



МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>124 «Системний аналіз»</i>
Освітня програма	<i>Системний аналіз і управління</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3,5 кредити ЕКТС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>Rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н. Савченко Ілля Олександрович, saviil.ua@gmail.com</i> Практичні заняття: <i>д.т.н. Савченко Ілля Олександрович, saviil.ua@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>Google classroom</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Курс «Моделювання складних систем» є базовим предметом у підготовці системних аналітиків з представлення практичних задач в різних сферах людської діяльності у вигляді моделей і вміння працювати з такими моделями.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей вибору найбільш результативних методів моделювання реальних складних систем, прищеплення навиків творчого використання сучасних методів моделювання, побудови і дослідження моделей, формування висновків і прийняття рішень на основі результатів моделювання, залучення алгоритмічних програмних і обчислювальних засобів до розв'язання конкретних задач моделювання складних систем і об'єктів різної природи в різних галузях людської діяльності.

В ході вивчення дисципліни студенти отримують знання теоретичних основ моделювання; широкого спектру принципів, методів, прийомів моделювання дискретних і неперервних систем різної природи, в тому числі в умовах невизначеності; форм представлення моделей; особливостей, сильних і слабких сторін різних методів моделювання; програмних засобів моделювання та ін. В результаті вивчення дисципліни формуються уміння вибрати найбільш раціональний підхід і метод моделювання для поставленої задачі; побудувати модель реальної системи або об'єкта і проаналізувати її, сформулювати висновки, необхідні для підтримки прийняття рішень щодо відповідної системи або об'єкта; визначати параметри різних типів моделей; оцінити адекватність моделі, ідентичність моделі і об'єкта; порівнювати моделі між собою; використовувати побудовані моделі для прогнозування поведінки системи або об'єкта та ін. Як наслідок проходження освітнього компоненту студенти отримують досвід побудови моделей різного типу для практичних задач, пов'язаних зі складними об'єктами і

системами; вільно орієнтуватися при застосуванні сучасних методів моделювання в реальних задачах; набуття навичок практичного використання засвоєних знань у подальшому навчанні та професійній діяльності.

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

Загальні компетентності (ЗК):

1. Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях (ЗК 1).
2. Здатність планувати і управляти часом (ЗК 2).
3. Здатність абстрактно мислити, застосовувати методи аналізу і синтезу (ЗК 3).
4. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК 7)
5. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації (ЗК 9).
6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність) (ЗК 11).
7. Здатність працювати в команді та автономно виконувати командні рішення (ЗК 12).
8. Здатність забезпечувати та оцінювати якість виконуваних робіт (ЗК 14).
9. Здатність реалізовувати свої права та обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні, дотримуватися академічної доброчесності (ЗК 15).

Фахові компетентності спеціальності (ФК):

1. Здатність використовувати системний аналіз в якості сучасної міждисциплінарної методології, заснованої на прикладах математичних методів та сучасних інформаційних технологіях, і орієнтована на вирішення задач аналізу і синтезу технічних, економічних, соціальних, екологічних та інших складних систем (ФК 1).
2. Здатність формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів (ФК 2).
3. Здатність будувати математично коректні моделі статичних та динамічних процесів і систем із зосередженими та розподіленими параметрами із врахуванням невизначеності зовнішніх та внутрішніх факторів (ФК 3).
4. Здатність формулювати задачі оптимізації при проектуванні систем управління та прийняття рішень, а саме: математичні моделі, критерії оптимальності, обмеження, цілі управління; обирати раціональні методи та алгоритми розв'язання задач оптимізації та оптимального керування (ФК 5).
5. Здатність до комп'ютерної реалізації математичних моделей реальних систем і процесів; проектувати, застосовувати і супроводжувати програмні засоби моделювання, прийняття рішень, оптимізації, обробки інформації, інтелектуального аналізу даних (ФК 6).
5. Здатність використовувати сучасні інформаційні технології для комп'ютерної реалізації математичних моделей та прогнозування поведінки конкретних систем, а саме: об'єктно-орієнтований підхід при проектуванні складних систем різної природи, прикладні математичні пакети, застосування баз даних і знань (ФК 7).
6. Здатність організовувати роботу з аналізу та проектування складних систем, створення відповідних інформаційних технологій та програного забезпечення (ФК 8).
7. Здатність представляти математичні аргументи і висновки з них з якістю і точністю в таких формах, які підходять для занять в аудиторіях як усно, так і в письмовій формі (ФК 9).

Програмні результати навчання (ПРН):

1. Знати основи теорії оптимізації, оптимального керування, теорії прийняття рішень, вміти застосовувати їх на практиці для розв'язування прикладних задач управління і проектування складних систем (ПРН 7)
2. Застосовувати методи і засоби роботи з даними і знаннями, методи математичного, логіко-семантичного, об'єктного та імітаційного моделювання, технології системного і статичного аналізу (ПРН 12).

3. Розуміти і застосовувати на практиці методи статичного моделювання і прогнозування, оцінювати вихідні дані (ПРН 14).
4. Розуміти і реалізовувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності вільного демократичного суспільства, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні, дотримуватися академічної доброчесності (ПРН 16).

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Пререквізити: викладання навчальної дисципліни базується на знаннях і уміннях працювати зі складними математичними сутностями, розв'язувати і досліджувати математичні рівняння і системи рівнянь, в тому числі диференціальних; знаннях основ математичної логіки, теорії ймовірності та математичної статистики, вміннях створювати програмні компоненти для імплементації відповідних процедур. Ці компетентності отримуються у результаті вивчення попередніх навчальних дисциплін, зокрема: математичний аналіз, математична логіка і теорія алгоритмів, чисельні методи, теорія ймовірності, математична статистика, диференціальні рівняння, рівняння математичної фізики, програмування та алгоритмічні мови.

Постреквізити: знання і уміння моделювати складні об'єкти і системи різної природи є необхідною навичкою для опанування дисципліни «Основи системного аналізу» та ряду вибірових дисциплін, також можуть бути застосовані у дипломному проектуванні.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Морфологічне моделювання

Тема 1.1. Метод морфологічного аналізу. Застосування методу для моделювання, пошуку і вдосконалення технічних та інших систем.

Тема 1.2. Модифікований метод морфологічного аналізу. Застосування методу для моделювання подій і сценаріїв.

Розділ 2. Моделювання дискретних систем

Тема 2.1. Моделювання систем масового обслуговування.

Тема 2.2. Моделювання дискретних систем на основі мереж Петрі.

Тема 2.3. Імітаційне моделювання дискретних систем.

Розділ 3. Моделювання неперервних систем

Тема 3.1. Регресійні моделі. Кількісна оцінка ступеню ідентичності моделі і об'єкта.

Тема 3.2. Ідентифікація моделей.

Тема 3.3. Моделі з великою кількістю вхідних параметрів. Індуктивне моделювання. Редукція даних.

Розділ 4. Моделі логістичної регресії

Тема 4.1. Моделі з дихотомічною спостережною змінною.

Тема 4.2. Моделі з ординальною або номінальною спостережною змінною.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Панкратова Н.Д., Савченко І.О. Морфологічний аналіз. Проблеми, теорія, застосування. Навчальний посібник. – Наукова думка. – 2015. – 245 с.
2. Стеценко, І.В. Моделювання систем: навч. посіб. [Електронний ресурс, текст] / І.В. Стеценко; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2010. – 399 с.

3. Коваль А.В. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів: навч. посібник / А.В. Коваль. Житомир : ЖДТУ, 2018. - 133 с.
 4. Я.І. Вихлюк, Р.М. Камінський, В.В. Пасічник Моделювання складних систем: посібник / – Львів: Видавництво «Новий Світ – 2000», 2020. – 404 с.
 5. Індуктивний метод самоорганізації моделей складних систем / Івахненко О. Г. — Київ: Наук. думка, 1981 — 296 с.
 6. Моделювання та оптимізація систем : підручник / [Дубовой В. М. , Квітний Р. Н. , Михальов О. І. , Усов А. В.] – Вінниця : ПП «ТД«Едельвейс», 2017 – 804 с.
- Базова література є у вільному доступі в мережі Інтернет, бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського; посібник [1] надається студентам в електронному вигляді під час вивчення дисципліни.

Допоміжна література:

7. Теорія систем і системний аналіз : конспект лекцій / укладач С. В. Соколов. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 171 с.
8. Дьоміна В. М. Оптимізаційні методи та моделі. Моделювання систем масового обслуговування: конспект лекцій / В. М. Дьоміна; Харк. нац. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва. – Х.: ХНАУ, 2015. – 42 с.
9. Литвинов А. Л. Теорія систем масового обслуговування : навч. посібник / А. Л. Литвинов ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 141 с.
10. Жерновий Ю. В. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування: Практикум. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 307 с.
11. Імітаційне моделювання систем та процесів: Електронне навчальне видання. Конспект лекцій / В. Б. Неруш, В. В. Курдеча. – К.: НН ІТС НТУУ «КПІ», 2012. – 115 с.
12. Madala H.R., Ivakhnenko A.G. Inductive Learning Algorithms for Complex Systems Modeling. CRC Press, 1994 - 368p.
13. Jolliffe I.T. Principal Component Analysis, Series: Springer Series in Statistics, 2nd ed., Springer, NY, 2002, XXIX, 487 p.
14. Maura E. Stokes, Charles S. Davis. Gary G. Koch. Categorical Data Analysis Using SAS. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2012. – 580 p.
15. Одрин, В. М. Морфологічний аналіз систем [Текст] / В. М. Одрин, С. С. Картавов // Київ: Наукова думка, 1977. — 183 с.
16. Ritchey, T. Futures Studies using Morphological Analysis [Text] / T. Ritchey // Adapted from an article for the UN University Millennium Project: Futures Research Methodology Series, 2005. – 14 p.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Загальні поняття і визначення. Система, складна система, підсистема. Моделювання як засіб дослідження складних систем. Види моделей. Математична модель. Елементи математичної моделі. Детерміновані і стохастичні моделі. Побудова і дослідження моделі. Приклади. Рекомендована література [2–4, 6, 7].

	Завдання на СРС: Геометричні, структурні, функціональні, інформаційні моделі: приклади; статичні, квазістатичні, динамічні моделі: приклади.
2	Метод морфологічного аналізу. Застосування методу для моделювання, пошуку і вдосконалення технічних та інших систем. Ідея і розвиток методу. Процедура методу морфологічного аналізу в загальному вигляді. Морфологічна таблиця. Морфологічна множина. Морфологічне дерево. Модель класу технічних систем у вигляді морфологічної множини. Пошук і вдосконалення раціональних конфігурацій технічних та інших систем на морфологічній множині. Методи синтезу: група методів пошуку і група методів конструювання. Приклади. Рекомендована література: [1, 15]. Завдання на СРС: Методи зондування, вдосконалення прототипу, деревовидного і лабіринтного конструювання на морфологічній множині.
3	Модифікований метод морфологічного аналізу. Застосування методу для моделювання об'єктів з певною мірою невизначеності. Типи задач морфологічного моделювання і невизначеності, пов'язані з їх об'єктами дослідження. Типові параметри морфологічних таблиць для задач різного типу. Математичний апарат модифікованого методу морфологічного аналізу. Оцінювання вхідних даних у модифікованому методі морфологічного аналізу. Матриця взаємозв'язків. Побудова і розв'язання систем рівнянь у модифікованому методі морфологічного аналізу. Таблиця конфігурацій. Ймовірності альтернатив, конфігурацій, ситуацій у методі морфологічного аналізу. Рекомендована література: [1]. Завдання на СРС: Задача модифікованого методу морфологічного аналізу з фіксованими параметрами.
4	Додаткові можливості модифікованого методу морфологічного аналізу. Ідея і можливості двохетапної процедури модифікованого методу морфологічного аналізу. Матриця зв'язків. Розрахункова процедура і оцінювання результативності рішень на другому етапі методу морфологічного аналізу. Узагальнення двохетапної процедури для побудови мереж морфологічних таблиць. Модифікований метод морфологічного аналізу з урахуванням параметру часу. Врахування подій і тенденцій в рамках процедури модифікованого методу морфологічного аналізу. Приклади морфологічних досліджень реальних задач. Рекомендована література: [1, 16]. Завдання на СРС: Оцінювання ступеню і рівня ризику для подій в рамках процедури методу морфологічного аналізу.
5–6	Моделювання систем масового обслуговування. Поняття системи масового обслуговування (СМО). Елементи СМО. Класифікація СМО. Критерії ефективності функціонування СМО. Стаціонарний режим функціонування СМО. Одноканальні СМО без черги, з обмеженою чергою, з необмеженою чергою. Багатоканальні СМО без черги, з чергою. Закриті СМО. Рекомендована література: [2, 8, 9]. Завдання на СРС: Мережі СМО.
7	Моделювання дискретних систем на основі мереж Петрі. Процес функціонування дискретної системи. Події, передумови, післяумови. Елементи мереж Петрі. Правила функціонування мереж Петрі. Типові фрагменти мереж Петрі.

	Мережі Петрі з конфліктними переходами. Інформаційні зв'язки в мережах Петрі. Рекомендована література: [2]. Завдання на СРС: Мережі Петрі з багатоканальними переходами.
8	Аналітичне дослідження мереж Петрі. Формалізація мереж Петрі. Матриці входів і виходів. Вектор маркірування. Функціонування мережі Петрі в матричному вигляді. Властивості мереж Петрі: досяжність, k-обмеженість, збережуваність, активність. Дерево досяжності. Дослідження властивостей мереж Петрі, представлених в матричному вигляді і у вигляді дерева досяжності. Рекомендована література: [2]. Завдання на СРС: Алгоритм побудови дерева досяжності.
9–10	Імітаційне моделювання дискретних систем. Загальне уявлення про імітаційне моделювання. Статистичне моделювання. Метод Монте-Карло. Моделювання випадкових величин, рівномірно розподілених в інтервалі [0; 1]. Алгоритми генерування випадкових величин. Тестування генераторів випадкових величин. Генерування випадкової величини із заданим розподілом: метод оберненої функції, табличний метод. Алгоритми імітації процесів функціонування дискретних систем. Алгоритми просування модельного часу. Алгоритми просування стану моделі. Алгоритми збору інформації. Особливості імітаційного моделювання мереж Петрі. Рекомендована література: [2, 10, 11]. Завдання на СРС: Спеціальні методи генерування випадкових величин із заданим розподілом.
11	Спеціальні мови імітаційного моделювання дискретних систем. Огляд мов імітаційного моделювання. Мова GPSS. Основні елементи процесу моделювання в GPSS. Транзакти і блоки (оператори). Генерація і знищення транзактів. Блоки GENERATE, TERMINATE, START. Одноканальні пристрої в мові GPSS: блоки SEIZE, RELEASE, ADVANCE. Багатоканальні пристрої в мові GPSS: блоки STORAGE, ENTER, LEAVE. Умовні переходи: блоки GATE, TRANSFER. Організація черг в мові GPSS: блоки QUEUE, DEPART. Приклади. Рекомендована література: [10, 11]. Завдання на СРС: Середовище GPSS World, візуалізація результатів.
12	Кількісна оцінка ступеню ідентичності моделі і об'єкта. Визначення параметрів моделей на основі застосування методу найменших квадратів. Перевірка моделей на адекватність. Побудова міри ідентичності. Міра ідентичності і міра неідентичності моделі і об'єкта. Дисперсійна міра. Кореляційне співвідношення. Властивості дисперсійної міри. Детерміновані і нерегулярні об'єкти. Рекомендована література: [3, 4, 6].
13	Ідентифікація моделей. Задача ідентифікації. Постановка задачі. Типи ідентифікації. Функція нев'язки. Ідентифікація стохастичного лінійного динамічного об'єкта. Інтегральне рівняння Вінера-Гопфа. Чисельні розв'язки інтегрального рівняння Вінера-Гопфа. Визначення імпульсної перехідної функції по вимірах вхідного та вихідного сигналів. Визначення імпульсної перехідної функції по кореляційних функціях вхідного та вихідного сигналів. Ідентифікація на узгоджених апроксимаціях імпульсної перехідної функції і кореляційної

	функції. Рекомендована література: [3]. Завдання на СРС: Ідентифікація багатовимірних об'єктів.
14–15	Індуктивне моделювання. Індуктивний і дедуктивний підходи до побудови моделей. Внутрішні і зовнішні критерії. Проблема переускладнення моделі. Однорядний алгоритм із зануленням коефіцієнтів. Ітераційні алгоритми: багаторядні, релаксаційні. Рекомендована література: [5, 12]. Завдання на СРС: Індуктивне моделювання з виділенням трендів.
16	Редукція даних. Факторний аналіз. Задача і цілі факторного аналізу. Метод головних компонентів. Зменшення розмірності вхідних даних шляхом перетворення до головних компонентів. Відносна помилка. Задача про кількість факторів. Критерії Кайзера, «кам'янистого осипу», «зламаної тростини». Факторний аналіз для візуалізації даних. Приклади. Рекомендована література: [13]. Завдання на СРС: Інші критерії в задачі про кількість факторів.
17	Моделювання на категоріальних даних. Логістична регресія з дихотомічною спостережною змінною. Поняття про категоріальні дані. Типи категоріальних даних. Таблиця частот. Стратегії аналізу категоріальних даних. Логістична регресія. Зв'язок ймовірності, шансу, логіту. Побудова логістичної моделі регресії. Статистики якості апроксимації. Ненасичені і насичені моделі логістичної регресії. Приклади. Особливості побудови моделей при номінальних пояснювальних змінних, неперервних пояснювальних змінних. Перевірка гіпотез щодо параметрів. Рекомендована література: [14]. Завдання на СРС: Оцінювання якості моделі з неперервними пояснювальними змінними.
18	Логістична регресія з ординальною спостережною змінною. Логістична регресія з номінальною спостережною змінною. Логістична регресія з ординальною спостережною змінною: модель пропорційних логітів. Визначення ймовірностей категорій у моделях з ординальною спостережною змінною. Гіпотеза про пропорційність коефіцієнтів. Логістична регресія з номінальною спостережною змінною: модель узагальнених логітів. Визначення ймовірностей категорій у моделях з номінальною спостережною змінною. Рекомендована література: [14]. Завдання на СРС: Модель частково пропорційних шансів.

Практичні заняття

№	Тема практичного заняття
1	Побудова морфологічних таблиць для подій, що повторюються у різних варіаціях.
2	Побудова морфологічної моделі майбутньої ситуації з деякою мірою невизначеності, оцінювання очікуваної результативності рішень на основі моделі.
3–4	Побудова і оцінювання різних типів систем масового обслуговування.

5–6	<i>Побудова і аналітичне дослідження мереж Петрі для різних задач.</i>
7	<i>Побудова регресійних моделей різного вигляду для задачі, застосування дисперсійної міри ідентичності для порівняння моделей.</i>
8	<i>Застосування методу групового урахування аргументів.</i>
9	<i>Застосування моделей логістичної регресії.</i>

6. Самостійна робота здобувача вищої освіти

Самостійна робота студента складається з опрацювання тем, винесених на самостійне вивчення в п. 5, а також виконання індивідуального завдання – побудови моделі на основі модифікованого методу морфологічного аналізу або із застосуванням інших вивчених методів моделювання на одну з тем з переліку прикладів, або самостійно запропонованої студентом.

Результати побудови і аналізу моделі оформлюються у вигляді звітів, що відповідають двом практичним роботам.

№	Назва комп'ютерного практикуму
1	<i>Побудова моделі обраного об'єкта (системи).</i>
2	<i>Дослідження моделі обраного об'єкта (системи).</i>

Перелік прикладів тем: Пожежі в місті; Пожежі у природі; Підтоплення, повені, поведі; Нещасні випадки на виробництві (модифікації варіанту: різні типи робіт); Затримки, простої на виробництві (модифікації варіанту: різні підприємства, різні типи робочого процесу); Виготовлення неякісного/бракованого товару (модифікації варіанту: різні види товарів); Витоки службової інформації; Проникнення сторонніх осіб на об'єкт, порушення режиму секретності; Звернення до поліції (екстрені виклики); Звернення до поліції (заяви); Виявлені підозрілі (потенційно вибухонебезпечні) предмети; Повідомлення про зниклих безвісті (модифікація варіанту: діти, що загубились); Звернення до швидкої допомоги (екстрені виклики); Травми (модифікації варіанту: при конкретній діяльності, у конкретному класі місць); Напади тварин; Звернення до технічної допомоги (модифікації варіанту: різні види діяльності, які можуть потребувати технічної допомоги); Збої в комп'ютерній системі; Збої в мережі комп'ютерних систем; Хакерські атаки; Терористичні загрози (модифікації варіанту: різні об'єкти загроз); Пограбування установ (магазинів, банків тощо); Вуличні крадіжки, пограбування; Порушення громадського спокою; Фінансові махінації (з точки зору компаній, банків); Фінансові махінації/корупційні схеми (з точки зору держави); Неповорнення кредитів (з точки зору банків); Відмови/повернення товару; Скарги клієнтів (модифікації варіанту: різні види діяльності, де можуть бути скарги); Потреби/побажання клієнтів щодо деякого класу продуктів/послуг (модифікації варіанту: різні класи продуктів/послуг); Конфліктні ситуації в колективі (модифікації варіанту: різні типи колективів); Військові зіткнення (тактичний рівень); Військові конфлікти (стратегічний рівень); Стан ринку деякого продукту через N місяців/років (модифікації варіанту: різні типи продуктів/послуг); Стан розвитку деякої галузі в майбутньому (модифікації варіанту: різні галузі); Спортивні матчі/змагання (модифікації варіанту: різні види спорту); Організація масового заходу (з точки зору безпеки).

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентом:

- при написанні екзамену забороняється використання засобів зв'язку для пошуку інформації в Інтернеті;

- на заняттях бажано відключати телефони;
- роботи мають бути виконані з дотриманням академічної доброчесності.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: виконання комп'ютерних практикумів (2 роботи), модульної контрольної роботи.

Критерії нарахування балів за комп'ютерні практикуми (КП):

- за умови правильно оформленого звіту з бездоганним виконанням завдання КП – 20 балів;
- за наявності зауважень в процедурі виконання КП – 16–19 балів;
- за наявності серйозних зауважень в процедурі виконання КП, неповного або неточного виконання КП – 12–15 балів.

Максимальна кількість балів за всі КП кредитного модулю дорівнює: $20 \times 2 = 40$ балів.

Модульна контрольна робота (МКР) проводиться у письмовій формі і складається з двох практичних питань і двох задач. Критерії нарахування балів за елементи МКР:

Практичні питання:

- за умови повної правильної відповіді – 2 бали;
- за умови неточної або неповної відповіді – 1 бал.

Задачі:

- задача розв'язана повністю коректно – 3 бали;
- задача розв'язана коректно, але з деякими неточностями – 2 бали;
- задача не розв'язана або розв'язана некоректно, але є окремі правильні кроки – 1 бал.

Максимальна кількість балів за МКР дорівнює: $2 \times 2 + 2 \times 3 = 10$ балів.

Календарний контроль: Умовою успішного проходження першого календарного контролю є виконання комп'ютерного практикуму №1. Умовою успішного проходження другого календарного контролю є виконання комп'ютерних практикумів №1 і №2.

Семестровий контроль: *екзамен*

Умови допуску до семестрового контролю: Умовою допуску до екзамену є зарахування всіх комп'ютерних практикумів та стартовий рейтинг не менше 25 балів.

Максимальний стартовий рейтинг складає: $2 \times 20 + 10 = 50$ балів.

Екзаменаційна робота являє собою контрольну роботу з усним і письмовим компонентами. Кожне завдання містить одне теоретичне запитання і три практичних завдання. Теоретичне запитання захищається усно і оцінюється у 20 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації – 20-18 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності – 17-15 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки – 14-12 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Практичні завдання оцінюється у 10 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повне, безпомилкове розв'язування завдання – 10 балів;
- «добре», повне розв'язування завдання з незначними неточностями – 9-8 балів;
- «задовільно», завдання виконане з певними недоліками – 7-6 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Максимальна кількість балів за екзамен дорівнює: $20 + 10 \times 3 = 50$ балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:

1. Система, складна система, підсистема. Моделювання як засіб дослідження складних систем. Види моделей.
2. Елементи математичної моделі. Класифікації моделей: детерміновані і стохастичні моделі; геометричні, структурні, функціональні, інформаційні; статичні, квазістатичні, динамічні моделі.
3. Ідея методу морфологічного аналізу. Процедура методу морфологічного аналізу в загальному вигляді. Морфологічна таблиця. Морфологічна множина.
4. Застосування методу для моделювання, пошуку і вдосконалення технічних та інших систем. Морфологічне дерево. Модель класу технічних систем у вигляді морфологічної множини.
5. Методи синтезу на морфологічній множині: різновиди методів пошуку.
6. Методи синтезу на морфологічній множині: різновиди методів конструювання.
7. Застосування модифікованого методу морфологічного аналізу для моделювання об'єктів з певною мірою невизначеності. Типові параметри морфологічних таблиць в таких задачах.
8. Оцінювання вхідних даних у модифікованому методі морфологічного аналізу. Матриця взаємозв'язків.
9. Побудова і розв'язання систем рівнянь у модифікованому методі морфологічного аналізу. Таблиця конфігурацій. Ймовірності альтернатив, конфігурацій, ситуацій у методі морфологічного аналізу.
10. Ідея і можливості двохетапної процедури модифікованого методу морфологічного аналізу. Матриця зв'язків. Узагальнення двохетапної процедури для побудови мереж морфологічних таблиць.
11. Розрахункова процедура і оцінювання результативності рішень на другому етапі методу морфологічного аналізу.
12. Модифікований метод морфологічного аналізу з урахуванням параметру часу. Врахування подій і тенденцій в рамках процедури модифікованого методу морфологічного аналізу.
13. Поняття системи масового обслуговування (СМО). Елементи СМО. Класифікація СМО. Критерії ефективності функціонування СМО.
14. Одноканальні СМО без черги, з обмеженою чергою, з необмеженою чергою.
15. Багатоканальні СМО без черги, з чергою. Закриті СМО.
16. Моделювання дискретних систем на основі мереж Петрі. Елементи мереж Петрі. Правила функціонування мереж Петрі.
17. Типові фрагменти мереж Петрі. Мережі Петрі з конфліктними переходами. Інформаційні зв'язки в мережах Петрі.
18. Властивості мереж Петрі: досяжність, k-обмеженість, зберезуваність, активність.
19. Формалізація мереж Петрі. Матриці входів і виходів. Вектор маркірування. Функціонування мережі Петрі в матричному вигляді. Дослідження властивостей мереж Петрі, представлених у матричному вигляді.
20. Дерево досяжності мереж Петрі. Дослідження властивостей мереж Петрі, представлених у вигляді дерева досяжності.

21. Статистичне моделювання. Метод Монте-Карло. Моделювання випадкових величин, рівномірно розподілених в інтервалі $[0; 1]$. Генерування випадкової величини із заданим розподілом.
22. Алгоритми імітації процесів функціонування дискретних систем. Алгоритми просування модельного часу. Алгоритми просування стану моделі. Алгоритми збору інформації.
23. Дисперсійна міра ідентичності і міра неідентичності моделі і об'єкта. Кореляційне співвідношення. Властивості дисперсійної міри. Детерміновані і нерегулярні об'єкти.
24. Задача ідентифікації моделей. Постановка задачі. Типи ідентифікації. Функція нев'язки.
25. Ідентифікація стохастичного лінійного динамічного об'єкта. Інтегральне рівняння Вінера-Гопфа.
26. Чисельні розв'язки інтегрального рівняння Вінера-Гопфа. Визначення імпульсної перехідної функції по вимірах вхідного та вихідного сигналів.
27. Чисельні розв'язки інтегрального рівняння Вінера-Гопфа. Визначення імпульсної перехідної функції по кореляційних функціях вхідного та вихідного сигналів.
28. Ідентифікація на узгоджених апроксимаціях імпульсної перехідної функції і кореляційної функції.
29. Ідентифікація багатовимірних об'єктів на основі систем рівнянь Вінера-Гопфа.
30. Індуктивний і дедуктивний підходи до побудови моделей. Внутрішні і зовнішні критерії. Проблема переускладнення моделі.
31. Однорядний алгоритм методу індуктивного моделювання із зануленням коефіцієнтів.
32. Багаторядні, релаксаційні методи індуктивного моделювання.
33. Задача і цілі факторного аналізу. Ідея і цілі методу головних компонентів.
34. Зменшення розмірності вхідних даних шляхом перетворення до головних компонентів. Відносна помилка. Задача про кількість факторів. Критерії Кайзера, «кам'янистого осипу», «зламаної тростини».
35. Поняття про категоріальні дані. Типи категоріальних даних. Таблиця частот. Стратегії аналізу категоріальних даних. Логістична регресія. Зв'язок ймовірності, шансу, логіту. Побудова логістичної моделі регресії.
36. Статистики якості апроксимації в логістичній моделі регресії. Ненасичені і насичені моделі логістичної регресії.
37. Побудова моделей логістичної регресії при номінальних пояснювальних змінних, неперервних пояснювальних змінних. Перевірка гіпотез щодо параметрів.
38. Логістична регресія з ординальною спостережною змінною: модель пропорційних логітів.
39. Логістична регресія з номінальною спостережною змінною: модель узагальнених логітів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент ММСА, д.т.н. Савченко Ілля Олександрович

Ухвалено кафедрою ММСА (протокол № 3 від 08.10.2025)

Погоджено Методичною комісією НН ІПСА (протокол № 2 від 09.10.2025)