

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра економічної кібернетики та прикладної економіки

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**
Декан економічного факультету
Віталій ДЯЧЕК
“26” серпня 2025 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Дискретне моделювання

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

галузь знань _____ 07 Управління та адміністрування _____

спеціальність _____ 072 Фінанси банківська справа та страхування _____

освітня програма _____ Інформаційні технології у фінансах та електронна комерція _____

спеціалізація _____

вид дисципліни _____ за вибором _____

факультет _____ економічний _____

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою економічного факультету

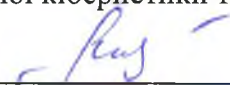
« 26 » серпня 2024 року, протокол № 18

Розробники програми: доцент кафедри економічної кібернетики та прикладної економіки,
к.е.н., доцент **Тетяна БІТКОВА**

Програму схвалено на засіданні кафедри економічної кібернетики та прикладної економіки

Протокол від « 26 » серпня 2025 року № 1

Завідувач кафедри економічної кібернетики та прикладної економіки



(підпис)
ініціали) Тамара МЕРКУЛОВА
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми «Інформаційні технології у фінансах та електронна комерція»

Гарант освітньо-професійної програми «Інформаційні технології у фінансах та електронна комерція»

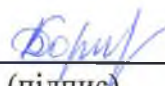


(підпис)
(прізвище та ініціали) Надія ДОРОШЕНКО
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією економічного факультету

Протокол від « 26 » червня 2025 року № 1

Голова науково-методичної комісії економічного факультету



(підпис)
(прізвище та ініціали) Дар'я ЗАГОРСЬКА
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Дискретне моделювання” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

рівень вищої освіти Перший (бакалаврський)
(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальність 072 Фінанси банківська справа та страхування

освітня програма Інформаційні технології у фінансах та електронна комерція

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Мета дисципліни: оволодіння теоретичними знаннями з методології, методики та інструментарію аналізу функціонування систем масового обслуговування, їх моделювання з застосуванням аналітичного та імітаційного підходів.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Завдання: вивчення основ теорії масового обслуговування (ТМО) та оволодіння технікою дискретної імітації із застосуванням пакету Arena

1.3. Кількість кредитів – 5

1.4. Загальна кількість годин – 150

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
3-й	-й
Семестр	
6-й	-й
Лекції	
15 год.	
Лабораторні заняття	
20 год.	
Самостійна робота, у тому числі	
115 год.	
Індивідуальні завдання	

1.6. Компетентності, що формує дана дисципліна:

Інтегральна: Здатність розв'язувати складні спеціалізовані завдання та практичні проблеми в ході професійної діяльності у галузі фінансів, банківської справи та страхування або у процесі навчання, що передбачає застосування окремих методів і положень фінансової науки та характеризується невизначеністю умов і необхідністю врахування комплексу вимог здійснення професійної та навчальної діяльності.

Загальні та спеціальні:

1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях
3. Здатність до креативного та критичного мислення; здатність поглиблено аналізувати проблеми і явища в одній або декількох професійних сферах у межах спеціальності;

Спеціальні:

1. Здатність застосовувати економіко-математичні методи та моделі для вирішення фінансових задач.
2. Здатність застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення та інформаційні технології для рішення економічних задач.

1.7. Результати навчання, що формує дана дисципліна:

2. Застосовувати відповідні економіко-математичні методи та моделі для вирішення економічних задач;
3. Застосовувати спеціалізовані інформаційні системи, сучасні фінансові технології та програмні продукти;
4. Вміти абстрактно мислити, застосовувати аналіз та синтез для виявлення ключових характеристик фінансових систем, а також особливостей поведінки їх суб'єктів
5. Застосовувати набуті теоретичні знання для розв'язання практичних завдань та змістовно інтерпретувати отримані результати.

1.8. Пререквізити: теорія ймовірностей та математична статистика, інформатика, іноземна мова за фахом.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Основи теорії масового обслуговування

Тема 1. Введення в теорію масового обслуговування.

Зміст дисципліни ТМО. Проблемні області ТМО. Основні поняття. Елементи систем масового обслуговування (СМО). Класифікація і характеристика завдань ТМО: завдання аналізу; статистичні завдання; операційні завдання (прийняття рішень). Класифікація моделей СМО. Методи моделювання СМО.

Тема 2. Теоретичні основи моделювання СМО

Найпростіший потік. Умови Хінчина. Марківські випадкові процеси. Умовні ймовірності переходу. Рівняння Колмогорова. Гранична вірогідність станів. Процес загибелі та розмноження.

Тема 3. Моделі одноканальних СМО

Одноканальні СМО з відмовами. Одноканальні СМО з очікуванням. Одноканальні СМО з необмеженою чергою. Висновок формул для обчислення характеристик СМО

Тема 4. Моделі багатоканальних і замкнутих СМО

Багатоканальні СМО з відмовами. Багатоканальні СМО з очікуванням. Багатоканальні СМО з необмеженою чергою. Одноканальні та багатоканальні замкнені СМО. Виведення формул для обчислення характеристик СМО.

Розділ 2. Технологія побудови імітаційних моделей СМО з використанням пакету ARENA

Тема 5. Концептуальні основи дискретної імітації

Управління системним часом в моделях дискретної імітації. Концепції дискретної імітації. Концепція подій. Концепція робіт. Концепція процесів. Приклади реалізації концепції дискретної імітації.

Тема 6. Введення в Arena. Побудова базової моделі.

Структура Arena. Принципи відображення СМО. Панелі інструментів. Шаблони Arena. Використання панелі шаблонів COMMON.TPO. Побудова базової моделі в Arena. Використання шаблонів BLOCKS.TPO і ELEMENTS.TPO. Параметри блоків. Умови прогону, вихідні звіти Arena.

Тема 7. Блоки пакета Arena

Блоки CREATE, ASSIGN, QUEUE. Специфікація режимів появи замовлень/транзактів, що генеруються. Атрибути транзактів. Дисципліни черги. Обмеження черги. Блоки SEIZE, DELAY, RELEASE. Захоплення та звільнення ресурсів. Блоки COUNT, DISPOSE. Управління прогоном – елемент REPLICATE.

Тема 8. Збір статистики та функції розподілу в Arena.

Обчислення інтервалу часу між моментом проходження транзактом деякої точки моделі і моментом його попадання в блок TALLY. Елементи BLOCKS і TALLIES. Використання функцій розподілу. Функції 'CONTINUOUS' і 'DISCRETE' (CONT і DISC). Вихідні звіти Arena. Виведення результатів.

Тема 9. Завдання умов та правил рішень в Arena.

Блок BRANCH. Завдання умов розгалуження шляхів переміщення заявок. Ймовірнісне розгалуження. Зміна потужності ресурсу. Елементи 'SCHEDULES' и блок 'ALTER'. Атрибути и змінні. Системні атрибути. Загальноцільові змінні. Системні змінні. Упорядкування вимог.

Тема 10. Атрибути і змінні

Загально-цільові атрибути. Системні атрибути. Змінні.

Тема 11. Анімація в Arena.

Панель анімації. Анімація моделі. Пример анімації моделі.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів	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
Розділ 1.												
Разом за розділом	73	8		10		55						
Розділ 2.												
Разом за розділом	82	7		10		65						
Усього годин	150	15		20		115						

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	<i>Тема 1. Введення в теорію масового обслуговування</i>	
1	Рішення задач аналізу, статистичних та операційних задач ТМО з використанням Excel	2
	<i>Тема 2. Теоретичні основи моделювання СМО</i>	
2	Простіший потік. Використання формули Пуассона	1

3	Марківські випадкові процеси. Рішення задач з використанням Excel	1
4	Безперервні Марківські процеси. Рівняння Колмогорова.	1
	<i>Тема 3. Моделі одноканальних СМО</i>	
5	Моделі одноканальних СМО з відмовами, очікуванням, необмеженою чергою. Рішення задач. Обчислення характеристик одноканальних СМО. Рішення операційних задач ТМО.	1
	<i>Тема 4. Моделі багатоканальних і замкнутих СМО</i>	
6	Моделі багатоканальних СМО. Рішення задач	2
7	Рішення задач з використанням Excel на обчислення характеристик одноканальних і багатоканальних замкнутих СМО	2
8	Контрольна робота за розділом	2
	<i>Тема 5. Концептуальні основи дискретної імітації</i>	
9	Розрахункові приклади реалізації концепції дискретної імітації	1
	<i>Тема 6. Введення в Arena. Побудова базової моделі.</i>	
10	Побудова базової моделі в Arena з використанням панелі шаблонів Basic Process. Лабораторні роботи 1,2	1
11	Побудова моделі одно канальної СМО з використанням панелей шаблонів BLOCKS.TPO і ELEMENTS.TPO. Лабораторна робота 3,4	1
	<i>Тема 7. Блоки пакета Arena</i>	
12	Лабораторна робота 5	1
	<i>Тема 8. Збір статистики та функції розподілу в Arena</i>	
13	Модифікації базової моделі з використанням функцій розподілу. Лабораторна робота 6	1
	<i>Тема 9. Завдання умов та правил рішень в Arena</i>	
14	Лабораторна робота 7	2
	<i>Тема 10. Атрибути і змінні</i>	
15	Лабораторна робота 8	1
	Разом	20

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Робота з літературою	10
2	Завдання на використання теорії Марківських випадкових процесів	15
3	Самостійне вирішення різних задач про одноканальні СМО	15
4	Самостійне вирішення різних задач про багатоканальні та замкнуті СМО	15
5	Робота з документацією Arena [2,3]	15
6	Виконання завдань з самостійної побудови моделей.	15
7	Виконання завдань з самостійної побудови моделей.	15
8	Самостійне вивчення додаткових засобів анімації в Arena.	15
	<i>Разом</i>	115

Додаткові завдання для самостійної роботи

Базовий варіант

Модифікуйте завдання про свердління (Завдання 3 на моделювання в Arena) з урахуванням того, що час між приходом заявок розподілено експоненціальне з середніми значеннями 10 і 6, відповідно, для робіт типу 1 і 2. Час обробки розподілено рівномірно між 2 і 6 для робіт першого типу і між 1.5 і 4.5 - для робіт другого типу.

Зберіть статистику часу перебування заявок в системі.

Результати

Ваша модель повинна дати результати, близькі до наступних:

Кількість робіт першого типу = 41

Кількість робіт другого типу = 69

Використання свердильний верстат = 80%

Середній час перебування заявок в системі = 7.56 хв.

Індивідуальні варіанти

Адаптувати базовий варіант моделі з урахуванням наступних умов:

1. Оброблятися можуть деталі двох або трьох типів. У другому випадку задана частка (відсоток) деталей 1 або 2 типів і деталей другого або третього типів.
2. Деталі різних типів можуть оброблятися на двох різних верстатах, причому деталі одного з типів можуть вимагати обробки тільки на одному верстаті.
3. Бункери можуть містити обмежену кількість деталей перед кожною з операцій. Деталі, що не потрапили в бункер, передаються для обробки іншим робітникам.
4. Якщо верстатів два, то на кожному з них зайнятий один робочий. Другий робітник (фрезерувальник) виробляє контроль якості. Таким чином, другий верстат може бути захоплений тільки разом з робітником.

Умови варіантів задані в таблиці

Необхідно проімітувати роботу верстатів і робочих протягом зміни (8 годин) і оцінити кількість оброблених деталей кожного типу, кількість деталей, які не пройшли оброблення, коефіцієнти зайнятості верстатів і робочих і середній час перебування деталей в системі.

Варіанти →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>1. Кількість типів деталей</i>										
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
<i>2. Інтервал часу між надходженням деталей:</i>										
1 тип	expo1	expo1	unif1	expo*	norm1	expo2	norm3	expo1	expo2	norm2*
2 тип	norm2	expo2*	expo3	expo1*	norm2	равн2	expo2	expo2	norm3	norm2*
3 тип		expo2*		norm3		norm1		expo3		expo2
		*type 2 и 3-по 50%		type1/2 – 30/70%						*type 1/2 – 60/40%
<i>3. Послідовність і тривалість обробки (за типами деталей)</i>										
свердління										
1 тип	norm4		disc1	norm5	disc3	tria1	norm4	unif3	disc5	unif4
2 тип	norm5	norm4	disc2	norm5		tria2	unif3		disc6	unif4
3 тип		norm4				tria3				
фрезерування										
1 тип		tria1		unif3			unif6	norm4	tria1	norm5
2 тип		norm5		unif3	диск4			norm5	tria2	norm5
3 тип		norm5		unif4				norm6		norm6
контроль якості	3		4		2	5	3		4	
<i>4. Обмеження кількості деталей, які очікують обробки</i>										
свердління	4		3	4	4		3	5	5	
фрезерування					4		4		4	
контроль	4		5		4		5		3	
<i>5. Параметри законів розподілу</i>										
Експоненціального	expo1	expo2	expo3							
λ	6	8	7							
Нормального	norm1	norm2	norm3	norm4	norm5	norm6				
Мат. очікування,	5; 1.5	7; 2	6; 2.5	7; 3	6; 2	8; 3				

дисперсія										
Рівномірного	unif1	unif2	unif3	unif4						
Границі інтервалу	(3, 7)	(2, 8)	(4, 8)	(5, 9)						
Трикутного	tria1	tria2	tria3							
Параметри	(3;6;6,5)	(1.5;5;6,5)	(2;6;7)							
Дискретні випадкові величини	disc1				disc2					
значення	3	4	5	6	2	3	4	5		
ймовірність	0.2	0.3	0.1	0.4	0.1	0.3	0.2	0.4		
	disc3				disc4					
значення	5	6	7		4	5	6			
ймовірність	0.5	0.4	0.1		0.3	0.4	0.3			
	disc5				disc6					
значення	4	5	6	7	3	4	5	6		
ймовірність	0.1	0.3	0.4	0.2	0.3	0.1	0.2	0.4		

6. Індивідуальні завдання

Індивідуальних завдань планом на 2025 / 2026 р. не передбачено.

7. Методи навчання

Навчання за дисципліною «Дискретне моделювання» здійснюється у формі лекційних та практичних/лабораторних занять в очній формі та/або у дистанційному режимі (на платформі Google Meet) під час епідемічних обмежень. Лекційні заняття проводяться у формі презентацій з використанням мультимедійного обладнання. Практичні заняття в аудиторії передбачають добровільну роботу студентів у дошки при обговоренні розв'язання математичних задач або алгоритмів імітації. Лабораторні роботи виконуються студентами з наданням необхідних детальних інструкцій і з використанням сучасного ліцензованого (або офіційного безкоштовного) програмного забезпечення. Регулярно проводяться індивідуальні консультації з окремих питань, пов'язаних з вивчення матеріалу будь-якої теми.

Групові консультації надаються перед проведенням поточного і підсумкового контролю. Всі навчальні матеріали за курсом доступні студентам на дистанційній платформі MOODLE, де студенти можуть спілкуватися з викладачем онлайн з розкладом консультацій. Для стимулювання інтересу студентів до наукової роботи на цієї освітній платформі їм пропонується багато додаткового матеріалу для самостійного освоєння.

8. Методи контролю

У цілому знання студентів з дисципліни оцінюються як з теоретичної, так і з практичної підготовки за наступними критеріями:

«*відмінно*» - студент міцно засвоїв теоретичний матеріал, глибоко і всебічно знає зміст навчальної дисципліни, основні положення наукових джерел та рекомендованої літератури, вільно використовує набуті знання при виконанні практичних та лабораторних завдань, може спілкуватися з викладачем на професійному рівні, демонструє високий рівень засвоєння практичних навичок і ініціативу при виконанні самостійних завдань.

«*добре*» - студент добре засвоїв теоретичний матеріал, володіє основними положеннями з рекомендованої літератури, може їм користатися та аргументовано викладати; має практичні навички, але припускає певних неточностей при виконанні практичних та лабораторних завдань.

«*задовільно*» - студент в основному опанував теоретичними знаннями, орієнтується у джерелах та рекомендованої літературі, але плутає поняття, демонструє невпевненість

або відсутність стабільних знань, припускається поважних помилок при виконанні практичних та лабораторних завдань.

«незадовільно» - студент не опанував навчальний матеріал дисципліни, не володіє поняттями, не має навичок, необхідних для виконання практичних та лабораторних завдань; не виконав запланованих завдань та отримав менш ніж 40 балів за результатами поточного та підсумкового контролю у семестрі.

Методи контролю включають обов'язковий захист лабораторних робіт, поточний контроль (виконання контрольних завдань з побудови імітаційних моделей, тестові завдання з теоретичного матеріалу розділу) та підсумковий контроль (тестування з теоретичних питань по усьому курсу, виконання індивідуального завдання на побудову імітаційної моделі). Умовами допуску студента до підсумкового семестрового контролю є отримання протягом семестру не менш 40 балів.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання											Сума балів
Розділ 1				Розділ 2							Очн./заочн
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	
			10		5	5	10	10	10		50
Дві контрольні роботи, передбачені навчальним планом											10
Підсумковий контроль – іспит:											
Тестове завдання з теоретичних питань											20
Задача в Arena											20
Сума											100

Зауваження. Студент може бути недопущений до іспиту / заліку з дисципліни, якщо сума балів в семестрі менше 10.

Бали за темами надаються за наступне:

За першим розділом бали надаються за результатами поточного контролю (поточна контрольна робота). Лабораторні завдання у цілому оцінюються за підсумками захисту робіт. Максимальна кількість балів надається, якщо студент виконав лабораторну роботу без помилок та вірно відповів на усі запитання у ході захисту роботи. Якщо у лабораторній роботі були технічні помилки, які призвели до невірного результату, але були виправлені студентом за підказкою викладача, і відповіді на запитання під час захисту у цілому були вірними, бал знижується на 10-15%; якщо у роботі були принципові помилки, які студент не може виправити без допомоги викладача, і не може вірно відповісти на запитання у ході захисту роботи, бал знижується до 20-30% від максимального. Робота з поважними помилками, яка не захищена, отримує не більше 40% від максимального балу.

У випадку не виконання лабораторної роботи вона не зараховується, що призводить до зниження кількості балів, отриманих протягом семестру.

Самостійна робота за дисципліною «Дискретне моделювання» пов'язана в основному з роботою з літературою та з самостійним виконанням додаткових лабораторних завдань. Знання, набуті у ході самостійної роботи, перевіряються в основному при поточному тестовому контролі і оцінюються в долях максимальної кількості балів відповідно до % вірних відповідей на тестові запитання.

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. Біткова Т. В. Дискретне моделювання. Навчальний посібник спеціальності «Економіка», освітні програми «Економічна кібернетика», «Прикладна економіка», «Інформаційні технології у фінансах та електронна комерція» – Х.:ХНУ, 2023.- 130 с.
2. Документація та електронні посібники з пакету Arena.
3. Simulation modeling and analysis / Averill M. Law, President Averill M. Law & Associates, Inc. Tucson, Arizona, USA, www.averill-law.com. — Fifth edition. – 800 pp / Kyiv, Ed. Group BHV, 1981)
4. Kleinrock L. *Queueing Systems, Volume 1.* – John Wiley & Sons, 1976. – 576 pp.
5. Kleinrock L. *Queueing Systems, Volume 2: Computer Applications.* By Leonard Kleinrock. New York and London, Wiley, 1976. - 549 p.
6. Kelton, W.D., R. Sadowski, D. Sadowski. Simulation with Arena, 2nd Edition, McGraw-Hill, 2001 – 700 p.

Допоміжна література

7. Elements of Queueing Theory: With Applications. Front Cover. Thomas L. Saaty. McGraw-Hill, 1961 - *Queueing theory* - 423 pages. (Sov. radio, M., 1965) [in Rus.]
8. Stavroula Chrysanthopoulou B. S. Statistical Methods in Micro-Simulation Modelling: Calibration and Predictive Accuracy. – Athens University of Economics and Business, 2003 Sc. M., University of Athens, 2007. – 202 pp.

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

1. <http://www.systemdynamics.org>
2. <http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/simulation.page?>
3. <https://www.arenasimulation.com/>
4. <https://www.arenasimulation.com/video-library>
5. <https://www.arenasimulation.com/business-processes>
6. Інсталяція Arena, версія 16.00.0000:
<https://compatibility.rockwellautomation.com/Pages/MultiProductSelector.aspx?crumb=111#>
7. Інсталяція Arena, версія 16.20.0000
: https://drive.google.com/drive/folders/1HLgCkNJVhUWAo_JV1zK9-XykPSN0SC3j?usp=sharing
8. Arena packaging Template User's Guide:
<http://iiesl.utk.edu/Courses/IE406%20S07/Slides/Arena%20Packaging%20Template%20User's%20Guide.pdf>

9. Arena template Developer's Guide: <https://ru.scribd.com/document/273543567/Template-Developer-s-Guide-pdf>
10. 8. Arena User's Guide:
<http://iiesl.utk.edu/Courses/IE406%20S07/Slides/Arena%20User's%20Guide.pdf> ()
11. 9. Arena Variables Guide:
<http://www.actsolutions.it/File/Arena/Arena%20Variables%20Guide.pdf>
12. 10. Arena Basic Edition User's Guide:
<http://www.actsolutions.it/File/Arena/Arena%20Basic%20Edition%20User's%20Guide.pdf>
13. 11. Arena OptQuest User's Guide:
<http://iiesl.utk.edu/Courses/IE406%20S07/Slides/Arena%20OptQuest%20User's%20Guide.pdf>
14. <http://www.dist.karazin.ua>