

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова Приймальної комісії

В.о. ректора

**Київського національного університету
імені Тараса Шевченка**



Валерій КОПІЙКА

**ПРОГРАМА
ВСТУПНОГО ІСПИТУ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ
НА ЗДОБУТТЯ СТУПЕНЯ ДОКТОРА ФІЛОСОФІЇ**

Освітньо-науковий рівень – доктор філософії

Галузь знань – F Інформаційні технології

Спеціальність – F4 «Системний аналіз та наука про дані»

Освітньо-наукова програма «Системний аналіз»

**ПРОГРАМА
ВСТУПНОГО ІСПИТУ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ
НА ЗДОБУТТЯ СТУПЕНЯ ДОКТОРА ФІЛОСОФІЇ**

Освітньо-науковий рівень – доктор філософії

Галузь знань – F Інформаційні технології

Спеціальність – F4 «Системний аналіз та наука про дані»

Освітньо-наукова програма «Системний аналіз»

Голова предметної комісії



Олена КАШПУР

**Гарант
освітньо-наукової програми**



Ірина РОЗОРА

ВСТУП

Вступники на освітньо-наукову програму «Системний аналіз» третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії) зі спеціальності F4 «Системний аналіз та наука про дані» складають письмовий вступний іспит зі спеціальності.

Програма вступного іспиту до аспірантури укладена в обсязі стандарту вищої освіти магістра зі спеціальності F4 «Системний аналіз та наука про дані». Програма вступного іспиту зі спеціальності розроблена відповідно до вимог розділу V Правил прийому до Київського національного університету імені Тараса Шевченка у 2026 році, затверджених Вченою радою Університету 04.05.2026 (протокол № 12) та введених в дію наказом ректора № 510-32 від 05.05.2026.

Програма затверджена на засіданні вченої ради факультету комп'ютерних наук та кібернетики «27» травня 2026 року (протокол № 15).

Метою програми вступного іспиту є оцінювання рівня знань вступників та їхня здатність до здійснення науково-дослідної роботи, а саме: оцінювання теоретико-методологічної підготовки вступника; оцінювання здібностей вступника до науково-дослідної роботи; оцінювання наявних у вступника наукових та навчальних досягнень.

Форма проведення іспиту. Вступний іспит зі спеціальності проводиться в очному форматі у письмовій формі. Під час проведення вступного іспиту зі спеціальності здійснюється відеозапис процесу проведення іспиту. Використання дистанційного формату допускається за рішенням Приймальної комісії для вступників, які перебувають на тимчасово окупованій території.

Структура іспиту. Вступний іспит зі спеціальності складається з трьох основних компонентів:

- 1) виконання блоку тестових завдань;
- 2) презентація дослідницької пропозиції;
- 3) презентація наукових та/або навчальних досягнень.

Блок тестових завдань може містити:

- 1) тестові завдання закритого типу з вибором однієї правильної відповіді;
- 2) тестові завдання закритого типу з множинним вибором;
- 3) тестові завдання закритого типу на встановлення відповідності;
- 4) тестові завдання закритого типу на порівняння та встановлення відмінностей;
- 5) тестові завдання закритого типу на заповнення пропусків.

Блок тестових завдань може містити усі перелічені вище типи тестів або лише деякі з них.

Кількість тестових завдань у блоці тестових завдань складає 70 тестових питань перелічених вище типів.

Тривалість проведення іспиту. Тривалість виконання усіх компонентів іспиту складає 90 хвилин.

Тривалість виконання блоку тестових завдань складає 70 хвилин.

Тривалість виконання презентації дослідницької пропозиції складає 10 хвилин.

Тривалість виконання презентації наукових та навчальних досягнень складає 10 хвилин.

Схема формування оцінки. Результати виконання завдань вступного іспиту зі спеціальності оцінюються за 200-бальною шкалою.

Формування оцінки за вступний іспит до аспірантури здійснюється за наступною схемою:

Компонент іспиту	Мінімальна кількість балів	Максимальна кількість балів
Теоретичні та практичні питання	0	140
Презентація дослідницької пропозиції	0	30
Наукові та навчальні досягнення	0	30

Підсумкова оцінка за вступний іспит зі спеціальності формується шляхом додавання оцінок за теоретичні та практичні питання, презентацію дослідницької пропозиції, наукові та/або навчальні досягнення.

У разі отримання вступником підсумкової оцінки за вступне випробування до аспірантури зі спеціальності у межах 0-99 балів комісією ухвалюється рішення про негативну оцінку («незадовільно») за вступний іспит.

Критерії оцінювання.

Результати виконання блоку тестових завдань або блоку завдань з розгорнутою відповіддю оцінюються за наступними критеріями.

Блок тестових завдань містить 70 тестових питань з однією правильною відповіддю. Правильна відповідь на одне тестове питання оцінюється у 2 бали. Неправильна відповідь оцінюється у 0 балів.

Результати виконання презентації дослідницької пропозиції оцінюються за наступними критеріями.

1) Актуальність теми пропонованого дослідження, її відповідність спеціальності F4 «Системний аналіз та наука про дані», Переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 31 грудня року, наступного після припинення або скасування воєнного стану в Україні, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 30 квітня 2024 р. № 476 (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/476-2024-%D0%BF#Text>), піднапрямам досліджень Комплексної наукової програми Київського національного університету імені Тараса Шевченка «Штучний інтелект та цифрова трансформація» (https://science.knu.ua/new/?page_id=4454).

Бали	Критерії оцінювання
6 балів	Тема пропонованого дослідження повністю відповідає Переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 31 грудня року, наступного після припинення або скасування воєнного стану в Україні та піднапрямам досліджень Комплексної наукової програми Київського національного університету імені Тараса Шевченка «Штучний інтелект та цифрова трансформація»
5 балів	Тема пропонованого дослідження відповідає Переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 31 грудня року, наступного після припинення або скасування воєнного стану в Україні та частково відповідає піднапрямам досліджень Комплексної наукової програми Київського національного університету імені Тараса Шевченка «Штучний інтелект та цифрова трансформація»
4 бали	Тема пропонованого дослідження частково відповідає Переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 31 грудня року, наступного після припинення або скасування воєнного стану в Україні та відповідає піднапрямам досліджень Комплексної наукової програми Київського національного університету імені Тараса Шевченка «Штучний інтелект та цифрова трансформація»
3 бали	Тема пропонованого дослідження частково відповідає Переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 31 грудня року, наступного після припинення або скасування воєнного стану в Україні та частково відповідає піднапрямам досліджень Комплексної наукової програми Київського національного університету імені Тараса Шевченка «Штучний інтелект та цифрова трансформація»
2 бали	Тема пропонованого дослідження частково відповідає Переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 31 грудня року, наступного після припинення або скасування воєнного стану в Україні та не відповідає піднапрямам досліджень Комплексної наукової програми Київського національного університету імені Тараса Шевченка «Штучний інтелект та цифрова трансформація»
1 бал	Тема пропонованого дослідження не відповідає Переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 31 грудня року, наступного після припинення або скасування воєнного стану в Україні та частково відповідає піднапрямам досліджень Комплексної наукової програми Київського національного університету імені Тараса Шевченка «Штучний інтелект та цифрова трансформація»
0 балів	Тема пропонованого дослідження не відповідає Переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-

Бали	Критерії оцінювання
	технічних розробок на період до 31 грудня року, наступного після припинення або скасування воєнного стану в Україні та не відповідає піднапрямам досліджень Комплексної наукової програми Київського національного університету імені Тараса Шевченка «Штучний інтелект та цифрова трансформація»

2) Якість формулювання теми й мети пропонованого дослідження.

Бали	Критерії оцінювання
6 балів	Тема дослідження сформульована у обсязі від 5 до 15 слів, репрезентує мету, об'єкт та предмет дослідження, повністю відповідає спеціальності F4 «Системний аналіз та наука про дані», мета дослідження повністю корелює із темою та є реалістичною для досягнення у форматі дисертаційного дослідження
5 балів	Тема дослідження сформульована у обсязі від 5 до 15 слів, репрезентує мету, об'єкт та предмет дослідження, відповідає спеціальності F4 «Системний аналіз та наука про дані», мета дослідження частково корелює із темою та є реалістичною для досягнення у форматі дисертаційного дослідження
4 бали	Тема дослідження сформульована у обсязі від 5 до 15 слів, частково репрезентує мету, об'єкт та предмет дослідження, відповідає спеціальності F4 «Системний аналіз та наука про дані», мета дослідження частково корелює із темою та є реалістичною для досягнення у форматі дисертаційного дослідження
3 бали	Тема дослідження сформульована у обсязі від 5 до 15 слів, частково репрезентує мету, об'єкт та предмет дослідження, відповідає спеціальності F4 «Системний аналіз та наука про дані», мета дослідження частково корелює із темою та є реалістичною для досягнення у форматі дисертаційного дослідження
2 бали	Тема дослідження сформульована у обсязі від 5 до 15 слів, частково репрезентує мету, об'єкт та предмет дослідження, частково відповідає спеціальності F4 «Системний аналіз та наука про дані», мета дослідження частково корелює із темою та є реалістичною для досягнення у форматі дисертаційного дослідження
0 балів	Тема дослідження сформульована з порушенням обсягу від 5 до 15 слів, частково репрезентує мету, об'єкт та предмет дослідження, частково відповідає спеціальності F4 «Системний аналіз та наука про дані», мета дослідження частково корелює із темою та є реалістичною для досягнення у форматі дисертаційного дослідження - 1 бал. Мета дослідження не є реалістичною для досягнення у форматі дисертаційного дослідження

3) Якість формулювання дослідницьких завдань.

Бали	Критерії оцінювання
6 балів	Дослідницькі завдання повністю відповідають меті, об'єкту та предмету дослідження та є реалістичними для досягнення у форматі дисертаційного дослідження
5 балів	Одне із дослідницьких завдань частково відповідає меті, об'єкту та предмету дослідження, але завдання є реалістичними для досягнення у форматі дисертаційного дослідження
4 бали	Одне із дослідницьких завдань не відповідає меті, об'єкту та предмету дослідження, але завдання є реалістичними для досягнення у форматі дисертаційного дослідження
3 бали	Два дослідницькі завдання частково відповідають меті, об'єкту та предмету дослідження, але завдання є реалістичними для досягнення у форматі дисертаційного дослідження
2 бали	Два дослідницькі завдання не відповідають меті, об'єкту та предмету дослідження, але завдання є реалістичними для досягнення у форматі дисертаційного дослідження
1 бал	Більше двох дослідницьких завдань не відповідають меті, об'єкту та предмету дослідження, але завдання є реалістичними для досягнення у форматі дисертаційного дослідження
0 балів	Більше двох дослідницьких завдань не є реалістичними для досягнення у форматі дисертаційного дослідження

4) Якість формулювання дослідницької гіпотези.

Бали	Критерії оцінювання
6 балів	Дослідницька гіпотеза є повністю обґрунтованою, спирається на результати наявних наукових досліджень за заявленою темою, є реалістичною для перевірки у форматі дисертаційного дослідження
5 балів	Дослідницька гіпотеза є частково обґрунтованою, спирається на результати наявних наукових досліджень за заявленою темою, є реалістичною для перевірки у форматі дисертаційного дослідження
4 бали	Дослідницька гіпотеза є частково обґрунтованою, частково спирається на результати наявних наукових досліджень за заявленою темою, є реалістичною для перевірки у форматі дисертаційного дослідження
3 бали	Дослідницька гіпотеза є частково обґрунтованою, проте не спирається на результати наявних наукових досліджень за заявленою темою, але є реалістичною для перевірки у форматі дисертаційного дослідження
2 бали	Дослідницька гіпотеза є недостатньо обґрунтованою, частково спирається на результати наявних наукових досліджень за заявленою

Бали	Критерії оцінювання
	темою, але може бути перевірена у форматі дисертаційного дослідження
1 бал	Дослідницька гіпотеза не може бути перевірена у форматі дисертаційного дослідження
0 балів	Дослідницька гіпотеза не сформульована

5) Якість опису методів дослідження.

Бали	Критерії оцінювання
6 балів	Методи дослідження сформульовані коректно, вичерпно, відповідають темі, меті, дослідницьким завданням, є релевантними для застосування у межах спеціальності F4 «Системний аналіз та наука про дані».
5 балів	Методи дослідження сформульовані коректно, вичерпно, але один із запропонованих методів частково відповідає темі, меті, дослідницьким завданням, і є релевантними для застосування у межах спеціальності F4 «Системний аналіз та наука про дані».
4 бали	Методи дослідження сформульовані коректно, але два із запропонованих методів частково відповідають темі, меті, дослідницьким завданням, і є релевантними для застосування у межах спеціальності F4 «Системний аналіз та наука про дані».
3 бали	Методи дослідження сформульовані коректно, але один із запропонованих методів не є релевантним для застосування у межах спеціальності F4 «Системний аналіз та наука про дані».
2 бали	Методи дослідження сформульовані поверхово, вони наближено відповідають темі, меті, дослідницьким завданням
1 бал	Більше двох запропонованих методів не є релевантними для застосування у межах спеціальності F4 «Системний аналіз та наука про дані».
0 балів	Методи дослідження не відповідають темі, меті, дослідницьким завданням

Оцінювання наукових та навчальних здобутків вступника здійснюється за наступними критеріями.

**Порядок нарахування додаткових балів
за навчальні/наукові досягнення вступників до аспірантури
для здобуття освітнього і наукового ступеня доктора філософії**

Навчальні та наукові досягнення	Код	Кількість балів
Диплом переможця чи призера міжнародної студентської олімпіади з фаху*	ДБ ₁	перше місце – 30 друге місце – 25 третє місце – 15
Диплом переможця чи призера Всеукраїнської студентської олімпіади МОН України з навчальних дисциплін, напрямів та спеціальностей*	ДБ ₂	перше місце – 15 друге місце – 10 третє місце – 5
Диплом переможця чи призера Міжнародного конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей*	ДБ ₃	перше місце – 30 друге місце – 25 третє місце – 15
Диплом переможця чи призера Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт МОН України з галузей знань і спеціальностей*		перше місце – 15 друге місце – 10 третє місце – 5
Диплом переможця чи призера Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт МОН України з галузей знань і спеціальностей (I тур – у разі відсутності II туру)*		перше місце – 7 друге місце – 5 третє місце – 3
Диплом переможця чи призера Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт НАН України з галузей знань і спеціальностей*	ДБ ₄	перше місце – 15 друге місце – 10 третє місце – 5
Диплом лауреата премії НАН України для молодих учених та студентів ЗВО за обраною галуззю знань*	ДБ ₅	15
Стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України (категорія Б) або у закордонному виданні (за обраною галуззю знань)**	ДБ ₆	10 (кожна стаття) 5 (якщо стаття має більше 2 співавторів)
Стаття у виданні, яке індексується у міжнародних наукометричних базах Scopus або Web of Science (за обраною галуззю знань)**	ДБ ₇	10 (кожна стаття)
Матеріали конференції, які проіндексовано у міжнародній наукометричній базі Scopus або Web of Science (за обраною галуззю знань)**		5 (кожен матеріал)
Участь у науковій конференції (за умови опублікування тез доповіді за обраною галуззю знань)***	ДБ ₈	2 (кожні тези)
Міжнародний патент на винахід за обраною галуззю знань***	ДБ ₉	30
Патент України на винахід за обраною галуззю знань***	ДБ ₁₀	20
Патент України на корисну модель за обраною галуззю знань***		10
Авторське свідоцтво на твір за обраною галуззю знань***		5
Диплом магістра/спеціаліста з відзнакою за обраною галуззю знань	ДБ ₁₁	5

*	Диплом, отриманий за період не більше трьох років до моменту вступу. Статус олімпіади визначається вченою радою факультету/інституту.
**	Зараховується одна стаття в одному номері журналу та одні тези однієї конференції Якщо співавторами статті чи тез доповіді є вступники, які обидва претендують на вступ за однією галуззю знань, кількість балів зменшується вдвічі.
***	За період не більше п'яти років до моменту вступу

Загальна сума балів за навчальні/наукові досягнення не може перебільшувати 30 балів:

$$ДБ_1 + ДБ_2 + ДБ_3 + ДБ_4 + ДБ_5 + ДБ_6 + ДБ_7 + ДБ_8 + ДБ_9 + ДБ_{10} + ДБ_{11} \leq 30$$

Зміст програми вступного іспиту

1. МАТЕМАТИЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

1. **Основи функціонального аналізу.** Типи просторів (топологічні, метричні, лінійні, нормовані). Збіжність і повнота. Гільбертів простір. Лінійні оператори та функціонали, їх властивості. Обернені оператори. Нелінійні функціонали. Похідні Фреше та Гато.
2. **Опуклий аналіз і теорія багатозначних відображень.** Опуклі функції, опуклі множини. Теореми розділення. Опорні функції опуклих множин, функція Мінковського. Похідні за напрямком і субдиференціали. Неперервні багатозначні відображення.
3. **Методи оптимізації у скінченновимірних просторах.** Необхідні умови екстремуму. Правило множників Лагранжа. Двоїстість в математичному програмуванні. Теореми про мінімакс. Методи мінімізації диференційованих та недиференційованих функцій: градієнтні; Ньютона; спряжених градієнтів; узагальненого градієнтного спуску; субградієнтні. Методи розв'язування задач з обмеженнями: зовнішніх та внутрішніх штрафів; можливих напрямків; проєкції градієнтів, умовного градієнту. Методи дискретної оптимізації: методи відсічення; метод гілок та границь; послідовний аналіз варіантів. Методи опуклого програмування. Методи стохастичного програмування.
4. **Основні чисельні методи оптимізації.** Лінійне програмування. Теорема двоїстості. Симлекс-метод. Нелінійне програмування. Функція Лагранжа. Умови регулярності. Числові методи: метод штрафних функцій, метод можливих напрямків, метод спряжених градієнтів, метод проєкції градієнту, метод лінеаризації, метод випадкового пошуку. Основні декомпозиційні підходи до розв'язування задач великої розмірності. Дискретна оптимізація. Розв'язування задач цілочисельного лінійного програмування.
5. **Звичайні диференціальні рівняння та системи.** Задача Коші та крайова задача. Існування та єдиність розв'язку. Неперервність і диференційованість розв'язків за параметрами і початковими даними. Стійкість, теореми Ляпунова та Четаєва. Різницеві методи розв'язування звичайних диференціальних рівнянь.
6. **Основні рівняння математичної фізики.** Класифікація квазілінійних диференціальних рівнянь. Постановка основних крайових задач для лінійних диференціальних рівнянь другого порядку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Березанський Ю. М., Ус Г. Ф., Шефтель В. Г. Функціональний аналіз. – Львів, Видавець І. Є. Чижиков, 2014. – 560 с.
2. Сергієнко І.В. Методи оптимізації та системного аналізу для задач трансобчислювальної складності. – К.: Академперіодика, 2010. – 318 с.
3. Моклячук М.П. Варіаційне числення. Екстремальні задачі. Підручник. - 2004.- 384 с.
4. Бейко І.В., Зінько П.М., Наконечний О.Г. Задачі, методи та алгоритми оптимізації. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2012. – 799 с.
5. Гаращенко Ф.Г., Матвієнко Б.Т., Харченко І.І. Диференціальні рівняння для інформатиків — Київ — 2008 р. — 351 с.
6. George Bachman, Lawrence Narici, Functional Analysis 2nd ed. Edition.— Dover Publications, 2012.- 546 p.
7. Mykel J. Kochenderfer, Tim A. Wheeler Algorithms for Optimization.— The MIT Press, 2019.— 520p.

2. ТЕОРІЯ ЙМОВІРНОСТЕЙ ТА МАТЕМАТИЧНА СТАТИСТИКА

1. **Основні поняття теорії ймовірностей.** Стохастичний експеримент. Простір елементарних подій. Події. Операції над подіями. Несумісні події. Аксиоматичне, класичне та геометричне визначення ймовірності.

2. **Умовна ймовірність. Незалежні події.** Поняття умовної ймовірності. Незалежні події. Правило добутку ймовірностей. Формула повної ймовірності та формула Баєса.
3. **Дискретні випадкові величини.** Поняття дискретної випадкової величини. Розподіл дискретних випадкових величин. Основні дискретні розподіли. Граничні теореми для біноміального розподілу. Генератриса цілочисельних випадкових величин. Властивості генератрис. Гіллясті процеси Гальтона-Ватсона. Теорема про ймовірність вимирання популяції для процесу Гальтона-Ватсона.
4. **Випадкові величини загального типу.** Поняття випадкової величини. Функція розподілу випадкових величин та її властивості. Дискретні, абсолютно неперервні та сингулярні випадкові величини. Функція щільності розподілу абсолютно неперервних випадкових величин, її сенс та властивості. Основні неперервні розподіли. Моменти випадкових величин. Характеристичні функції випадкових величин. Властивості характеристичних функцій.
5. **Випадкові вектори.** Розподіл випадкового вектора. Незалежні випадкові величини. Показники залежності випадкових величин. Розподіл функції від випадкового вектора. Формула згортки.
6. **Граничні теореми.** Типи збіжності випадкових величин. Нерівність Чебишова. Закон великих чисел. Посилений закон великих чисел. Центральна гранична теорема для однаково розподілених незалежних випадкових величин. Теорема Пуассона.
7. **Основи випадкових процесів.** Поняття випадкового процесу. Пуассонівський процес. Вінерівський процес. Ланцюги Маркова (ЛМ) з дискретним часом. Класифікація станів ЛМ. Стаціонарний та ергодичний розподіл ЛМ -- визначення та методика пошуку. Умови ергодичності ЛМ. Процеси народження та загибелі. Ланцюги Маркова з неперервним часом. Перша та друга системи диференційних рівнянь Колмогорова. СДР Колмогорова для ймовірностей станів ЛМ з неперервним часом. Стаціонарний розподіл ЛМ з неперервним часом.
8. **Основні поняття математичної статистики.** Вибірка, способи подання вибірки у випадку дискретних та неперервних даних. Емпірична функція розподілу. Гістограма. Варіаційний ряд та порядкові статистики. Вибіркові характеристики центру розподілу, розсіювання розподілу та форми розподілу.
9. **Точкове оцінювання параметрів розподілу.** Задача точкового оцінювання параметрів. Точкові оцінки математичного сподівання та дисперсії випадкових величин. Властивості точкових оцінок: незсуненість, конзистентність. Середньоквадратичний підхід для порівняння точкових оцінок. Ефективні оцінки. Нерівність Рао-Крамера. Асимптотична нормальність точкових оцінок. Метод моментів побудови точкових оцінок параметрів розподілів. Властивості оцінок методу моментів. Метод максимальної вірогідності (ММВ). Властивості оцінок ММВ.
10. **Інтервальне оцінювання параметрів розподілу.** Задача інтервального оцінювання параметрів. Основні підходи до пошуку надійних інтервалів. Надійні інтервали для параметрів нормального розподілу.
11. **Перевірка статистичних гіпотез.** Задача перевірки статистичних гіпотез. Основні типи статистичних гіпотез. Поняття критерію перевірки статистичних гіпотез. Методика побудови критеріїв згоди. Гіпотези про вид розподілу. Критерії Колмогорова та Пірсона для перевірки гіпотези про вид розподілу. Рангові критерії. Гіпотези про однорідність. Критерії перевірки однорідності незалежних вибірок. Гіпотези про незалежність. Перевірка незалежності. Вибірковий коефіцієнт кореляції. Рангові коефіцієнти кореляції Спірмена та Кендала. Таблиці спряженості. Критерій Пірсона χ^2 -квадрат перевірки незалежності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бобик О.І., Берегова Г.І., Копитко Б.І. Теорія ймовірностей і математична статистика -- К.: Професіонал, 2007. -- 560 с.

2. Братійчук М.С., Чечельницький О.А. Математична статистика. -- К.: "Інтепроф", 2009. -- 244 с.
3. Братійчук М.С., Чечельницький О.А. Лекції зі стохастики. Ймовірність. Статистика. Випадкові процеси.— Київ: електронна публікація на сайті факультету комп'ютерних наук та кібернетики, 2021.-- 395 с.
4. Карташов М. В. Ймовірність, процеси, статистика.-- К. : ВПЦ Київський університет, 2006.--494 с.
5. Лебедєв Є.О., Шарапов М.М. Курс лекцій з теорії ймовірностей. -- К.: Норіта-плюс, 2007. -- 168 с.
6. Лебедєв Є.О., Лівінська Г.В., Розора І.В., Шарапов М.М. Математична статистика: навч. посіб. -- К.: ВПЦ "Київський університет", 2016. -- 159 с.
7. Турчин В.М. Теорія ймовірностей і математична статистика. -- Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2006.
8. Шарапов М.М., Розора І.В., Лівінська Г.В., Пономарьов В.Д., Збірник задач з теорії ймовірностей та математичної статистики, Електронний навчальний посібник, 2023, 326 с.
https://csc.knu.ua/media/filer_public/f4/31/f431177a-99c1-48af-ae68-399c2c28b6bd/main_2023.pdf
9. Dekking F.M., Kraaikamp C., Lopuha" {a} H.P., Meester L.E. A Modern Introduction to Probability and Statistics. Understanding Why and How. -- Springer; 2005. -- 486 p.
10. Mood A.M., Graybill F.A., Boes D.C. Introduction to the Theory of Statistics. -- International Edition; 3rd Edition, 1974. -- 480 p.

3. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

1. **Основні поняття системного аналізу і теорії систем.** Означення системи. Цілісність систем. Принципи системного підходу. Класифікація задач і процедур системного аналізу.
2. **Розкриття невизначеностей у задачах системного аналізу.** Розкриття невизначеностей у задачах системного аналізу. Задачі та методи розкриття невизначеностей цілей. Розкриття ситуаційної невизначеності. Розкриття невизначеності в задачах взаємодії. Розкриття невизначеності у задачах конфлікту стратегій. Задачі і методи розкриття системної невизначеності.
3. **Розкриття невизначеності у задачах взаємодії і протидії коаліцій.** Математичне формулювання задач взаємодії і протидії коаліцій. Загальна стратегія розв'язання задач системної взаємодії або системної протидії коаліції.
4. **Інформаційний аналіз системних задач.** Аналіз кількісних та якісних характеристик інформації. Формалізація характеристик і показників інформованості особи, що приймає рішення (ОПР).
5. **Основні процедури системного аналізу.** Алгоритми проведення декомпозиції системи, агрегування. Основні типи агрегаторів.
6. **Системна методологія передбачення.** Сценарно-прецедентний аналіз як методологічна основа передбачення..
7. **Моделі і методи аналізу ієрархій.** Математичні основи методів аналізу ієрархій. Модифіковані методи аналізу ієрархій.
8. **Моделі багаторівневих ієрархічних систем.** Модель ієрархії шарів, стратифіковані та багатоешелонні моделі систем. Узагальнена структура дворівневих ієрархічних систем. Декомпозиція підсистем.
9. **Координація в дворівневих ієрархічних системах.** Постулат сумісності. Поняття принципів координації..
10. **Моделі ієрархічних систем керування.** Алгоритми розв'язування задач оптимального керування для дворівневих систем. Моделі розподілу ресурсів в ієрархічних системах.
11. **Методи багатокритеріальної оптимізації.** Постановка задач багатокритеріальної оптимізації. Поняття ефективного розв'язку багатокритеріальних задач оптимізації та його узагальнення. Основні методи багатокритеріальної оптимізації (ідеальної точки, послідовних поступок, послідовного уводу обмежень).
12. **Основи теорії нечітких множин.** Основи нечітких множин та нечітких відношень. Нечіткі оптимізаційні задачі. Основні операції нечіткої логіки та їх узагальнення. Теоретичні основи гібридних систем. Нечіткі нейронні мережі.
13. **Теорія ігор.** Матричні ігри (постановка гри; чисті та змішані стратегії; поняття: сідової точки, максімної та мінімаксної стратегії, гарантованого результату, значення гри;

теорема про сідлову точку; теорема про існування сідлової точки). Ігри n осіб (рівновага за Нешем, її властивості, теорема Неша). Кооперативні ігри в характеристичній формі (С-ядро та N-ядро гри, вектор Шеплі). Диференціальні ігри (ігри переслідування та втечі). Кооперативні ігри. Сильна рівновага Неша. Стабільність на основі погроз, α, β, γ - ядра кооперативної гри.

14. **Методи класифікації та кластеризації даних.** Кластеризація та класифікація соціальних графів. Соціальні мережі. Проблема групування соціальних даних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Основи системного аналізу. - К.: Видав.група ВНУ, 2007. – 544 с.
2. Наконечний О.Г., Шевчук Ю.М. Нелінійні задачі популяційної динаміки та їх застосування. – ВПЦ «Київський університет», 2020. – 188 с.
3. Наконечний О.Г., Зінько П.М. Математичні методи аналізу матричних даних в умовах невизначеності: Навч. посібник. – К.: Р.К. Майстер-принт, «Фамільна друкарня Huus», 2022. – 208 с.
4. Панкратова Н.Д. Системний аналіз. Теорія. Застосування, Підручник. – К.: Наукова думка, 2018. – 346с.
5. Швець С.В. Основи системного аналізу: Навч. посібник. – Суми: Сумський держ. університет, 2017. – 126 с.
6. Прокопенко Т.О. Теорія систем і системний аналіз: Навч. посібник [Електр. ресурс] . – Черкаси, ЧДТУ, 2019. – 139 с.
7. Герасимов Б.М. та інші. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень. – К.: В-во «Європ. ун-т», 2007. – 335 с.
8. Панкратова Н.Д., Недашківська Н.І. Моделі і методи аналізу ієрархій. Теорія. Застосування. - К.: НТТУ «КПІ», 2010. – 372 с.
10. Волошин О.Ф., Машенко С.О. Моделі та методи прийняття рішень: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. – 2-ге вид., перероб. та допов. – К.: ВПЦ «Київський Університет», 2010. - 336 с.
11. Martin J. Osborne. An Introduction to Game Theory. - Oxford University Press, 2004. - 560 p.
12. Катренко А.В. Системний аналіз, Підручник, Львів: Новий світ-2000, 2011. –396с.
13. Alan Dennis, Barbara Wixom, Roberta M. Roth. Systems Analysis and Design 7th Edition Wiley, 2018.– 464 p.
14. Zimmerman H.-J. Fuzzy Sets Theory — and Its Applications. — Kluwer Academic Publishers, 2001.
15. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій. – Київ: ВД «Слово», 2006. – 816с.
16. Wragg T. Modeling the Effects of Information Campaigns Using Agent-Based Simulation // Prep.: Command and Control Division, Defense Science and Technology Organization. Australian Government, DSTO-TR-1853, 2006. - 61 p.
17. Ravi Kannan, Santosh Vempala, and Adrian Vetta. On clusterings: Good, bad and spectral. J. ACM, 51(3): 497–515, 2004.
18. Charu C. Aggarwal. Social Network Data Analytics. Boston: Kluwer Academic Publisher, 2011. 520 p.

4. АНАЛІЗ ДАНИХ, АЛГОРИТМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

1. **Попередня обробка даних.** Методи та задачі аналізу даних. Типи даних. Аномальні спостереження. Групування даних. Описові статистики: характеристики положення центру, характеристики розсіювання, характеристики форми розподілу. Характеристики випадкових векторів. Перевірка стохастичності вибірки. Графічні методи аналізу вибірки. Визначення виду розподілу спостережуваної величини. Перевірка нормальності вибірки.
2. **Кореляційний аналіз.** Аналіз наявності статистичного зв'язку між кількісними змінними. Перевірка статистичної значущості показників статистичного зв'язку. Показники наявності нелінійного статистичного зв'язку. Аналіз множинних статистичних зв'язків. Кореляційний аналіз ординальних змінних, рангові коефіцієнти кореляції. Виявлення статистичного зв'язку між номінальними змінними, таблиці спряженості. Візуалізація кореляцій: діаграма розсіювання, карта кореляцій, граф кореляцій.
3. **Регресійний аналіз.** Поняття регресії. Основні етапи побудови та верифікації регресійної моделі. Загальна лінійна модель. Умови Гаусса-Маркова. Метод найменших квадратів (МНК). Властивості МНК-оцінок для загальної лінійної моделі. Оцінювання точності оцінок коефіцієнтів регресії. Оцінка точності моделі. Загальна техніка підгонки регресійних моделей з використанням графічних методів. Типові недоліки регресійної моделі. Зважений МНК. Розширення лінійної моделі.

4. **Дисперсійний аналіз (ANOVA).** Постановка задачі ANOVA, його сутність та переваги. Класифікація видів ANOVA. Побудова математичної моделі однофакторного ANOVA. Математичні припущення ANOVA. Оцінювання параметрів моделі за допомогою МНК. Аналіз контрастів. Дисперсійний аналіз по Краскеру-Уоллісу. Побудова математичної моделі двофакторного ANOVA. Багатофакторний дисперсійний аналіз.
5. **Аналіз часових рядів.** Визначення, класифікація та приклади ЧР. Моделі ЧР: стаціонарні ЧР, складові адитивної моделі ЧР, мультиплікативна модель. Згладжування ЧР, метод рухомого середнього. Оцінка компонент адитивної моделі ЧР: оцінка тренду, оцінка сезонної складової. Автокореляція та корелограма. Побудова прогнозу з використанням експоненційного згладжування: метод Брауна; метод Хольта; метод Хольта-Вінтерса. Модель авторегресії рухомого середнього (ARMA) та авторегресії проінтегрованого рухомого середнього (ARIMA). Оцінка якості прогнозу ЧР.
6. **Зниження розмірності простору ознак. Метод головних компонент.** Мета та методи зниження розмірності простору ознак. Обґрунтування методу головних компонент. Змістовні обмеження МГК. Властивості головних компонент. Етапи МГК.
7. **Кластерний аналіз.** Визначення та задачі кластерного аналізу. Типи даних та міра відстані між об'єктами. Методи кластерного аналізу: ієрархічні та ітераційні. Вибір оптимальної кількості кластерів. Оцінка якості кластеризації.
8. **Задачі класифікації з відомими класами.** Наївний Баєсів класифікатор. Логістична регресія. Лінійний дискримінантний аналіз. Метод k найближчих сусідів. Дерева рішень та випадковий ліс.
9. **Фундаментальні концепції машинного навчання.** Життєвий цикл проекту з науки про дані (CRISP-DM методологія): основні етапи та їх зміст. Проблема перенавчання (Overfitting) та недонавчання (Underfitting) моделей. Компроміс між зсувом та дисперсією (Bias-Variance Tradeoff). Методи валідації моделей: відкладена вибірка (hold-out), k-fold крос-валідація, стратифікована крос-валідація, leave-one-out. Регуляризація моделей як спосіб боротьби з перенавчанням: L1-регуляризація (Lasso), L2-регуляризація (Ridge), їх геометрична інтерпретація та математичні відмінності. Навчання з учителем (Supervised Learning). Лінійні моделі. Метод опорних векторів (SVM): Дерева рішень. Метричні методи: Ансамблеві методи. Навчання без вчителя. Метрики оцінки якості моделей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бідюк П.І., Савенков О.І., Баклан І.В. Часові ряди: моделювання і прогнозування. - К.: ЕКМО, 2003. - 144 с.
2. Майборода Р.Є. *Комп'ютерна статистика – професійний старт*, (2018), 482 с.
<http://probability.univ.kiev.ua/userfiles/mre/compsta1.pdf>
3. Р. Майборода, Статистичний аналіз багатовимірних даних. Методичні рекомендації до курсу. 2020:
<https://probability.knu.ua/userfiles/mre/multiv6tasks.pdf>
4. Слабоспицький О.С., «Аналіз даних. Попередня обробка.», ВПЦ «Київський університет» (2001).
5. Слабоспицький О.С., Основи кореляційного аналізу даних, ВПЦ «Київський університет» (2006).
6. Слабоспицький О.С., Основи дисперсійного аналізу даних, ВПЦ «Київський університет» (2006).
7. Слабоспицький О.С., Задачі класифікації, ВПЦ «Київський університет» (2020).
8. Brockwell, P.J., Davis, R.A., *Introduction to Time Series and Forecasting* (3-d edition, 2016).
9. A. Coghlan, *A Little Book of R for Time Series* (2017):
<http://a-little-book-of-r-for-time-series.readthedocs.io/en/latest/>
10. Br. S. Everitt, S. Landau, M. Leese, D. Stahl, *Cluster Analysis*, 5-th edition, Wiley series in probability and statistics (2011).
11. W. Hardle, L. Simar, *Applied Multivariate Statistical Analysis*, second edition, Springer (2007)
12. T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman, *Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. Springer-Verlag New York Inc. (2017).
13. G. James, D. Witten, T. Hastie, R. Tibshirani, *An Introduction to Statistical Learning with Applications in R*, Springer (2013).
14. R.H. Shumway and D.S. Stoffer, *Time Series Analysis and Its Applications. With R Examples*. 2nd edition. Springer (2006).
15. N. H. Timm, *Applied Multivariate Analysis*, Springer (2002).

5. СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

1. **Основні поняття теорії масового обслуговування.** Класифікація систем масового обслуговування (СМО). Компоненти СМО: вхідний потік вимог, параметри обслуговування, дисципліна обслуговування. Символіка Кендала.
2. **Марковські СМО.** Метод ланцюгів Маркова для аналізу стохастичних систем. Процеси народження та загибелі для СМО. Стаціонарний розподіл систем марковського типу. Система $M|M|1$, $M|M|n$, $M|M|\infty$.
3. **Немарковські СМО.**
4. **Обслуговування фазового типу.** Ерлангові СМО. Теорема Бірке.
5. **Системи з повторними викликами.** Структура та аналіз системи з повторними викликами. Оптимізаційні задачі для систем з повторними викликами.
6. **Мережі масового обслуговування.** Структура стохастичної мережі. Замкнені, відкриті та змішані стохастичні мережі. Система Такача як приклад стохастичної мережі. Мультиплікативна форма стаціонарного розподілу для марковських мереж.
7. **Неергодичні мережі Джексона.**

ЛІТЕРАТУРА

1. Жерновий Ю.В. Марковські моделі масового обслуговування: тексти лекцій. — Львів: ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2004. — 154 с.
2. Косолапов А.А. Аналітичні моделі масового обслуговування в задачах проектування інформаційних систем: навчально-довідковий посібник. — Д.: "LikePrint", ФОП Гечка Т.О., 2015. — 186 с.
3. Лебедев Є.О., Лівінська Г.В. Перевантажені багатоканальні мережі зі змінною інтенсивністю вхідного потоку: навчальний посібник. — К.: ВПЦ "Київський університет", 2016. — 120 с.
4. Лебедев Є.О., Макушенко І.А. Оптимальний розподіл зовнішнього навантаження для багатоканальних стохастичних мереж: навчальний посібник. — К.: НБУВ, 2012. — 90 с.
5. G.I. Falin, J.C. Templeton «Retrial queues» London: Chapman&Hall, 1997. — 331 p.
6. B.V. Gnedenko, I.N. Kovalenko, Introduction to Queueing Theory, Springer (1989).
7. S. Karlin, H.M. Taylor, A Second Course in Stochastic Processes, Academic Press (1981).
8. L. Takacs, Introduction to the Theory of Queues, Oxford Univ. Press (1962).
9. Walrand J. An introduction to queueing networks. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1988.

6. ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ, АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ

1. **Поняття про оптимальне керування.** Основні постановки та принципи класифікації задач.
2. **Лінійні системи керування.** Способи формалізації лінійних систем: вагові, передавальні функції, частотні характеристики. Стійкість та її критерії. Критерії якості та їх аналіз.
3. **Дискретні системи.** Класифікація дискретних систем. Дослідження імпульсних систем, їх математичні моделі та характеристики.
4. **Статистичні методи в теорії оптимальних систем.** Статистичні методи дослідження нелінійних систем, статистична лінеаризація. Ідентифікація сигналів та об'єктів керування. Оцінки, статистичні розв'язки, перевірка гіпотез. Оцінки параметрів статистичних систем, лінійна регресія. Динамічні об'єкти з відомою структурою, способи визначення параметрів.
5. **Методи ідентифікації.** Формулювання проблеми і класифікація методів ідентифікації. Теорія оцінок. Теорія статистичних розв'язків. Байєсівський підхід. Принцип мінімакса. Метод максимальної правдоподібності. Побудова моделей об'єктів керування по експериментальним даним. Регресійні моделі. Визначення математичних моделей об'єктів по експериментальним часовим і частотним характеристикам. Фільтр Калмана.

6. **Оптимальне керування.** Керованість і спостережуваність. Принцип максимуму Понтрягіна та його застосування. Метод динамічного програмування. Керування з оберненим зв'язком. Метод Беллмана. Задачі оцінювання системами при неповній інформації. Теореми розділення. Наближені методи знаходження оптимальних керувань. Постановка задач керування для рівнянь з частинними похідними.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сергієнко І.В. Методи оптимізації та системного аналізу для задач трансобчислювальної складності. – К.: Академперіодика, 2010. – 318 с.
2. Наконечний О.Г. Оптимальне керування та оцінювання в рівняннях із частинними похідними. – К.: ВПЦ "Київ. ун-т", 2004. – 103 с.
3. O.V. Kapustyan, O.A. Kapustian, A.V. Sukretna. Approximate bounded synthesis for distributed systems – LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrucken, Germany, 2013. – 223 p.
4. Капустян О.А., Капустян О.В., Наконечний О.Г. Оптимальне керування та гарантоване оцінювання у розподілених системах з малим параметром. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2021. – 247 с.
5. Крак Ю.В., Шатирко А.В. Теорія керування для інформатиків. Підручник. - ВПЦ Київський ун-т. Київ: 2015р. - 175с.
6. Arun K. Tangirala Principles of System Identification: Theory and Practice.– CRC Press, 2014.– 908 p.

7. ПРИНЦИПИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОГРАМНО-ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У ЗАДАЧАХ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

1. **Методи моделювання у системному аналізі.** Структурна та функціональна моделі. Оптимізаційні та імітаційні моделі. Детерміновані та стохастичні моделі. Основні етапи математичного моделювання.
2. **Формування та аналіз системи цілей.** Методи багатокритеріальної оцінки альтернатив. Аналіз і побудова конфліктних систем. Класифікація змінних моделі. Використання ієрархії змінних. Чіткі та нечіткі множини цілей.
3. **Методи імітаційного моделювання.** Основні поняття та вимоги до моделей. Комп'ютерне моделювання. Аналіз та інтерпретація результатів. Перевірка адекватності моделей. Основні підходи до моделювання однорідного та неоднорідного процесів Пуассона. Імітаційне моделювання процесів Леві. Моделювання вінерівського процесу, розклад Карунена-Лоева. Побудова моделей ф-субгауссових випадкових процесів із наперед заданою точністю та надійністю.
4. **Дискретне, неперервне та неперервно-дискретне імітаційне моделювання.** Подійні та процесійні підходи в імітаційному моделюванні. Балансовий підхід. Варіаційний підхід. Застосування методу аналогій.
5. **Загальні питання організації програмних систем.** Об'єктно-орієнтовані та візуально-орієнтовані технології програмування. Поняття баз даних та баз знань. Вітрини та сховища даних. Дата майнінг. Технології обробки Big Data. Поняття про інформаційні системи. Концептуальна, логічна та фізична моделі проблемної області. Моделі представлення даних. Засоби інженерної графіки.
6. **Автоматизовані інформаційні системи.** Сучасні технології розробки програмних систем. Системи інтелектуального аналізу даних (DM). OLAP-технологія. CAD/CAM/CAE-системи. Системи підтримки прийняття рішень (СППР): задачі, моделі, класифікація. Хмарні технології та сервіси, їх застосування для створення інформаційних систем. Безпека та захист інформаційних систем.

7. **Сучасні методи та технології розробки інформаційних систем.** Фреймворки та платформи з відкритим вихідним кодом. Рівні абстракції в умовах розвитку інфраструктурних сервісів. Програмні засоби для обслуговування центрів обробки даних. Вступ до архітектури cloud native. Поняття про технологічний стек та основні етапи розробки застосунків. Питання безпеки та надійності. Експлуатація хмарних сервісів AWS, Google, MS, IBM.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ситник В.Ф., Олексюк О.С. та ін. Системи підтримки прийняття рішень: Навч. посіб. –К.:КНЕУ, 2004. -614 с.
2. Наконечний О.Г., Гребеннік І.В., Романова Т.Є., Тевяшев А.Д. Методи прийняття рішень: Навч. посібник. – Харків, ХНУРЕ, 2016. – 131 с.
3. Сидоров М.О. Вступ до інженерії програмного забезпечення. – К.: Вид.НАУ, 2010. – 347 с.
4. Wiegers K. Creating a software engineering culture / Dorset House Publishing. - New York, 2003. - 358 p.
5. Marks, Eric A. Executive's guide to cloud computing / Eric A. Marks, Bob Lozano. – John Wiley & Sons, Inc., 2010. – 285 p.
6. Биков В.Ю. Жалдак М.І. та інші (ред.кол.) Хмарні технології в освіті. (Кривий Ріг – Київ – Черкаси – Харків, 21 грудня 2012 р.). – Кривий Ріг : Видавничий відділ КМІ, 2012. – 173 с.
7. Sheldon M. Ross Simulation, 5th ed.– Academic Press, 2012.- 328 p.
8. Kozachenko Yu., Pogoriliak O., Rozora I. and Tegza A. Simulation of Stochastic processes with given accuracy and reliability, ISTE Press, Elsevier, 2016.