малих групах

Робота в малих групах та індивідуальні презентації за результатами її роботи спрямовані на розвиток логічного мислення здобувачів. Коло питань теми обмежується двома-трьома ключовими моментами, увага здобувачів концентрується на матеріалі, який не знайшов відображення в темах курсу. Під час викладання лекційного матеріалу здобувачам пропонуються питання для самостійного опрацювання. Водночас лектор задає питання, які спонукають здобувача шукати вирішення проблемної ситуації. На початку проведення проблемної лекції необхідно чітко сформулювати проблему, яку необхідно вирішити здобувачам. Під час викладання лекційного матеріалу слід уникати прямої відповіді на поставлені запитання, а висвітлювати матеріал таким чином, щоб отриману інформацію здобувач міг використовувати під час вирішення проблеми.

Робота в малих групах дає змогу структурувати лекційні або практично-семінарські заняття за формою і змістом, створює можливості для участі кожного здобувача в роботі за темою заняття, забезпечує формування особистісних якостей та досвіду соціального спілкування. Після висвітлення проблеми здобувачам пропонується об'єднуватися в групи по 2 – 3 особи та презентувати наприкінці курсу своє бачення та сприйняття матеріалу.

ФОРМИ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ

Університет використовує 100 бальну накопичувальну систему оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти.

Підсумкова оцінка за навчальною дисципліною визначається сумуванням

балів за поточний та підсумковий контроль.

Поточний контроль здійснюється під час проведення лекційних, практичних, лабораторних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості здобувача вищої освіти до виконання конкретної роботи і оцінюється сумою набраних балів (максимальна сума – 60 балів; мінімальна сума, що дозволяє здобувачу скласти іспит, – 35 балів).

Поточний контроль містить оцінювання здобувачів під час:

лекцій - опитування на парі, максимальний бал – 8 балів;

лабораторних робіт – опитування на лабораторних роботах, максимальний бал – 8;

виконання індивідуальних лабораторних завдань (10 балів за кожне завдання), максимальний бал – 20;

практичних робіт – опитування на практичних роботах, максимальний бал – 8;

презентація – максимальний бал – 6.

контрольні роботи – кожна оцінюється у 5 балів, максимальні бали – 10.

Семестровий контроль проводиться у формі семестрового екзамену (іспиту). Складання семестрового екзамену (іспиту) здійснюється під час екзаменаційної сесії.

Максимальна сума балів, яку може отримати здобувач вищої освіти під час екзамену (іспиту) – 40 балів. Мінімальна сума, за якою екзамен (іспит) вважається складеним – 25 балів.

Більш детальну інформацію щодо системи оцінювання наведено в робочому плані (технологічній карті) з навчальної дисципліни.

Приклад екзаменаційного білета та критерії оцінювання для навчальної дисципліни з формою семестрового контролю екзамен (іспит)

Зразок екзаменаційного білета Форма № Н-5.05

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця

Освітній ступінь "бакалавр"

Спеціальність: "Системний аналіз".

Семестр 4

Навчальна дисципліна "Методи оптимізації та дослідження операцій-2"

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 1

Приклади завдання 1

1. Чому дорівнює ймовірність переходу із транзитивного стану в поглинаючий стан:

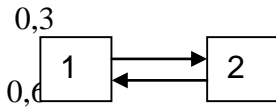
1) 0; 2) 1; 3) довільному значенню.

2. Випадковий процес є марковським, якщо він має властивість:

1) відсутності наслідків; 2) ординарності; 3) відсутності післядії.

3. На графі станів марковського ланцюга стрілками показані можливі переходи системи зі стану в стан за:

- 1) довільне число кроків; 2) два кроки; 3) один крок.
4. Неперервний марковський ланцюг є неоднорідним, якщо:
- 1) перехідні ймовірності не залежать від номера кроку;
 - 2) перехідні ймовірності залежать від номера кроку;
5. За допомогою графа станів марковського ланцюга знайти ймовірність другого стану системи на першому кроці, якщо вектор початкових ймовірностей має вигляд $P(0) = (1;0)$:



- 1) 0,3;
 - 2) 0,6;
 - 3) 0,7;
 - 4) 0,4;
 - 5) 1.
6. Знайти середній однокроковий доход системи q_1 , якщо відома матриця перехідних ймовірностей $P = \begin{pmatrix} 0.4 & 0.6 \\ 0.5 & 0.5 \end{pmatrix}$ і матриця доходів $R = \begin{pmatrix} 1 & 5 \\ 2 & 4 \end{pmatrix}$.

- 1) 3,0;
 - 2) 1,4;
 - 3) 5,0;
 - 4) 3,4.
7. Повний очікуваний доход системи за 2 кроки за умови, що споконвічно система перебувала в стані S_2 , знаходиться за формулою:

- 1) $V_2(2) = q_2 + \sum_{j=1}^n p_{2j} V_j(1)$;
- 2) $V_2(2) = q_2 + \sum_{j=1}^n p_{2j} V_j(0)$;

Завдання 2. Консалтінгова фірма кожного року проводить аналіз інвестиційної привабливості (ІП) регіонів. За результатами аналізу ІП регіону оцінюється як висока, середня або низька. Дослідження виявили, що ІП у поточному році залежить тільки від стану регіону в попередньому році. Якщо в поточному році регіон має високий рівень ІП, то з ймовірністю 0,6 він збереже свій стан у наступному році й з ймовірністю 0,2 перейде в стан "середній рівень ІП"; якщо в поточному році регіон має середній рівень ІП, те в наступному році він збереже цей стан з ймовірністю 0,5 або погіршить його до стану "низький рівень ІП" з ймовірністю 0,2; якщо в поточному році регіон має низький рівень ІП, те з ймовірністю 0,8 він збереже цей стан або з ймовірністю 0,2 перейде в стан "середній рівень ІП". Фірма діагностувала ІП Харківського регіону в 2016 р. як високу. Визначити ймовірність того, що в 2018 р. ІП Харківського регіону буде високою.

Завдання 3. Менеджер має вирішити, як розподілити наявних додатково чотирьох продавців між трьома районами на території, де продається товар. Відомі результати продажу за один місяць залежно від числа продавців, що працюють в районі. Знайдіть найкращий розподіл продавців за районами, що забезпечує максимальні результати продажу.

Таблиця 1

Результати продажу, тис. грн					
Район	Кількість продавців в районі				
	0	1	2	3	4
А	13	15	5	10	17
В	14	17	6	10	15
С	11	15	4	9	18

Екзаменаційний білет містить стереотипне, діагностичне та евристичне завдання. Виконання кожної складової частини екзаменаційного завдання оцінюється наступним чином (табл. 2):

Таблиця 2

Оцінка складових екзаменаційного завдання	
Завдання	Кількість балів
Завдання 1 (стереотипне)	15
Завдання 2 (діагностичне)	10
Завдання 3 (евристичне)	15
Разом	40

Під час оцінки стереотипного завдання використовуються критерії, наведені в табл. 3

Таблиця 3

Критерії оцінювання стереотипного завдання			
Кількість правильних відповідей	Кількість балів	Кількість правильних відповідей	Кількість балів
24	15	16	7
23	14	15	6
22	13	14	5
21	12	13	4
20	11	12	3
19	10	11	2
18	9	10	1
17	8	<9	0

Під час оцінювання *діагностичного завдання* використовуються такі критерії:

10 балів – подано правильні відповіді на поставлені питання. Розв'язок виконано точно, акуратно, в логічній послідовності. Хід розв'язання задачі супроводжується поясненнями, які використовують понятійний апарат методів рішення. Наведено висновки та рекомендації з використання отриманих результатів.

9 балів – дано правильні відповіді на поставлені питання. Розв'язок виконано в логічній послідовності. Хід розв'язання супроводжується поясненнями. Частково наведено висновки.

8 балів – повністю послідовне розв'язання завдання, з повним обґрунтуванням вибраного алгоритму розв'язання і подано коментарі до розв'язку. Остаточні висновки містять невірні твердження.

7 балів – завдання розв'язано повністю, але відсутнє економічне обґрунтування, не повністю зроблені висновки.

6 балів – на поставлені завдання подано правильні відповіді. Рішення виконано в логічній послідовності. Хід розв'язання задачі не супроводжується рекомендаціями з використання отриманих результатів.

5 балів – на всі поставлені завдання подано відповіді з незначними помилками арифметичного характеру, розв'язок не був повним та відсутнє обґрунтування або не зроблені чіткі логічні висновки.

4 бали – на всі поставлені завдання дано відповіді зі значними помилками арифметичного характеру, що впливають на загальний відповідь завдань. Пояснення відсутні.

3 бали – якщо під час розв’язку було допущено логічну помилку, що вплинула на його хід й остаточні висновки. Пояснення відсутні.

2 бали – на всі поставлені завдання дано із значними помилками арифметичного та логічного характеру, що впливають на загальний відповідь завдань. Пояснення рішення відсутні.

1 бал – здобувач зміг запропонувати алгоритм розв’язання.

0 балів – завдання не розв’язано.

Під час оцінювання *евристичного завдання* використовують такі критерії:

15 балів – за повністю послідовно вирішене завдання, з повним обґрунтуванням обраного ходу розв’язання й отриманих висновків;

14 балів – за повністю правильно вирішене завдання з частковим обґрунтуванням отриманих висновків;

13 балів – за повністю послідовно вирішене завдання, без подання пояснень здобувача;

12 балів – подано рішення не було повним та відсутнє обґрунтування або не зроблені чіткі логічні висновки;

11 балів – завдання вирішене частково, є остаточні висновки але в ході рішення була допущена технічна помилка;

10 балів – вирішення не було повним та відсутнє обґрунтування, не зроблені чіткі логічні висновки, є арифметичні помилки;

9 балів – завдання вирішене частково, відсутні остаточні висновки або в ході рішення була допущена логічна помилка;

8 балів – на всі поставлені питання подано відповіді з незначними помилками арифметичного характеру, розв’язок не був повним та відсутнє обґрунтування;

7 балів – на дві третини поставлених питань подано відповіді зі значними помилками арифметичного характеру, розв’язок не був повним та відсутнє обґрунтування;

6 балів – на половину поставлених питань подано відповіді зі значними помилками арифметичного характеру, не зроблені чіткі логічні висновки, є арифметичні помилки;

5 балів – на всі поставлені завдання подано відповіді зі значними помилками арифметичного характеру, рішення неповне та відсутнє обґрунтування або не зроблені чіткі логічні висновки, є арифметичні та логічні помилки;

4 бали – якщо в ході рішення була допущена логічна помилка, що вплинула на хід розв’язання й остаточні висновки,

3 бали – на всі поставлені завдання дано із значними помилками арифметичного та логічного характеру, що впливають на загальний відповідь завдань, пояснення рішення присутні;

2 бали – якщо здобувач удент зміг тільки запропонувати алгоритм та шлях рішення завдання;

1 бал – якщо продемонстровано лише знання загального ходу рішення або основних співвідношень запропонованої моделі;

0 балів – якщо завдання не розв’язане.

Округлення отриманих балів здійснюють за загальними правилами округлення.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Дослідження операцій : конспект лекцій / О. В. Шебаніна, В. П. Клочан, І. В. Клочан та ін. – Миколаїв : МНАУ, 2021. – 150 с.

2. Основи дослідження операцій у транспортних системах: приклади та задачі: навчальний посібник для ВНЗ / Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкін. – К: ПрофКнига, 2019. – 277 с.

3. Дослідження операцій [Текст] : [навчальний посібник] / Меньшикова О.В., Чмир О.Ю., Карабин О.О. – Львів : ЛДУ БЖД, 2019. – 196 с.

Додаткова

4. Fundamental Approaches to Software Engineering 25th International Conference, FASE 2022, Held as Part of the European Joint Conferences on Theory and Practice of Software, ETAPS 2022, Munich, Germany, April 2–7, 2022, Proceedings Prof. Einar Broch Johnsen // Lecture Notes in Computer Science (2022).

5. Regularized System Identification Learning Dynamic Models from Data of. Gianluigi Pillonett // Communications and Control Engineering (2022).

6. Programming Languages and Systems 31st European Symposium on Programming, ESOP 2022, Held as Part of the European Joint Conferences on Theory and Practice of Software, ETAPS 2022, Munich, Germany, April 2–7, 2022, Proceedings Ilya Sergey // Lecture Notes in Computer Science (2022).

7. xxAI-Beyond Explainable AI International Workshop, Held in Conjunction with ICML 2020, July 18, 2020, Vienna, Austria, Revised and Extended Papers Andreas Holzinger, Prof. Dr. Randy Goebel // Lecture Notes in Computer Science (2022).

8. Edward Curry, Sören Auer. Technologies and Applications for Big Data Value (2022).

9. Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems 28th International Conference, TACAS 2022, Held as Part of the European Joint Conferences on Theory and Practice of Software, ETAPS 2022, Munich, Germany, April 2–7, 2022, Proceedings, Part II Dr. Dana Fisman, Grigore Rosu // Lecture Notes in Computer Science (2022).

10. Towards Bayesian Model-Based Demography Agency, Complexity and Uncertainty in Migration Studies Jakub Bijak in Methodos Series (2022).

11. Sergio Consoli. Data Science for Economics and Finance Methodologies and Applications (2021).

Інформаційні ресурси

12. Навчальна дисципліна «Методи оптимізації та дослідження операцій-2» [Електронний ресурс] / Л. О. Чаговець. – Режим доступу : <https://pns.hneu.edu.ua/course/view.php?id=9716>.