

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра економічної кібернетики

ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан факультету інформаційних технологій
Глазунова О.Г.
“ ___ ” _____ 2021 р.

«СХВАЛЕНО»

на засіданні кафедри економічної кібернетики

Протокол № ___ від “ ___ ” _____ 2020р.
Завідувач кафедри
Жерліцин Д.М.)

«РОЗГЛЯНУТО»

Гарант ОП «Комп’ютерні науки»

_____ (Глазунова О.Г.).

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ»

спеціальність 122 «Комп’ютерні науки» галузі знань 12 «Інформаційні технології»

ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА «Комп’ютерні науки»

Факультет інформаційних технологій

Розробник:
доцент кафедри економічної кібернетики, к.е.н., доцент Клименко Н.А.

**1. Опис навчальної дисципліни
«Математичні методи дослідження операцій»**

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Галузь знань	12 «Інформаційні технології»	
Освітня програма	Комп'ютерні науки	
Спеціальність	122 «Комп'ютерні науки»	
Ступінь освіти	Бакалавр	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Обов'язкова складова	
Загальна кількість годин	150	
Кількість кредитів ECTS	5	
Кількість змістових модулів	4	
Курсовий проект (робота) (якщо є в робочому навчальному плані)	-	
Форма контролю	Залік (5 семестр), екзамен (6 семестр)	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки	3	3
Семестр	5-6	
Лекційні заняття	30 год.	8
Практичні, семінарські заняття		
Лабораторні заняття	60 год.	12
Самостійна робота	60 год.	130
Індивідуальні завдання		
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних самостійної роботи студента –	3 год. – 5 семестр 3 год – 6 семестр	

2. Мета, завдання та компетентності навчальної дисципліни

Місце і роль дисципліни в системі підготовки фахівців.

Методи дослідження операцій, які включають в себе методи математичного моделювання та оптимізації, складають фундамент прикладної математичної підготовки студентів спеціальності «Комп'ютерні науки».

Навчальна дисципліна спрямована на опанування методів розв'язання задач дослідження операцій.

Вивчення матеріалу дисципліни призводить до формування фундаментальних теоретичних знань з математичного моделювання та оптимізації, які використовуються при дослідженні операцій, а також прикладних практичних навиків із застосуванням інструментарію інформаційних технологій (MS Excel, Visio прикладної системи MathCad, мов програмування C++, Python) для побудови комп'ютерних математичних моделей та кількісного розв'язання оптимізаційних задач й аналізу результатів.

Набуття компетентностей:

СК4. Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування 8 задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач.

СК5. Здатність здійснювати формалізований опис задач дослідження операцій в організаційно-технічних і соціально-економічних системах різного призначення, визначати їх оптимальні розв'язки, будувати моделі оптимального управління з урахуванням змін економічної ситуації, оптимізувати процеси управління в системах різного призначення та рівня ієрархії.

СК6. Здатність до системного мислення, застосування методології системного аналізу для дослідження складних проблем різної природи, методів формалізації та розв'язування системних задач, що мають суперечливі цілі, невизначеності та ризики.

СК7. Здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити обчислювальні експерименти з обробкою й аналізом результатів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен показати певні програмні результати, а саме

ПР7. Розуміти принципи моделювання організаційно-технічних систем і операцій; використовувати методи дослідження операцій, розв'язання одно– та багатокритеріальних оптимізаційних задач лінійного, цілочисельного, нелінійного, стохастичного програмування.

3. Програма та структура навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Теоретичні основи дослідження операцій. Методи лінійної оптимізації

Тема лекційного заняття 1. Теоретичні основи та логіка дисципліни «Математичні методи дослідження операцій»

Суть дисципліни. Практична спрямованість. Історична довідка

Вступ. Предмет та проблематика курсу. Його місце у формуванні фахових компетенцій здобувачів вищої освіти за спеціальністю «Комп'ютерні науки»

Тема лекційного заняття 2. Класифікація задач математичного програмування.

Постановка задачі лінійного програмування (ЗЛП). Симетрична та канонічна постаті задачі. Перетворення однієї постаті до іншої. Множини планів задачі, опорний та оптимальний плани ЗЛП. Теорема про існування розв'язку ЗЛП та принципи його відшукування.

Тема лекційного заняття 3. Геометрія ЗЛП. Графічний метод розв'язання ЗЛП. Геометрія обмежень ЗЛП на площині. Цільова функція на площині, переваги та недоліки графічного методу.

Тема лекційного заняття 4. Симплексний метод розв'язання ЗЛП.

Ідея та геометрія симплексного методу (СМ). Алгоритм СМ. Застосування гаусових та жорданових таблиць при реалізації алгоритму. Теоретичні засади СМ. Метод штучного базису (МШБ) розв'язання задачі – один із версій симплексного методу. Теоретичне обґрунтування. МШБ **Технологія реалізації алгоритмів розподільчих задач в EXCELL**

Змістовий модуль 2. Розподільчі задачі в дослідженні операцій.

Тема лекційного заняття 1. Розподільчі задачі. Транспортна задача
Постановка транспортної задачі та її математичні особливості.

Тема лекційного заняття 2. Методи побудови початкових планів. Метод потенціалів (МП) розв'язання ТЗЛП та його зв'язок з теорією двоїстості.
Розподільчий метод.

Тема лекційного заняття 3. Теорія двоїстості та аналіз лінійних моделей оптимізаційних задач

Математичні моделі пари двоїстих задач (ПДЗ) в економіці. Двоїсті симплексні таблиці. Теоретичні засади двоїстості. Геометрія ПДЗ. Ідея та геометрія двоїстого симплексного методу (ДСМ). Алгоритм ДСМ. Реалізація алгоритму ДСМ у симплексних таблицях та прикладних програмах.

Тема лекційного заняття 4. Аналіз лінійних моделей оптимізаційних задач.

Технологія реалізації алгоритмів лінійного програмування в **EXCELL**. Аналіз звітів по оптимальним планам.

Змістовий модуль 3. Математичні моделі проблемних ситуацій в дослідженні операцій

Тема лекційного заняття 1. Концептуальні аспекти математичного моделювання

Основна ідея та принципи математичного моделювання. Що входить в поняття “методи математичного моделювання”. Необхідність розробки та застосування методів математичного моделювання проблемних ситуацій. Основні поняття і напрями математичного моделювання економічних та технічних процесів. Методи формалізації економічних процесів та явищ в дослідженні операцій. Окремі класи об’єктів, процесів і явищ. Поняття відношення і операції. Поняття моделі.

Тема лекційного заняття 2. Етапи математичного моделювання

Етапи моделювання. Постановка задачі. Формалізація. Критерії оптимальності. Фундаментальна цінність моделі. Гомоморфізм та ізоморфізм. Алгоритми. Основні поняття математичного моделювання: динамічне оптимізаційне, імітаційне, системне та стохастичне моделювання.

Тема лекційного заняття 3. Прикладні оптимізаційні моделі

Моделі поведінки споживачів (Поведінкові моделі в дослідженні операцій). Моделі поведінки виробників (Ресурсна теорія та виробничі функції в дослідженні операцій).

Змістовий модуль 4. Нелінійні моделі в дослідженні операцій

Тема лекційного заняття 1. Цілочислові задачі в дослідженні операцій

Основні особливості ЗНЛП. Геометричний метод розв’язання ЗНЛП. Цілочислове програмування.

Задачі дробово-лінійного програмування.

Метод безпосереднього виключення та метод множників Лагранжа.

Економічна і математична постановка цілочислової задачі лінійного програмування. Геометрична інтерпретація розв’язків цілочислових задач лінійного програмування на площині. Загальна характеристика методів розв’язування цілочислових задач лінійного програмування. Методи відтинання. Метод Гоморі. Комбінаторні методи. Метод гілок та меж. Наближені методи. Метод вектора спаду. Приклади застосування цілочислових задач лінійного програмування у плануванні та управлінні виробництвом.

Тема лекційного заняття 2. Нелінійні оптимізаційні моделі

Економічна і математична постановка задачі нелінійного програмування

Геометрична інтерпретація задачі нелінійного програмування. Основні труднощі розв’язування задач нелінійного

програмування. Класичний метод оптимізації. Метод множників Лагранжа. Умовний та безумовний екстремуми функції. Метод множників Лагранжа. Необхідні умови існування сідлової точки. Теорема Куна—Таккера. Квадратичне програмування. Квадратична форма та її властивості. Економічна інтерпретація множників Лагранжа. Градієнтний метод

Тема лекційного заняття 3. Стохастичні математичні моделі

Поняття стохастики в дослідженні операцій. Особливості математичної постановки задач стохастичного програмування

Приклади економічних задач стохастичного програмування. Одноетапні задачі стохастичного програмування. Двохетапні задачі стохастичного програмування.

Теорія ігор. Понятійний апарат теорії ігор. Ігри з сідловою точкою. Ігри зведені до задачі математичного програмування. Методи прийняття рішень в умовах невизначеності та ризику.

Тема лекційного заняття 4. Прикладні нелінійні задачі в дослідженні операцій.

Математичні моделі оптимізації інвестиційних пріоритетів. Математичні моделі портфельної теорії. Реалізація нелінійних задач в прикладних програмах.

Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. Теоретичні основи дослідження операцій. Методи лінійної оптимізації												
Теоретичні основи та логіка дисципліни «Математичні методи дослідження операцій»	4	2	2				8	2				16
Класифікація задач математичного програмування.	4	2	2				6					16
Геометрія ЗЛП. Графічний метод розв'язання ЗЛП.	6	2	4			10	8	2				16
Симплексний метод розв'язання ЗЛП.	8	2	6				8	2				16
Разом за змістовим модулем 1	32	8	14			10						

Змістовий модуль 2. Розподільчі задачі в дослідженні операцій. Постоптимізаційний аналіз.											
Розподільчі задачі. Транспортна задача	6	2	4				8	2			16
Методи побудови початкових планів. Метод потенціалів	6	2	4				8		2		16
Теорія двоїстості та аналіз лінійних моделей оптимізаційних задач	6	2	4				8		2		16
Аналіз лінійних моделей оптимізаційних задач.	5	1	4				8		2		16
Разом за змістовим модулем 2	33	7	16			10					
Всього 1 семестр	65	15	30			20					
Змістовий модуль 3. Математичні моделі проблемних ситуацій в дослідженні операцій											
Концептуальні аспекти математичного моделювання	4	2	2				8	2			16
Етапи математичного моделювання	4	2	2				8		2		16
Прикладні оптимізаційні моделі	16	4	6			10	8		2		16
Разом за змістовим модулем 3	28	8	10			10					
Змістовий модуль 4. Нелінійні моделі в дослідженні операцій											

Цілочислові задачі дослідженні операцій	6	2	4				6					6
Нелінійні оптимізаційні моделі	16	2	4			10	8					8
Стохастичні математичні моделі	18	2	6			10	8		2			6
Прикладні нелінійні задачі в дослідженні операцій.	17	1	6			10	12	2	2			8
Разом змістовим модулем 4	57	7	20			30						
Всього 2 семестр	85	15	30			40						
Всього	150	30	60			60	150	8	12			130

Відсутній вид робіт за навчальним планом)

**5. Теми практичних занять
(Відсутній вид робіт за навчальним планом)**

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Засади лінійного програмування (ЛП)..	2
2	Постановка задачі лінійного програмування (ЗЛП). Симетрична та канонічна постаті задачі.	2
3	Графічний метод розв'язання ЗЛП. (опрацювання роботи алгоритму на практичних задачах, отримання оптимального плану, побудова блок-схеми методу з використанням MS Excel, Visio прикладної системи MathCad, мов програмування C++, Python)	4

4	Симплексний метод розв'язання ЗЛП (базисний план-опорний план-оптимальний план): (опрацювання роботи алгоритму на практичних задачах, отримання оптимального плану, побудова блок-схеми методу з використанням MS Excel, Visio прикладної системи MathCad, мов програмування C++, Python) Технологія реалізації алгоритмів розподільчих задач в EXCELL	6
5	Постановка транспортної задачі та її математичні особливості.	4
6	Методи побудови початкових планів. Метод потенціалів Розподільчий метод. (опрацювання роботи алгоритму на практичних задачах, отримання оптимального плану, побудова блок-схеми методу з використанням MS Excel, Visio прикладної системи MathCad, мов програмування C++, Python)	4
7	Двоїсті симплексні таблиці. (опрацювання роботи алгоритму на практичних задачах, отримання оптимального плану, побудова блок-схеми методу)	4
8	Аналіз звітів прикладних програм по оптимальним планам. Постоптимізаційний аналіз.	4
9	Концептуальні аспекти математичного моделювання Алгоритм формалізації операцій, систем, процесів	2
10	Етапи математичного моделювання . Модельні експерименти	2
11	Прикладні оптимізаційні моделі (ресурсна теорія в дослідженні операцій. Моделі поведінки споживачів)	6
12	Особливості цілочислових задач в дослідженні операцій	4
13	Нелінійні оптимізаційні моделі	4
14	Стохастичні математичні моделі (теорія ігор, прийняття рішень в умовах невизначеності і ризику)	6
15	Прикладні нелінійні задачі в дослідженні операцій. (теорія оптимізації інвестиційних пріоритетів, портфельна теорія)	6
	Разом	60

Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Модуль 1		
1	Поглиблення знань з основних теоретичних питань з математичних методів модуля 1.(опитування)	6
2	Неформальна on-line освіта на основі МВОК	8
Модуль 2		
1	Поглиблення знань з основних теоретичних питань з математичних методів модуля 2. (теоретичне завдання, практична реалізація, опитування)	8
2	Неформальна on-line освіта на основі МВОК	8
Модуль 3.		
1	Поглиблення знань з основних теоретичних питань та набуття практичних навичок реалізації оптимізаційних задач (теоретичне завдання, практична реалізація)	4
2	Представлення особистих здобутків з використанням МВОК	8
Модуль 4		
1	Проходження Уроку з теорії ігор (теоретичне завдання, есе, тест, практична реалізація та аналіз моделювання певної операції)	12
2	Підсумкова робота з нелінійних та стохастичних моделей в дослідженні операцій (теоретичне завдання, практичне, аналіз, особисті рекомендації)	6
	Разом	60

7. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами.

1. Історія розвитку МП як науки
2. Класифікація задач математичного програмування .
3. Напрямки математичного програмування та їх характеристика.
4. Застосування задач МП у галузях народного господарства.
5. Загальна задача лінійного програмування. Її елементи.
6. Канонічні постаті задач лінійного програмування.
7. Перехід від загальної задачі ЛП до стандартної.
8. Геометрична інтерпретація задач ЛП у просторі n змінних ($n > 3$).
9. Геометрична інтерпретація задач ЛП у просторі 2-х змінних.
10. Геометрична інтерпретація задач ЛП у просторі 3-х змінних.
11. Властивість областей означення задач ЛП(опукла множина та її властивості).
12. Основні аналітичні властивості задач ЛП. (Теорема про існування розв'язку ЗЛП. Теорема про кутову точку. Поняття базисного розв'язку, опорного та оптимального планів.)
13. Ідея симплексного методу.

14. Геометрична інтерпретація симплексного методу.
15. Симплексний метод. Відшукування опорного плану (I етап) з використанням виключень Жордана-Гауса (модиф. викл.).
16. Симплексний метод. Відшукування оптимального плану (II етап). Виключення Жордана-Гауса (мод. викл.).
17. Правила перетворень у симплексних таблицях. Виключення Жордана-Гауса (мод. викл.).
18. Симплексний метод. Відшукування опорного плану (I етап) з використанням звичайних жорданових виключень.
19. Відшукування оптимального плану (II етап) з використанням виключень Жордана-Гауса (модиф. викл.).
20. Правила перетворень у симплексних таблицях. Звичайні жорданові виключення.
21. Ідея та архітектоніка симплексного методу.
22. Метод штучного базису. Його переваги та недоліки.
23. Алгоритм методу штучного базису.
24. Розподільчі задачі та їх застосування у народному господарстві.
25. Постановка задачі оптимізації транспортних перевезень.
26. Транспортні задачі та методи їх розв'язання.
27. Відкриті та закриті ТЗ. Теорема про існування розв'язку ТЗ.
28. ТЗ з правильним та неправильним балансом. Теорема про існування розв'язку ТЗ.
29. Основні властивості матриці транспортної задачі. Теорема про ранг основної системи обмежень ТЗ.
30. Властивості опорних планів ТЗ(поняття ланцюга, циклу тощо).
31. Методи знаходження опорних планів ТЗ. Теорема про ациклічність плану ТЗ.
32. Умови потенціальності у світлі теорії двоїстості.
33. Алгоритм методу потенціалів.
34. Ідея та архітектоніка методу Канторовича (метод потенціалів).
35. Розподільчий метод знаходження оптимального плану ТЗ.
36. Задачі математичного програмування з параметрами. Їх застосування. Основний принцип методів їх розв'язання..
37. Ідея та архітектоніка методів розв'язання задач з параметрами
38. Особливості методів розв'язання задач з параметрами.
39. Двоїстість у ЛП. Економічна інтерпретація пари спряжених задач, записаних у другій канонічній постаті.
40. Характерні риси (властивості) пари спряжених задач, записаних у загальній формі.
41. Задача, двоїста до загальної задачі ЛП.
42. Основна теорема двоїстості.
43. Друга теорема двоїстості (Умови доповнюючої не жорсткості).
44. Двоїсті симплексні таблиці. Їх побудова та застосування.
45. Задачі дробово-лінійного програмування. Застосування симплексного методу для їх розв'язання.
46. Особливості відшукування екстремальних точок в нелінійних задачах.
47. Особливості розв'язання задач з параметрами.
48. Труднощі розв'язку задач нелінійного програмування.
49. Дайте економічну інтерпретацію прямої та двоїстої задач лінійного програмування.
50. Як визначити, що ресурс є дефіцитним (недефіцитним)?
51. Як визначити, що виробництво продукції є рентабельним (нерентабельним) ?
52. Які передумови та основні завдання аналізу оптимального рішення на чутливість?
53. Що таке цінність додаткової одиниці i-го ресурсу?
54. Яку інформацію про чутливість оптимального рішення задачі ЛП можна отримати зі звіту за результатами та звіту по стійкості?
55. Які основні етапи розв'язування задач лінійного програмування в MS Excel?
56. В чому сенс використання символу \$ у формулах MS Excel?
57. Чому при введенні формул в комірки ЦФ і лівих частин обмежень в них відображаються нульові значення?

58. Яким чином в MS Excel задається напрям оптимізації ЦФ?
59. Які комірки екранної форми виконують ілюстративну функцію, а які необхідні для розв'язування задачі?
60. Поясніть загальний порядок роботи з вікном "Поиск решения".
61. Яким чином можна змінювати, додавати, видаляти обмеження у вікні "Поиск решения"?
62. Які повідомлення видаються в MS Excel у випадках: успішного розв'язування задачі ЛП; несумісності системи обмежень задачі; необмеженості ЦФ?
63. Поясніть сенс параметрів, що задаються у вікні "Параметри поиска решения".
64. Які особливості розв'язування в MS Excel цілочислових задач лінійного програмування?
65. Які особливості розв'язування в MS Excel двоіндексних задач лінійного програмування?
66. Які особливості розв'язування в MS Excel задач лінійного програмування з булевими змінними?
67. Яке практичне значення задач лінійного програмування?
68. Навіщо треба ставити параметр "Допустимое отклонение"?
69. Що таке граничні умови задачі?
70. Розв'язки яких задач можуть приймати тільки одне з двох значень: 0 або 1?
71. Сформулюйте поняття «модель» та «метод моделювання».
72. Охарактеризуйте основні етапи економіко-математичного моделювання.
73. Назвіть основні класифікаційні ознаки економіко-математичних моделей.
74. Назвіть основні прийоми формалізації економічних умов.
75. Основні принципи, що використовуються в моделюванні економіки. Їхня сутність.
76. Представити економіку, як об'єкт математичного моделювання.
77. Розкрити понятійний ланцюг: формалізація – модель – оптимальний план – адаптація розв'язку до конкретних умов.
78. Моделі. Переваги та недоліки математичного моделювання.
79. Споживач і система його переваг. Бюджетна множина. Функція корисності.
80. Товари – замітники. Граничні норми заміщення товарів. Еластичність заміщення товарів.
81. Класична аксіома поведінки споживача на ринку. Товари
82. Гіффіна в теорії споживчого попиту.
83. Поняття та приклади конфліктних ситуацій. Історія виникнення та мета теорії ігор.
84. Представити конфлікт як ігрову модель.
85. Основна система понять теорії ігор.
86. Платіжна матриця, її структура та характеристика.
87. Нижня та верхня ціна гри. Їх математичний і економічний зміст.
88. Поняття стратегії. Оптимальна стратегія гравців А і В. Сідлова точка гри та умови її існування (економіко-математичне пояснення).
89. Особливості знаходження оптимальних стратегій для гри без сідлової точки.
90. Методи знаходження оптимальних стратегій гравців.
91. Змішана стратегія гравця. Вираз ціни гри γ .
92. Поняття "гри з природою".
93. Види та характеристика платіжних матриць при "грі з природою".
94. Критерії для оцінки найкращих стратегій при повній невизначеності.
95. Оцінка оптимальної стратегії у "грі з природою" за умов ризику.
96. Поняття ризику. Причини виникнення ризику. Завдання ризик-менеджменту.
97. Оцінка ризику. Класичні міри ризику.
98. Обґрунтування прийняття рішення (позиція об'єктивізму та суб'єктивізму).
99. Алгоритм обчислення задачі оптимізації інвестиційних пріоритетів

8. Методи навчання

При викладанні навчальної дисципліни використовуються такі методи навчання:

- М1. Лекція (дискусія, проблемна)
- М2. Лабораторна робота
- М3. Проблемне навчання
- М4. Проектне навчання(індивідуальне, малі групи, групове)
- М5. Он-лайн навчання

Та методи контролю:

- МК1. Тестування
- МК2. Контрольне завдання
- МК3. Розрахункова робота
- МК4. Методи усного контроль
- МК5. Екзамен
- МК6. Залік

9. Форми контролю

Кожна з форм контролю має особливості й залежить від мети, змісту та характеру навчання.

У процесі навчання дисципліни використовуються наступні форми контролю:

- Поточний контроль: усне опитування (індивідуальне, фронтальне, групове), комп'ютерне тестування, виконання розрахункових на комп'ютері згідно програми;
- Підсумковий контроль: тестування (залік) та екзамен (теоретичне завдання, практичне завдання, опитування - співбесіда)

10. Розподіл балів, які отримують студенти

1. Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України» (наказ про уведення в дію від 27.12.2019 р. № 1371)

Рейтинг студента, бали	Оцінка національна за результати складання	
	екзаменів	заліків
90-100	Відмінно	Зараховано
74-89	Добре	
60-73	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни $R_{дис}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи $R_{нр}$ (до 70 балів): $R_{дис} = R_{нр} + R_{ат}$.

11. Методичне забезпечення

1. Клименко Н.А. Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Математичні методи дослідження операцій» Розділ 1. Лінійне програмування – К.:ТОВ Аграр Медіа Груп, 2013.–119 с.

2. Клименко Н. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки «Комп'ютерні науки» К.:ТОВ Глів Медіа 2014 .–143 с.
3. ЕНК на навчальному порталі НУБІП України Математичні методи дослідження операцій 1 <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=335>
4. ЕНК на навчальному порталі НУБІП України Математичні методи дослідження операцій 2 <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=337>

12. Рекомендована література

Базова

1. Основи математичних методів дослідження операцій/ Лавров Є.А., Клименко Н.А., Перхун Л.П., Попрозман Н.А., Сергієнко В.А./ За ред Н.А. Клименко.-К.: ЦК "Компринт, 2015-452с. <http://dspace.nubip.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/593>
2. Математичні методи і моделі в аграрній та природоохоронній галузях/Навчальний посібник Попрозман.Н.В.,Клименко Н.А., Забуранна Л.В. Попрозман О.І. –К.: ТОВ «Агрармедіа Груп»-2013. –292с <http://dspace.nubip.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/3061>
3. Ларіонов Ю.І., Левикін В.М., Хажмурадов М.А. Дослідження операцій в інформаційних системах.-Харків.: Компанія СМІТ, 2005.-364 с.
4. Таха Хемди А. Введение в исследование операций.-М.: издательский дом “Вильямс”, 2005.-912с
5. Барвінський А.Ф, Олексін І.Я, Крупка З.І. та ін. Математичне програмування. – Львів: “Інтелект – Захід”, 2014. – 446 с.
6. Вітлінський В.В., Наконечний С.І., Терещенко Т.О. Математичне програмування. – К.: КНЕУ, 2001. – 248 с.
7. Дж. Мур, Л. Уэдерфорд и др. Экономическое моделирование в Microsoft Excel . 6-е изд. Пер с англ. Издательский дом «Вильямс», 2004.–1024с.

Допоміжна

1. Данциг Дж. Линейное программирование, его применения и обобщения /Пер. с англ. Г.Н. Андрианова и др. Общ. Ред. И предисл. Н.Н. Воробьева. – М.: Прогресс, 2016. –600 с.
2. Хэдли Дж. Нелинейное и динамическое программирование /Перевод с англ. Ю.И. Волкова и др. Под редакцией Г.П. Акимова. – М.: Мир, 1967. – 506 с.
3. Волков И.К., Загоруйко Е.А. Исследование операций: Учеб. для вузов.-М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2012.- 436 с.
4. 14. Вентцель Е.С. Исследование операций.-М.:”Советское радио”, 1972.-552с.
Степанюк В.В. Методи математичного програмування. - К.: Вища школа, 1984, - 272 с.

13. Інформаційні ресурси

- 1.Єріна А.М. **Статистичне моделювання:** Навч.посібник.– К.:КНЕУ, 2001.– 170с <http://www.gmdh.net/articles/theory/StatModeling.pdf>

2.Бизнес-моделирование

Джон Э. Ханк, Дин У. Уичерн, Артур Дж. Райтс

<http://www.williamspublishing.com/Books/5-8459-0436-6.html>

ЕНК на навчальному порталі НУБІП України Математичні методи дослідження операцій 1 <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=335>

ЕНК на навчальному порталі НУБІП України Математичні методи дослідження операцій 2 <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=337>