

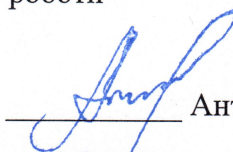
Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра моделювання систем і технологій

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної
роботи



Антон ПАНТЕЛЕЙМОНОВ

_____ 2020 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Математичні методи моделювання, оптимізації та управління процесами»

рівень вищої освіти	другий (магістерський)
галузь знань	12 Інформаційні технології
спеціальність	122 Комп'ютерні науки
освітня програма	Інформаційні управляючі системи та технології
спеціалізація	
вид дисципліни	Обов'язкова
факультет	Комп'ютерних наук

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету комп'ютерних наук

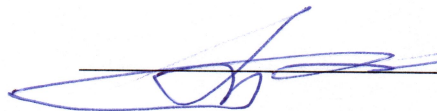
«31» серпня 2020 року, протокол № 12

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: кандидат технічних наук, доцент кафедри моделювання систем і технологій **Подцикін Микола Серафимович**.

Програму схвалено на засіданні кафедри моделювання систем і технологій

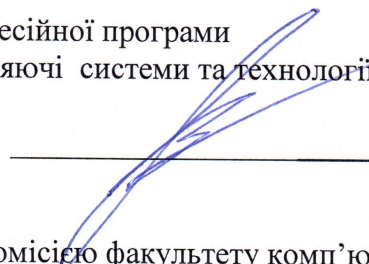
Протокол від «28» серпня 2020 року № 1

Завідувач кафедри моделювання систем і технологій


Микола ТКАЧУК

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми 122 «Комп'ютерні науки»

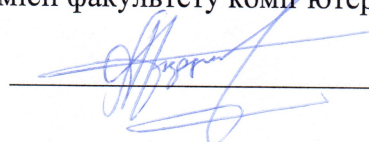
Гарант освітньо-професійної програми
«Інформаційно управляючі системи та технології»


Володимир КУКЛІН

Програму погоджено методичною комісією факультету комп'ютерних наук

Протокол від «31» серпня 2020 року № 1

Голова методичної комісії факультету комп'ютерних наук


Анатолій БЕРДНІКОВ

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Математичні методи моделювання, оптимізації та управління процесами» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки другого (магістерського) рівня спеціальності 122 Комп'ютерні науки.

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є надання майбутнім спеціалістам знань в галузі сучасної теорії прийняття оптимальних статистичних рішень в стохастичних системах керування: економічних, технічних та інших.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями вивчення дисципліни є здобуття знань і умінь студента вибирати оптимальні рішення в різних областях людської діяльності, наприклад, в економічній області, в яких випадковий чинник має істотне значення. Вочевидь, що оптимальні рішення у вказаних умовах можуть істотно залежати від відношення суб'єкта що приймає рішення до ризику. Байесовський підхід в статистиці, покладений в основу курсу, дозволяє його враховувати. Адаптивні методи керування стохастичними системами з неповною інформацією. Вживання методів і алгоритмів вибору оптимальних рішень, викладених в курсі, зазвичай вимагає вживання обчислювальної техніки.

В ході вивчення дисципліни у студента повинні формуватися наступні компетентності.

Загальні компетентності (ЗК):

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК1);
- здатність проведення досліджень на відповідному рівні (ЗК3);
- здатність приймати обґрунтовані рішення (ЗК5);
- здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми при розробці та реалізації наукових проектів та професійних програм (ЗК6);
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК7);
- здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК10);
- здатність визначати головні пріоритети при виконанні поставлених завдань і взятих обов'язків (ЗК11);
- готовність до викладацької діяльності, до організації освітнього процесу у вищій школі (ЗК13).

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (ФК):

- здатність до організації та проведення наукових досліджень та виконання інноваційних розробок в галузі комп'ютерних наук і інформаційних технологій (ФК1);
- здатність розробляти математичні моделі і алгоритми для вирішення практичних задач прийняття оптимальних рішень і проектування систем, керування системами, процесами та проектами, аналізу та обробки даних, інтелектуального пошуку та видобування знань (ФК2);
- здатність до розробки та впровадження нових інформаційних технологій і програмного забезпечення для управління, проектування, прийняття рішень, пошуку, аналізу і обробки даних (ФК3);
- професійне володіння сучасними комп'ютерними та інформаційними технологіями (ФК4);
- здатність до використання системного аналізу об'єкта проектування і предметної області, їхніх взаємозв'язків (ФК5);

- здатність до використання сучасних технологій та інструментальних засобів розробки складних програмних систем, уміння їх застосовувати на всіх етапах життєвого циклу розробки (ФК7);
- здатність до використання принципів проектування і застосування сучасних комп'ютерних систем та мереж. (ФК8);
- здатність застосовувати обчислювальний експеримент при дослідженнях (ФК9);
- здатність до використання сучасних комп'ютерних засобів та методів автоматизованого проектування складних систем (ФК10);
- здатність використовувати знання при автоматизованому проектуванні виробничих процесів (ФК12);
- здатність опанувати сучасні технології математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти обчислювальні моделі та алгоритми чисельного розв'язування інженерних задач (КС13);
- здатність здійснювати аналіз, моделювання, реінжиніринг бізнес-процесів інформаційних систем, здатність застосовувати CASE-засоби під час їх проектування (ФК14);
- вміння працювати з інформацією (навички саморозвитку) (ФК18).

1.3. Кількість кредитів – 9.

1.4. Загальна кількість годин – 270.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
<u>Обов'язкова</u> / за вибором	
Денна форма навчання	Денна форма навчання
Рік підготовки	
1-й	1-й
Семестр	
1-й	2-й
Лекції	
16 год.	32 год.
Практичні, семінарські заняття	
16 год.	16 год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
88 год.	102 год.
у тому числі індивідуальні завдання	
год.	

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

знати:

- класичний і байесовський підхід до оцінки параметрів в статистиці;
- побудова і аналіз функції корисності;
- визначення байесовського ризику і байесовського рішення;

- правило побудови байесовських вирішальних функцій в статистичних завданнях рішення;
- визначення і побудова зв'язаних сімейств розподілів;
- збіжність апостеріорних розподілів;
- методи керування стохастичними системами з неповною інформацією.

вміти:

- будувати і аналізувати функцію корисності в разі грошових доходів;
- обчислювати байесовську вирішальну функцію в завданнях із спостереженнями і відомою ціною спостереження;
- знаходити зв'язані сімейства розподілів параметра для різних розподілів спостережень;
- застосовувати теорію статистичних рішень з використанням обчислювальної техніки в економіці, психології, інженерній справі;
- керувати стохастичними системами з неповною інформацією.

В Результаті вивчення дисципліни у студента повинні формуватися наступні програмні результати навчання (ПРН):

- здатність розробляти технологію наукових досліджень із поставленої проблеми в області комп'ютерних наук та інформаційних технологій із застосуванням сучасних технологій та інструментів (ПРН1);
- знання іноземної мови та розуміння іншомовних наукових та професійних текстів (ПРН2);
- знання методів викладацької діяльності та вміння організувати освітній процес у вищій школі (ПРН3);
- знання структури даних та фундаментальних алгоритмів, методології та інструментальних засобів об'єктно-орієнтованого аналізу та проектування, особливостей різних парадигм програмування, принципів, моделей, методів і технологій проектування і розроблення програмних продуктів різного призначення (ПРН5);
- базові знання методів автоматизованого проектування комп'ютерних систем, уміння використовувати сучасні комп'ютерні засоби проектування комп'ютерних систем (ПРН9);
- знання методів та математичних і комп'ютерних моделей фундаментальних і прикладних дисциплін для обробки, аналізу й синтезу результатів професійних досліджень (ПРН10);
- вміння застосовувати мови програмування, мови опису інформаційних ресурсів, мови специфікацій, а також інструментальні засоби проектування і створення систем, продуктів і сервісів інформаційних технологій (ПРН12);

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Імовірнісні розподіли на множини доходів. Функція корисності.

Тема 1. Переваги в множині доходів і в множині імовірнісних розподілів.

Поняття корисності для чисельного вираження переваг. Переваги на множині імовірнісних розподілів.

Тема 2. Визначення функції корисності.

Властивості функції корисності. Корисність доходу. Корисність розподілу. Властивості функції корисності.

Тема 3. Корисність в разі грошових доходів.

Опуклі і увігнуті функції корисності. Корисність в разі грошових доходів. Експериментальний вимір корисності. Нерівність Йенсена для опуклих функцій.

Тема 4. Побудова функції корисності.

Експериментальний вимір корисності. Алгоритм побудови функції корисності.

Тема 5. Елементи статистичних завдань рішення.

Елементи завдання рішення: Множині доходів, простір результатів випадкового експерименту, простір рішень. Функція втрат, середній збиток.

Тема 6. Байєсовський ризик і байєсовські рішення.

Угнутість байєсовського ризику. Статистичні завдання вирішення з кінцевими просторами результатів і рішень.

Тема 7. Статистичні завдання рішення із спостереженнями.

Побудова байєсовських вирішальних функцій. Ціна спостереження.

Тема 8. Зв'язані сімейства розподілів.

Побудова зв'язаного сімейства розподілів для стандартних типів розподілів. Апріорні і апостеріорні розподіли

Розділ 2. Байєсовські методи в моделюванні, прийнятті рішень, управлінні.

Тема 9. Послідовний вибір.

Збіжність апостеріорних розподілів. Граничні властивості функції правдоподібності.

Тема 10. Моделі страхування.

Модель адаптивного підходу до ухвалення рішень на ринку страхових послуг.

Тема 11. Оптимальний обмін ризиками.

Терема Борча.

Тема 12. Математичні методи моделювання надійності технічних систем.

Модель управління надійністю технічних систем в умовах неповної інформації.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин									
	денна форма									
	усього	у тому числі						лаб.	інд.	с.р.
		лекц.		практ.						
ауд.		дист.	ауд.	дист.						
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1 семестр										
Розділ 1. Математичні методи моделювання систем, моделювання надійності систем.										
Тема 1. Переваги в множині доходів і в множині імовірнісних розподілів.	8		2	2					4	
Тема 2. Визначення функції корисності. Властивості функції корисності.	10		2	2					6	
Тема 3. Корисність в разі грошових доходів.	8		2	2					4	
Тема 4. Побудова функції корисності.	8		2	2					4	
Тема 5. Елементи статистичних завдань рішення.	14		2	2					10	
Тема 6. Байєсовський ризик і байєсовські рішення.	19		2	2					15	
Тема 7. Статистичні завдання рішення із спостереженнями.	20		2	2					16	
Тема 8. Зв'язані сімейства розподілів.	28		2	2					24	
Підготовка до контрольної роботи	5								5	
Разом за розділом 1	120		16	16					88	
2 семестр										
Розділ 2. Байєсовські методи в моделюванні, прийнятті рішень, управлінні.										
Тема 9. Послідовний вибір. Збіжність апостеріорних розподілів.	22		4	4					14	
Тема 10. Модель адаптивного підходу до ухвалення рішень на ринку страхових послуг.	36		8	4					24	
Тема 11 Оптимальний обмін ризиками.	42		8	4					30	
Тема 12. Модель управління надійністю технічних систем в умовах неповної інформації.	45		12	4					29	
Підготовка до контрольної роботи	5								5	
Разом за розділом 2	150		32	16					102	
Разом	270		48	32					190	

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Розділ 1. Математичні методи моделювання систем.		
1	Імовірнісні розподіли на множині доходів	2
2	Функція корисності	2
3	Корисність в разі грошових доходів	2
4	Побудова функції корисності. Властивості	2
5	Статистичні задачі рішення.	2
6	Статистичні завдання рішення із спостереженнями	2
7	Зв'язані сімейства розподілів.	2
8	Послідовний вибір.	2
Разом за розділом 1		16
Розділ 2. Байєсовські методи в моделюванні, прийнятті рішень, управлінні.		
9	Оптимальний обмін ризиками. Терема Борча.	4
10	Вживання функції корисності в теорії страхування	4
11	Прийняття оптимальних рішень в системах з неповною інформацією	4
12	Модель управління надійністю технічних систем в умовах неповної інформації.	4
Разом за розділом 2		16
Усього годин		32

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
Розділ 1. Моделювання систем, моделювання надійності систем.		
1	Імовірнісні розподіли на множині доходів. <i>Вірогідність і імовірнісні розподіли на множині грошових і не грошових доходів. Відношення переваги на множині доходів і на множині імовірнісних розподілів доходів.</i>	4
2	Функція корисності. <i>Визначення функції корисності. Класи функцій корисності. Функція неприйняття ризику.</i>	6
3	Корисність в разі грошових доходів. <i>Властивості функції корисності і функції неприйняття ризику у разі грошових доходів.</i>	4
4	Побудова функції корисності. Властивості. <i>Перерахувати властивості функції корисності. По заданому алгоритму скласти власну функцію корисності і оцінити свою функцію неприйняття ризику.</i>	4
5	Статистичні задачі рішення. <i>Визначити параметричний простір, множину рішень, функцію втрат, байєсовський ризик, байєсовське рішення.</i>	10
6	Статистичні завдання рішення із спостереженнями. <i>З використанням формули Байєса вивести алгоритм обчислення ризику після отримання інформації про невідомий параметр в статистичному завданні рішення.</i>	15
7	Зв'язані сімейства розподілів. <i>Привести алгоритм обчислення зв'язаного сімейства розподілів для невідомого параметра. Навести приклад.</i>	16

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
8	Послідовний вибір. <i>Навести приклад уточнення апостеріорного розподілу параметра з використанням формули Байеса і зв'язаного сімейства розподілів параметра для випадку, коли спостереження випадкової величини поступають для обробки послідовно.</i>	24
9	Підготовка до контрольної роботи	5
Разом за розділом 1		88
Розділ 2. Байєсовські методи в моделюванні, прийнятті рішень, управлінні.		
10	Оптимальний обмін ризиками. Теорема Борча. <i>Побудувати модель перерозподілу ризиків між комерційними компаніями з метою підвищення полезностей очікуваних доходів.</i>	14
11	Вживання функції корисності в теорії страхування. <i>Побудувати модель страхування з урахуванням функції корисності компанії. Вичислити нетто-премію.</i>	24
12	Прийняття оптимальних рішень в системах з неповною інформацією. <i>Побудувати модель страхування з невідомим значенням параметра розподілу сумарних позовів. Для випадку послідовного отримання інформації про позови знайти послідовність усе більш точних значень нетто-премій.</i>	30
13	Модель управління надійністю технічних систем в умовах неповної інформації. <i>Побудувати модель технічної системи з можливими відмовами. Вичислити послідовність середніх доходів, отримуваною системою в умовах, коли розподіл середнього часу до моменту відмови уточнюється за рахунок отримання додаткової інформації.</i>	29
14	Підготовка до контрольної роботи	5
Разом за розділом 2		102
Усього годин		190

6. Індивідуальні завдання

Контрольна робота.

7. Методи навчання

Лекції – дистанційна форма навчання за допомогою платформ Google Meet або Zoom.

Практичні заняття, використання математичних методів в задачах моделювання економічних і технічних систем, проведення поточного контролю знань – очна форма.

8. Методи контролю

Перевірка контрольних робіт. *Контрольна робота містить два питання. Перше - теоретичне. Друге питання містить умову задачі для вирішення.*

Проведення екзамену. *Екзаменаційний білет містить три питання. 1 питання - теоретичне. 2 - умова завдання для вирішення. 3 - тестове завдання.*

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота (1 семестр)								Контр робота	Разом	Екзамен	Сума
Розділ 1											
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	20	60	40	100
4	4	4	4	6	6	6	6				

Поточний контроль та самостійна робота (2 семестр)								Контр робота	Разом	Екзамен	Сума
Розділ 2											
T9		T10		T11		T12		20	60	40	100
10		10		10		10					

T1, T2 ... – теми розділів.

Критерії оцінювання навчальних досягнень.

Критерії поточної оцінки знань студентів за виконання практичної та самостійної роботи (крок оцінювання 1 бал)

В повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей ,глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову та додаткову літературу. Правильно вирішив усі завдання (**кількість балів 4**).

Достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, в основному розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову літературу. Але при викладанні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки. Правильно вирішив більшість практичних завдань (**кількість балів 3**).

В цілому володіє навчальним матеріалом викладає його основний зміст під час усних виступів та письмових відповідей, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, без використання необхідної літератури допускаючи при цьому окремі суттєві неточності та помилки. Правильно вирішив половину практичних завдань (**кількість балів 2**).

Частково володіє навчальним матеріалом не в змозі викласти зміст більшості питань теми під час усних виступів та письмових відповідей, допускаючи при цьому суттєві помилки. Правильно вирішив окремі практичні завдання (**кількість балів 1**).

Не володіє навчальним матеріалом та не в змозі його викласти, не розуміє змісту теоретичних питань та практичних завдань. Не вирішив жодного практичного завдання (**кількість балів 0**).

Критерії поточної оцінки знань студентів за виконання практичної та самостійної роботи (крок оцінювання 2 бала)

В повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей ,глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову та додаткову літературу. Правильно вирішив усі завдання (**кількість балів 6**).

Достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, в основному розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову літературу. Але при викладанні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки. Правильно вирішив більшість практичних завдань (**кількість балів 4**).

Частково володіє навчальним матеріалом не в змозі викласти зміст більшості питань теми під час усних виступів та письмових відповідей, допускаючи при цьому суттєві помилки. Правильно вирішив окремі практичні завдання (**кількість балів 2**).

Не володіє навчальним матеріалом та не в змозі його викласти, не розуміє змісту теоретичних питань та практичних завдань. Не вирішив жодного практичного завдання (**кількість балів 0**).

Критерії поточної оцінки знань студентів за виконання практичної та самостійної роботи (крок оцінювання 2 бала)

В повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову та додаткову літературу. Правильно вирішив усі завдання (**кількість балів 10**).

Достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, в основному розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову літературу. Але при викладанні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки. Правильно вирішив більшість практичних завдань (**кількість балів 8**).

В цілому володіє навчальним матеріалом викладає його основний зміст під час усних виступів та письмових відповідей, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, без використання необхідної літератури допускаючи при цьому окремі суттєві неточності та помилки. Правильно вирішив половину практичних завдань (**кількість балів 6**).

Не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом. Фрагментарно, поверхово (без аргументації та обґрунтування) викладає його під час усних виступів та письмових відповідей, недостатньо розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності, правильно вирішив меншість практичних завдань (**кількість балів 4**).

Частково володіє навчальним матеріалом не в змозі викласти зміст більшості питань теми під час усних виступів та письмових відповідей, допускаючи при цьому суттєві помилки. Правильно вирішив окремі практичні завдання (**кількість балів 2**).

Не володіє навчальним матеріалом та не в змозі його викласти, не розуміє змісту теоретичних питань та практичних завдань. Не вирішив жодного практичного завдання (**кількість балів 0**).

Критерії поточної оцінки знань студентів за виконання контрольної роботи

Перше питання.

Правильна і повна відповідь на перше питання. (5 балів).

Відповідь з незначними помилками. (4 бали).

Відповідь, яка містить одну суттєву неточність. (3 бали).

Відповідь з істотними помилками. (2 бали).

Відповідь неповна з істотними помилками. (1 бал).

Відсутність відповіді. (0 балів).

Друге питання.

Рішення завдання правильне і повне. (15 балів).

Правильний хід рішення, але рішення не закінчено. Істотні помилки відсутні. (10-14 балів).

Рішення містить суттєву помилку і не завершено. (5-9 балів).

Рішення відсутнє або запропоновано рішення з декількома істотними помилками. (0-4 бали).

Критерії оцінювання екзаменаційних робіт студентів.

Перше питання екзаменаційного білета.

- Повна і точна відповідь на поставлене питання. (10 балів).
 Відповідь повна, але містить неточності у формулюваннях і визначеннях предмета розгляду. Однак студент володіє необхідними знаннями для їх усунення. (8-9 балів).
 Відповідь не повна, містить несуттєві помилки у викладі. (5-7 балів).
 Знання питання відсутні або носить фрагментарний характер. Відповідь містить суттєві помилки. (0-4 бали).

Друге питання екзаменаційного білета.

- Завдання вирішене правильно і повністю. (25 балів).
 Рішення в основному правильне, містить неточності в поясненнях. (20-24 бала).
 Підхід до вирішення завдання правильний, але є помилкові дії і висновки.. (12-19 балів).
 Підхід до вирішення завдання неправильний або має лише фрагменти правильних дій і висновків. (0-11).

Третє питання екзаменаційного білета.

- Правильна відповідь. (5 балів).
 Неправильна відповідь. (0 балів).

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендована література

Основна література

1. Де Гроот М. Оптимальные статистические решения. М., Мир. 1974.
2. Чернов Г., Мозес Л. Элементарная теория статистических решений. М. 1962.
3. Ченцов Н.Н. Статистические решающие правила и оптимальные выводы. М., Наука, 1972.
4. Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. М., Наука, 2002.
5. Городецкий А.Я. Информационные системы. Вероятностные модели и статистические решения. СПб, изд-во СПбГПУ, 2003.
6. Моделирование и программное обеспечение систем и технологий. Научно-методический сборник. Харьков. 2014.

Допоміжна література

1. Гихман И.И., Скороход А.В., Ядренко М.И. Теория вероятностей и математическая статистика. К., Выща школа, 1979.
2. Крамер Г. Математические методы статистики. М., Мир, 1975.

3. Леман Э. Проверка статистических гипотез. М., Наука, 1979.
4. Бикел П., Доксам К. Математическая статистика. М., Финансы и статистика, 1983.
5. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Курс статистического моделирования. М., Наука, 1976.
6. Зельнер Ф. Байесовские методы в эконометрике. М.,: Статистика, 1980.
7. Розен В.В. Цель, оптимальность, решение. Математические модели принятия оптимальных решений. М. Радио и связь. 1982.
8. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. М., Наука, 1978.
9. Ширяев А.Н. Статистический последовательный анализ. М., Наука. 1969.
10. Чжоу Й., Роббинс Х. Об оптимальных правилах остановки. Математика. 9:3, 1965.

11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

dist.karazin.ua – дистанційний курс “Математичні методи моделювання, оптимізації та управління процесами”.

CN2 - дослідження операцій

CN3 - моделювання

DS6 - дискретна вірогідність

CS307- статистичне моделювання

CS390 – розробка програмного забезпечення

SE - програмна інженерія