

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. Загальна інформація про навчальну дисципліну

Повна назва навчальної дисципліни	Моделювання систем
Повна офіційна назва закладу вищої освіти	Сумський державний університет
Повна назва структурного підрозділу	Факультет електроніки та інформаційних технологій. Кафедра інформаційних технологій
Розробник(и)	Чибіряк Яна Іванівна
Рівень вищої освіти	Перший рівень вищої освіти, НРК – 6 рівень, QF-LLL – 6 рівень, FQ-EHEA – перший цикл
Семестр вивчення навчальної дисципліни	16 тижнів протягом 4-го семестру
Обсяг навчальної дисципліни	Обсяг становить 5 кред. ЄКТС, 150 год. Для денної форми навчання 56 год. становить контактна робота з викладачем (24 год. лекцій, 32 год. лабораторних занять), 94 год. становить самостійна робота.
Мова викладання	Українська

2. Місце навчальної дисципліни в освітній програмі

Статус дисципліни	Обов'язкова навчальна дисципліна для освітніх програм "Інформатика", "Інформаційні технології проектування"
Передумови для вивчення дисципліни	Вища математика (зі змістовним модулем «Теорія ймовірностей і математична статистика»), Основи об'єктно-орієнтованого програмування, Математичні методи дослідження операцій
Додаткові умови	Додаткові умови відсутні
Обмеження	Обмеження відсутні

3. Мета навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є оволодіння студентами основними методами і підходами до побудови моделей систем, включаючи математичні, статистичні, імітаційні методи; придбання практичних навичок розробки та програмної реалізації імітаційних моделей технічних, обслуговуючих та інформаційних систем у програмному середовищі FlexSim; набуття вмінь досліджувати, аналізувати роботу систем, оцінювати показники їх ефективності.

4. Зміст навчальної дисципліни

<p>Тема 1 Вступ. Задачі та методи моделювання. Види моделей, їх класифікація.</p> <p>Базові поняття та визначення. Основні підходи до моделювання систем. Класифікація моделей, задач та методів моделювання. Програмні засоби для моделювання систем. Основи роботи у програмному середовищі FlexSim. Принцип побудови моделей FlexSim.</p>
<p>Тема 2 Методи збору інформації про систему. Моделювання випадкових процесів. Статистичне моделювання.</p> <p>Методи збору та аналізу вхідних даних моделювання. Характеристики основних законів розподілу. Ідентифікація законів розподілу. Методи генерації випадкових чисел. Моделювання випадкових подій та величин. Метод Монте-Карло. Статистичне імітаційне моделювання.</p>
<p>Тема 3 Засоби формалізації процесів функціонування дискретно-подійних систем. Аналітичне моделювання дискретних систем.</p> <p>Моделі теорії черг: моделювання систем засобами мереж Петрі та мереж масового обслуговування (СМО). Моделювання багатоканальних СМО та оцінка якості їх функціонування. Ланцюги Маркова. Аналітичне дослідження марківських моделей систем масового обслуговування.</p>
<p>Тема 4 Імітаційне моделювання та дослідження дискретних систем у середовищі FlexSim.</p> <p>Управління даними та подіями в моделі FlexSim. Програмування функціоналу об'єктів моделі FlexSim. Передача інформації між об'єктами. Управління мобільними ресурсами моделі, використання списків. Програмування імітаційних моделей засобами ProcessFlow. Планування та проведення експериментів з моделями. Використання функціоналу програми FlexSim для побудови, аналізу та дослідження технічних, інформаційних, сервісних систем.</p>

5. Очікувані результати навчання навчальної дисципліни

Після успішного вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти зможе:

РН1	Використовувати математичний апарат для розв'язання як теоретичних, так і практичних задач в процесі моделювання об'єктів інформатизації.
РН2	Застосовувати набуті знання про основні закони розподілу та їх властивості, а також методи стохастичного моделювання для обчислення ймовірностей випадкових подій, характеристик випадкових величин, побудови ймовірнісних моделей для розв'язування задач статистичної обробки і прогнозування, аналізу систем і явищ з випадковими компонентами.
РН3	Здатність застосовувати методи мереж масового обслуговування та методи мереж Петрі для формалізації та аналізу складних організаційно-технічних систем, розуміння їх функціональних та структурних аспектів за наданим описом системних процесів мовою предметної сфери.
РН4	Розробляти імітаційні моделі систем та реалізовувати їх у програмному середовищі FlexSim, оцінювати, аналізувати та досліджувати показники ефективності реальних систем на отриманих моделях з метою знаходження рішень щодо їх вдосконалення.

6. Роль навчальної дисципліни у досягненні програмних результатів

Програмні результати навчання, досягнення яких забезпечує навчальна дисципліна.

Для спеціальності 122 Комп'ютерні науки:

ПР2	Використовувати сучасний математичний апарат неперервного та дискретного аналізу, лінійної алгебри, аналітичної геометрії, в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру в процесі проектування та реалізації об'єктів інформатизації.
ПР3	Використовувати знання закономірностей випадкових явищ, їх властивостей та операцій над ними, моделей випадкових процесів та сучасних програмних середовищ для розв'язування задач статистичної обробки даних і побудови прогнозних моделей.
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.
ПР8	Використовувати методологію системного аналізу об'єктів, процесів і систем для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів в макроекономічних, технічних, технологічних і фінансових об'єктах.

7. Роль освітнього компонента у формуванні соціальних навичок

Загальні компетентності та соціальні навички, формування яких забезпечує навчальна дисципліна:

СН1	Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
СН2	Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
СН3	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
СН4	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

8. Види навчальних занять

Тема 1. Вступ. Задачі та методи моделювання. Види моделей, їх класифікація.	
Лк1	"Базові поняття та визначення. Задачі та методи моделювання. Види моделей, їх класифікація." (денна) Поняття моделі та методів моделювання. Способи побудови моделей. Методи моделювання. Класифікація моделей. Основні задачі дослідження систем. Етапи процесу моделювання систем. Характеристика програмного забезпечення для імітаційного моделювання.
Лк2	"Програмне забезпечення для імітаційного моделювання. Основи роботи у програмному середовищі FlexSim." (денна) Призначення програмного забезпечення FlexSim. основні програмні модулі FlexSim. Практичні аспекти використання програмного забезпечення FlexSim. Програмне середовище FlexSim, принцип побудови моделей. Елементи інтерфейсу FlexSim: Об'єкти моделі, Бібліотека та панель інструментів, Панель властивостей. Порти та портові з'єднання. Основні етапи побудови моделей FlexSim.

<p>Лб1 "Моделювання одноканальної системи на прикладі поштового відділення з одним сервісним робочим місцем." (денна)</p> <p>Базова навігація у середовищі FlexSim. Знайомство із функціональним призначенням основних бібліотечних об'єктів FlexSim, з принципом побудови та запуску моделей, різними способами збору та перегляду статистики в моделі.</p>
<p>Лб2 "Моделювання роботи поштового відділення з двома сервісними робочими місцями." (денна)</p> <p>Копіювання об'єктів моделі, упровадження кількох типів потокових елементів, керування маршрутами руху елементів потоку, аналіз впливу зміни налаштувань моделі на результати моделювання.</p>
<p>Тема 2. Методи збору інформації про систему. Моделювання випадкових процесів. Статистичне моделювання.</p>
<p>Лк3 "Збір та аналіз вхідних даних про систему. Характеристика основних законів розподілу. Ідентифікація законів розподілу." (денна)</p> <p>Поняття про випадкові величини. Закони розподілу та функції щільності розподілу випадкових величин. Характеристики основних законів розподілу: неперервні закони (нормальний, експоненціальний, Ерланга, трикутний закон, рівномірний), дискретні закони (розподіл Бернуллі, рівномірний закон, біноміальний). Методи збору вхідних даних моделювання. Ідентифікація законів розподілу: побудова гістограми частот, формування гіпотези та перевірка відповідності за критерієм Хі-квадрат та критерієм Колмогорова-Смірнова. Емпіричний закон розподілу.</p>
<p>Лк4 "Методи генерації випадкових чисел. Моделювання випадкових подій та величин. Метод Монте-Карло. Метод статистичного імітаційного моделювання." (денна)</p> <p>Моделювання випадкових подій та величин: моделювання простих подій, повної групи подій, складних незалежних подій, складних залежних подій. Генератори випадкових чисел за заданими законами розподілу: метод оберненої функції. Моделювання випадкових величин, розподілених за нормальним законом, експоненціальним законом, рівномірним законом, законом Пуассона. Метод Монте-Карло. Метод статистичного імітаційного моделювання</p>
<p>Лб3 "Моделювання системи обробки та контролю якості трьох типів продукції." (денна)</p> <p>Побудова моделі у середовищі FlexSim. Дослідження впливу вхідних параметрів і законів розподілу на характеристики системи. Пошук «вузьких місць» у системі за показниками статистики.</p>
<p>Лб4 "Моделювання випадкових подій." (денна)</p> <p>Застосування методів оберненої функції та кусково-лінійної апроксимації для моделювання неперервних випадкових величин з довільним законом розподілу.</p>
<p>Лб5 "Моделювання систем методом Монте-Карло." (денна)</p> <p>Реалізація методу Монте-Карло у Excel. Програмна реалізація рішення задачі методом Монте-Карло. Порівняння отриманих результатів моделювання.</p>

Тема 3. Засоби формалізації процесів функціонування дискретно-подійних систем. Аналітичне моделювання дискретних систем.

Лк5 "Моделі теорії черг. Застосування мереж Петрі та теорії масового обслуговування для моделювання дискретних систем." (денна)

Поняття мереж масового обслуговування (ММО). Графічне представлення систем засобами ММО. Принцип функціонування ММО. Типи ММО: замкнені, розімкнені, з блокуванням маршруту. Поняття мереж Петрі (МП). Графічне представлення систем засобами МП. Типи МП: з часовими затримками, з конфліктними переходами, з багатоканальними переходами, з інформаційними зв'язками.

Лк6 "Ланцюги Маркова. Марківські моделі систем масового обслуговування." (денна)

Марківські випадкові процеси. Ланцюг Маркова. Параметри та характеристики Марківського випадкового процесу. Розрахунок Марківських процесів з дискретним часом. Марківські моделі для систем масового обслуговування типів: $M/M/1/0$, $M/M/N/0$, $M/M/1/r$, $M/M/1$, $M/M/2/1$.

Лб6 "Моделювання багатоканальних СМО та оцінка якості їх функціонування." (денна)

Формалізація процесів системи засобами мереж масового обслуговування. Побудова імітаційної моделі системи у середовищі FlexSim. Моделювання роботи системи протягом встановленого часу. Визначення основних характеристик функціонування системи.

Лб7 "Аналітичне дослідження характеристик дискретних марківських систем (частина 1)." (денна)

Побудова формалізованої моделі системи засобами мереж масового обслуговування. Побудова матриці перехідних станів системи. Побудова розміченого графу станів системи.

Лб8 "Аналітичне дослідження характеристик дискретних марківських систем (частина 2)." (денна)

Розрахунок ймовірнісних характеристик системи у середовищі Mathcad. Розробка програмного коду для реалізації алгоритму розрахунку ймовірнісних характеристик системи. Порівняння результатів, отриманих програмою з результатами, отриманими у системі Mathcad.

Тема 4. Імітаційне моделювання та дослідження дискретних систем у середовищі FlexSim.

Лк7 "Управління даними та подіями в моделі FlexSim." (денна)

Збереження даних моделі за допомогою міток. Основні поняття про мітки. Створення міток, способи використання, синтаксис. Планування стратегії маркування. Імітація подій в моделі. Тригери подій. Стратегії Push і Pull. Інструмент Global Table. Глобальні змінні Global Variables. Групування і розгрупування елементів потоку. Налаштування візуалізації об'єктів моделі.

<p>Лк8 "Програмування функціоналу об'єктів моделі FlexSim." (денна)</p> <p>Об'єктно-орієнтований підхід до побудови моделей FlexSim. Дерево моделі. Базові основи FlexScript. Програмна логіка моделі. Мова сценаріїв FlexScript: типи даних, оголошення та ідентифікація змінних. Створення об'єктів класу. Програмні команди та функції. Умовні оператори. Оператори циклу. Оператори перенаправлення. Найбільш поширені помилки у програмному коді. Глобальні змінні.</p>
<p>Лк9 "Передача інформації між об'єктами моделі FlexSim." (денна)</p> <p>Загальна інформація про обмін повідомленнями в моделі. Команди для відправлення повідомлень в моделі. Команди для отримання повідомлень в моделі. Приклади побудови моделей з передачею повідомлень між об'єктами.</p>
<p>Лк10 "Управління мобільними ресурсами моделі, використання списків." (денна)</p> <p>Мобільні ресурси системи. Послідовність задач мобільних ресурсів. Основні атрибути мобільних ресурсів. Управління шляхами переміщень мобільних ресурсів. Мережеві вузли, їх налаштування. Модуль AStar (A*). Список, створення, правила роботи зі списком. Ілюстративний приклад використання списку для побудови моделі системи.</p>
<p>Лк11 "Програмування імітаційних моделей засобами ProcessFlow." (денна)</p> <p>Основні поняття та переваги Process Flow. Принцип роботи та привила побудови моделі Process Flow. Призначення та налаштування основних програмних блоків Process Flow: Inter-Arrival Source, Create Objects, Блок Change Visual, Move Object, Wait for Event, Resource та ін. Приклад створення моделі засобами Process Flow.</p>
<p>Лк12 "Планування та проведення експериментів з моделями." (денна)</p> <p>Основні поняття теорії планування експериментів. Етапи планування та проведення факторного експерименту. Формування вхідних даних експерименту. Тактичне планування експерименту. Стратегічне планування факторних експериментів. Регресійний та дисперсійний аналіз впливу факторів. Експериментатор FlexSim. Проведення експериментів з моделями у середовищі FlexSim.</p>
<p>Лб9 "Моделювання системи обробки та контролю якості чотирьох типів продукції" (денна)</p> <p>Побудова моделі системи у середовищі FlexSim. Призначення міток елементам потоку, керування маршрутами руху елементів потоку в моделі у залежності від значення мітки. Дослідження основних показників системи.</p>
<p>Лб10 "Моделювання та дослідження показників ефективності виробничої системи на прикладі моделювання роботи складальної ділянки цеху." (денна)</p> <p>Імітаційне моделювання виробничої системи у середовищі FlexSim, аналіз показників ефективності системи: завантаженість обладнання, середній час виготовлення продукції, середні довжини черг, середній час очікування виробів у буферній зоні складу.</p>

Лб11 "Моделювання процесів передачі даних в інформаційній системі." (денна) Побудова імітаційної моделі системи передачі даних у середовищі FlexSim, аналіз показників ефективності роботи системи: кількість та ймовірність відмов в передачі даних, середній, мінімальний та максимальний час очікування пакетів даних, максимальне та граничне значення ємності буферних зон.
Лб12 "Моделювання роботи комп'ютерної мережі видавничого центру." (денна) Побудова імітаційної моделі, що відтворює роботу мережевих принтерів комп'ютерної системи видавничого центру. Визначення потрібного розміру буферних зон принтерів з метою уникнення їх переповнення.
Лб13 "Моделювання системи передачі повідомлень по магістралі передачі даних." (денна) Побудова імітаційної моделі, що відтворює роботу системи передачі повідомлень з перериваннями, аналіз показників ефективності роботи системи: загальний прибуток від передачі даних, завантаження резервного та основного каналу системи, загальна кількість перерваних повідомлень; частота переривання повідомлень; ймовірність переривання повідомлень; середній час очікування перерваних повідомлень.
Лб14 "Моделювання та дослідження роботи воєнного госпіталю." (денна) Побудова імітаційної моделі, що відтворює роботу системи воєнного госпіталю. Визначення необхідної кількості ліжок-місць у кожному з відділів воєнного шпиталю. Оцінювання середнього, мінімального і максимального часу перебування поранених бійців у шпиталі.
Лб15 "Моделювання та дослідження роботи обчислювального центру." (денна) Побудова Імітаційної моделі системи обчислювального центру. Реалізація різних пріоритетів обслуговування завдань в чергах. Визначення кількості збоїв та необхідної ємності буферів (у байтах) з метою уникнення відмов під час виконання завдань.
Лб16 "Моделювання одно- та багатоканальних СМО засобами ProcessFlow." (денна) Реалізація програмної логіки моделі засобами ProcessFlow. Побудова поточкових діаграм, що управляють роботою 3D-моделей FlexSim.

9. Стратегія викладання та навчання

9.1 Методи викладання та навчання

Дисципліна передбачає навчання через:

МН1	Лекційне навчання
МН2	Кейс-орієнтоване навчання
МН3	Проектне навчання
МН4	Електронне навчання
МН5	Самостійне навчання

Лекції надають студентам матеріали, щодо існуючих методів і підходів до побудови і дослідження моделей систем різного призначення (РН 1, РН 2, РН 3). Лекції

супроводжуються демонстраціями побудови моделей з використанням програмних інструментів (РН 2, РН 3). Лекції доповнюються практичними заняттями, що надають студентам можливість застосовувати теоретичні знання на практичних прикладах (РН 1, РН 2, РН 3). Кейс-орієнтоване навчання передбачає побудову студентами програмних моделей, що імітують роботу реальних систем; оцінювання та аналіз ефективності систем за розрахованими показниками відгуку моделі (РН 3). Проектне навчання передбачає виконання індивідуального домашнього завдання - імітаційне моделювання та дослідження ефективності роботи системи у середовищі FlexSim (РН2, РН3). Самостійна робота студентів полягає в опрацюванні літературних джерел, матеріалів курсу, розміщених на платформі МІХ.СумДУ, самостійного вирішення проблемних питань, поставлених на лекції (РН1, РН2, РН3).

Опанування дисципліни сприяє розвитку у студентів аналітичного, логічного, креативного мислення, навичок комунікації, презентації результатів роботи, тайм-менеджменту.

9.2 Види навчальної діяльності

НД1	Інтерактивні лекції
НД2	Виконання лабораторних робіт за темами 1-4
НД3	Робота у проектних групах при виконанні обов'язкових домашніх завдань
НД4	Електронне навчання у системі mix.sumdu

10. Методи та критерії оцінювання

10.1. Критерії оцінювання

Визначення	Чотирибальна національна шкала оцінювання	Рейтингова бальна шкала оцінювання
Відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	5 (відмінно)	$90 \leq RD \leq 100$
Вище середнього рівня з кількома помилками	4 (добре)	$82 \leq RD < 89$
Загалом правильна робота з певною кількістю помилок	4 (добре)	$74 \leq RD < 81$
Непогано, але зі значною кількістю недоліків	3 (задовільно)	$64 \leq RD < 73$
Виконання задовольняє мінімальним критеріям	3 (задовільно)	$60 \leq RD < 63$
Можливе повторне складання	2 (незадовільно)	$35 \leq RD < 59$
Необхідний повторний курс з навчальної дисципліни	2 (незадовільно)	$0 \leq RD < 34$

10.2 Методи поточного формативного оцінювання

	Характеристика	Дедлайн, тижні	Зворотний зв'язок

МФО1 Настанови від викладача в процесі виконання студентами лабораторних завдань на аудиторних заняттях	Настанови і пояснення від викладача на початку кожного заняття, обговорення питань у процесі виконання студентами лабораторних робіт.	1 тиждень	Коментарі від викладача під час проведення занять через платформу МЕЕТ
МФО2 Обговорення та самокорекція виконаної роботи студентами	Обговорення питань, що виникли у студентів під час виконання лабораторних робіт, виявлення помилок, які допустив студент під час виконання звітів, надання рекомендацій щодо їх усунення.	2 тижні	Групові консультації через платформу МЕЕТ
МФО3 Надання зворотного зв'язку про результати перевірки виконання індивідуальних завдань здобувачем	Надання викладачем рекомендацій щодо удосконалення індивідуального проєкту на основі аналізу проміжних результатів його виконання.	7 тиждень модуля	Коментарі під час заняття від викладача через платформу МЕЕТ, групові консультації через платформу МЕЕТ
МФО4 Перевірка та оцінювання письмових завдань	Перевірка звітів лабораторних робіт, завантажених на платформу електронного навчання МІХ.	1 тиждень після здачі роботи	Платформа електронного навчання МІХ

10.3 Методи підсумкового сумативного оцінювання

	Характеристика	Дедлайн, тижні	Зворотний зв'язок
МСО1 Підсумковий контроль: екзамен	Письмовий екзамен у формі тестування	Екзаменаційний тиждень	Результати екзамену на платформі онлайн-навчання МІХ
МСО2 Звіт за результатами виконання лабораторних робіт	Виконання завдань лабораторної роботи та оформлення звіту	1 тиждень після видачі завдання	письмові коментарі від викладача до робіт, виконаних студентами і надісланих через платформу електронного навчання МІХ

МСО3 Виконання обов'язкового домашнього завдання	Імітаційне моделювання та дослідження ефективності роботи системи у програмному середовищі FlexSim	7 тижень 2 модуля	Коментарі під час заняття від викладача через платформу МЕЕТ, групові консультації через платформу МЕЕТ
МСО4 Проміжний модульний контроль у формі тестування	Тестування на платформі онлайн-навчання за теоретичним матеріалом, який вивчався протягом модуля	атестаційний тиждень 1,2 модуля	університетська платформа електронного навчання МІХ

Контрольні заходи:

		Максимальна кількість балів	Мінімальна кількість балів	Можливість перескладання з метою підвищення оцінки
4 семестр		100 балів		
МСО1. Підсумковий контроль: екзамен		40		
		40	Не передбачено	Ні
МСО2. Звіт за результатами виконання лабораторних робіт		16		
	16x1	16	8	Ні
МСО3. Виконання обов'язкового домашнього завдання		12		
		12	7	Ні
МСО4. Проміжний модульний контроль у формі тестування		32		
	2x16	32	Не передбачено	Ні

Оцінювання протягом семестру проводиться у формі виконання лабораторних робіт, а також виконання індивідуального домашнього завдання. Проміжний контроль знань проводиться наприкінці кожного модуля у формі тестування, при підготовці до якого використовуються матеріали лекцій та рекомендована література. Студенту може бути виставлена задовільна оцінка з дисципліни, якщо він виконав 60% від обсягу усіх завдань з дисципліни, написав модульні контролі не менше, ніж на 60% балів, та у підсумку набрав не менше, ніж 60 балів.

11. Ресурсне забезпечення навчальної дисципліни

11.1 Засоби навчання

ЗН1	Мультимедіа, відео- і звуковідтворювальна, проєкційна апаратура (відеокамери, проєктори, екрани, смартдошки тощо)
ЗН2	Прикладне програмне забезпечення FlexSim, Excel, Visual Studio
ЗН3	Інформаційно-комунікаційні системи (університетська система MIX)

11.2 Інформаційне та навчально-методичне забезпечення

Основна література	
1	Виклюк Я. І., Камінський Р. М., Пасічник В. В. Моделювання складних систем. – Навч. посібник – Львів: Новий світ-2000, 2019 – 400 с. (Гриф НУ «Львівська політехніка») https://lib.sumdu.edu.ua/library/DocumentDescription?docid=SuMKSDU.BibRecord.16594
2	Чибіряк Я. І. 5228 Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із дисципліни "Моделювання систем" [Текст] : для студ. спец. 122 "Комп'ютерні науки" денної форми навчання: у 2-х ч. Ч.1 / Я. І. Чибіряк, Є. А. Лавров, Д. В. Великодний, А. М. Захарова. — Суми : СумДУ, 2022. — 34 с. https://lib.sumdu.edu.ua/library/DocumentDescription?docid=USH.8255326
3	Чибіряк Я. І. 5443 Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із дисципліни "Моделювання систем" [Електронний ресурс] : для студ. спец. 122 "Комп'ютерні науки" денної форми навчання; у 2-х ч. Ч.2 / Я. І. Чибіряк, Є. А. Лавров, Д. В. Великодний, А. М. Захарова. — Суми : СумДУ, 2023. — 35 с. https://lib.sumdu.edu.ua/library/DocumentDescription?docid=USH.8614171
4	Катренко, А. В. Системний аналіз : підручник / А. В. Катренко ; за ред. В.В. Пасічника. — Львів : Новий Світ-2000, 2018. — 396 с. + Гриф МОН. — (Комп'ютинг) https://lib.sumdu.edu.ua/library/DocumentDescription?docid=SuSDU.BibRecord.711096
5	Методичні вказівки до виконання обов'язкового домашнього завдання з дисципліни "Моделювання систем" : для студ. спец. 122 "Комп'ютерні науки" денної форми навчання. Чибіряк — Суми : СумДУ, 2022. — 28 с.
Допоміжна література	
6	Кособуцький, П. С. Статистичне моделювання : навчальний посібник / П. С. Кособуцький, М. В. Лобур. — Львів : Львівська політехніка, 2013. — 328 с. https://lib.sumdu.edu.ua/library/DocumentDescription?docid=SuSDU.BibRecord.624968
Інформаційні ресурси в Інтернеті	
7	Дубовой В. М., Кветний Р. Н. та ін. Моделювання та оптимізація систем – Ел. підручник. – Вінниця, 2017 – 804 с. https://nmetau.edu.ua/ua/mdiv/i2001/p2455
8	Електронний навчальний посібник FlexSim. Problem Solved. - 2023 [Електронний ресурс] : https://lib.sumdu.edu.ua/library/DocumentDescription?docid=USH.8869450

9	Комплект електронних навчально-методичних матеріалів до дисципліни на внутрішньоуніверситетських ресурсах МІХ / Я.І. Чибіряк : https://mix.sumdu.edu.ua/info/nmk/5ddad7c6-cd7d-40f9-bbba-bda48fcd2eb9
---	---