

*Затверджую*

Голова Приймальної комісії  
Ректор



Михайло ЗГУРОВСЬКИЙ

*25.04.2024*  
дата

**ПРОГРАМА**  
**вступного іспиту із спеціальності**

для вступу на освітньо-наукову програму підготовки доктора філософії  
«Комп'ютерні науки»

*за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки*

Програму ухвалено:

Науково-методичною комісією за спеціальністю  
122 Комп'ютерні науки

Протокол № 8 від «16» «квітня» 2024 р.

Голова НМК

\_\_\_\_\_

Наталія АУШЕВА

## Зміст

I. Загальні відомості.....	3
II. Теми, що виносяться на екзаменаційне випробування.....	4
III. Навчально-методичні матеріали.....	10
IV. Рейтингова система оцінювання.....	13
V. Приклад екзаменаційного білету.....	14

## I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Фахове вступне випробування на навчання для здобуття наукового ступеня доктор філософії спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» проводиться для тих вступників, які мають ступень магістра\*.

Освітня програма «Комп'ютерні науки» відповідає місії та стратегії КПІ ім. Ігоря Сікорського, за якою стратегічним пріоритетом університету є фундаменталізація підготовки фахівців. Особливості освітньої програми враховані шляхом обрання відповідних розділів програми вступного іспиту. Проведення комплексного фахового випробування має виявити достатність рівня підготовки вступника з обраної для вступу спеціальності.

Теоретичні та тестові питання вступного іспиту складаються з трьох розділів:

1. Математичні основи створення інформаційних систем та технологій.
2. Базові концепції, моделі та алгоритми штучного інтелекту.
3. Розподілені та паралельні обчислення.

Завдання комплексного фахового вступного випробування складається з п'яти тестових (частина 1) та трьох теоретичних питань (частина 2). Кожна з частин екзаменаційного білету містить питання за всіма розділами.

Фахове вступне випробування зі спеціальності проводиться у формі усного екзамену.

Тривалість підготовки завдань комплексного фахового випробування – 2 академічні години.

У наступному розділі програми наведені лише ті теми з зазначених розділів, які стосуються виконання завдань вступних випробувань.

Інформація про правила прийому на навчання та вимоги до вступників освітньої програми «Комп'ютерні науки» наведено в розділі «Вступ до аспірантури» на веб-сторінці аспірантури та докторантури КПІ ім. Ігоря Сікорського за посиланням <https://aspirantura.kpi.ua/>.

\* Відповідно до п.2 Розділу XV закону Про вищу освіту: вища освіта за освітньо-кваліфікаційним рівнем спеціаліста прирівнюється до вищої освіти ступеня магістра

## II. ТЕМИ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ЕКЗАМЕНАЦІЙНЕ ВИПРОБУВАННЯ

### 1. Математичні основи створення інформаційних систем та технологій

#### 1.1. Теорія графів

Обхід графів. Пошук вглиб та вшир. Алгоритми знаходження найкоротшого шляху в графі. Проблема ізоморфізму графів. Ейлерові та гамільтонові графи та їх властивості. Плaskі та планарні графи. Теорема Ейлера. Бінарне дерево пошуку. Його застосування. Збалансоване дерево. Незалежні множини вершин графа, кліки, паросполучення. Вершинне пофарбування графів. Теорема Хейвуда.

#### 1.2. Теорія алгоритмів

Теорія NP-повних проблем (теорія NP-повноти). Уточнення алгоритма по Тьюрінгу. Уточнення алгоритма по Маркову. Рекурсивні функції. Рекурсивні та рекурсивно-зліченні множини, їх властивості та відношення. Теорія зведеності. Співвідношення класів P і NP. Теорема Черча.

#### 1.3. Дослідження операцій

Постановка та математична модель задач лінійного програмування (ЛП). Форми запису задачі лінійного програмування. Множина допустимих розв'язків. Графічний метод розв'язання задач лінійного програмування. Визначення поняття симплексу, вершини симплексу. Алгоритм симплекс-метода. Інтерпретація симплекс-методу як направленого перебору вершин симплексу. Різновиди задач розрахунку оптимальних сумішей. Транспортна задача. Постановка та математична модель задачі лінійного цілочисельного програмування (ЛЦП). Особливості задач ЛЦП. Алгоритм методу відсікаючих площин Гоморі. Загальна схема методу гілок та меж. Алгоритм методу гілок та меж для задачі ЛЦП. Постановка та математична модель задач нелінійного програмування. Методи знаходження оптимальних рішень задач нелінійного програмування. Методи опуклої оптимізації. Конструкції завдань математичного програмування для вирішення задач моделювання.

#### 1.4. Інтелектуальний аналіз даних

Завдання кластерного, регресійного аналізів та завдання класифікації з Вчителем, проблеми кожного з типів аналізу. Критерії оцінки якості кластеризації. Ієрархічний кластерний аналіз. Метод k-means.

Метод найменших квадратів. Матрична формула МНК для вектора параметрів багатовимірної регресії. Проективна властивість МНК. Властивості оператора проектування. Геометрична інтерпретація методу найменших квадратів у просторі змінних та у просторі об'єктів. Методи структурно-параметричного синтезу з явним штрафом за складність моделі (критерії Маллоуза, Акаїке, Шварца), з неявним штрафом за складність моделі (Бутстреп, Джекнайф, МГУА). Різновиди критеріїв, що застосовуємо для вирішення задач моделювання прогнозу, законів та класифікації. Завдання причинно-наслідкового аналізу та його роль при моделюванні об'єктів. Методи причинно-наслідкового аналізу.

Нормальний дискримінантний аналіз. Міри відстані: взважена Евклідова та Махалонобіса. Алгоритм Stepwise структурного синтезу

дискримінантних функцій. Обґрунтування критеріїв алгоритму Stepwise. Канонічний дискримінантний аналіз. Властивості канонічних дискримінантних функцій. Обґрунтування розмірності простору канонічних дискримінантних функцій.

## **2. Базові концепції, моделі та алгоритми штучного інтелекту**

### **2.1. Інтелектуальні алгоритми пошуку**

Формалізація постановки задачі в просторі станів. Стратегії сліпого пошуку. Ітераційне поглиблення. Особливості, переваги і недоліки цих стратегій. Функції, які спрямовують пошук. Класифікація методів пошуку за стратегіями обходу графа простору станів. Стратегії евристичного пошуку hill-climbing, best-first search, A\*. Характеристики оцінювальної функції: монотонність, допустимість, інформативність. A\*-алгоритм евристичного пошуку. Теорема допустимості. Концепція і основні поняття пошуку методом редукції. Розбиття задач на підзадачі. AND/OR-графи. Ігрові дерева пошуку. Мінімаксий алгоритм пошуку на ігрових деревах. Метод альфа-бета-відсічення.

### **2.2. Формування логічних висновків**

Основні моделі представлення знань. Компоненти продукційної системи. Прямий та зворотній ланцюжки формування висновку. Стратегії розв'язування конфліктів в продукційній системі. Механізми формування логічних висновків (inference engines).

### **2.3. Технології та методи обчислювального інтелекту**

Загальні поняття обчислювального інтелекту (OI). Технології і методи OI та їх загальна характеристика. Прикладні задачі OI.

Базові концепції машинного навчання. Математична модель штучного нейрона та її особливості. Парадигми навчання нейронних мереж та відповідні нейронні мережі. Багатошаровий перцептрон. Метод зворотного поширення похибки Backpropagation. Принцип самоорганізації. Нейронні мережі Кохонена. Базовий алгоритм самоорганізації мережі Кохонена. Рекурентні нейронні мережі. Їхня класифікація. Основні особливості та сфери застосування. Концепція глибокого навчання (Deep Learning). Згорткові нейронні мережі.

Загальна характеристика систем формування нечіткого висновку та їх класифікація. Лінгвістичні змінні. Функція приналежності. Нечіткі множини та операції над ними. Основні алгоритми формування нечіткого висновку – Мамдані, Цукамото, Сугено та Ларсена. Методи дефазифікації в системах нечіткого висновку. Основні властивості систем з нечіткою логікою та області їх застосування.

Архітектура, властивості, алгоритми навчання нечітких нейронних мереж ANFIS та TSK.

Генетичні алгоритми (ГА), основні оператори ГА, властивості та сфери застосування.

## **3. Розподілені та паралельні обчислення**

### **3.1. Розподілені обчислення**

Концепція та поняття розподіленої обчислювальної системи. Основні задачі розподілених обчислень: прозорість, відкритість, гнучкість, розширюваність. Концепція проблемно-орієнтованих середовищ (PSE - Problem Solving Environment). Розподілені обчислення - база сучасної е-науки.

Основні моделі взаємодії розподілених об'єктів, сервіси проміжного рівня. Модель «клієнт-сервер», «центральний координатор» і «розподілене узгодження» Логічні рівні та варіанти архітектури. Вертикальний і горизонтальний розподіл.

Обмін повідомленнями, виклик віддалених компонентів. Системи черг повідомлень, виклик віддалених процедур (RPC). Модель виклику віддалених методів (RMI).

Означення і властивості розподілених БД (РБД). Вертикальний і горизонтальний розподіл даних. Розподілені транзакції. Забезпечення цілісності даних. Обробка розподілених запитів.

Грід технології і хмарні обчислення. Означення і основні властивості хмарних систем, їх переваги та недоліки. Розгортання програмних систем в хмарних середовищах з використанням принципів побудови REST архітектури. Хмарна платформа Heroku. Особливості взаємодії, відмінності і спільні риси з рішеннями Amazon, Google, Microsoft.

### **3.2. Технології підтримки паралельних обчислень**

Організація паралельних обчислень. Інтерфейс передачі повідомлень MPI. Багатопотокова модель програмування на підставі бібліотеки OpenMP. Засоби доступу до кластерів симетричних мультипроцесорів і середовища Грід, поєднання OpenMP і MPI. Віртуалізація на основі контейнерів і віртуальних машин: відмінності, переваги, недоліки.

### **3.3. Сервіси та їх інтелектуальна взаємодія**

Концепція мікро- і грід-сервісів; сервіси роботи з приладами, сенсорами (Інтернет речей), базою знань; сервіси бізнес-процесів та їх супроводження. Пошук сервісів в мережі за запитом користувача і описом сервісу в репозитарії. Композиційні сервіси.

Шаблони взаємодії між сервісами типу «запит-відповідь», «публікація-підписка», або змішані. Проектування сервіс-орієнтованих систем на базі об'єднання онтолого-орієнтованого і модельно-керованого підходів. Системи реального часу.

Проектування і реалізація агентів і мультиагентських систем. Застосування агентів в сервіс-орієнтованих системах.

## **III. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ**

### **Література до 1-го розділу**

1. Кузьменко І.М. Теорія графів: навчальний посібник. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 71 с. Режим доступу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/35854/1/Teoriia\\_hrafiu.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/35854/1/Teoriia_hrafiu.pdf)

2. Зайченко Ю.П Дослідження операцій. Підручник. Київ. Слово, 2007. 816с.
3. Ланде Д. В., Субач І. Ю., Бояринова Ю. Є. Основи теорії і практики інтелектуального аналізу даних у сфері кібербезпеки: навчальний посібник. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 300 с. Режим доступу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/45721/1/NP\\_Osnovy\\_teorii\\_intelekt\\_analizu.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/45721/1/NP_Osnovy_teorii_intelekt_analizu.pdf)

#### **Література до 2-го розділу**

4. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th ed. Pearson, 2020. 1136 p.
5. Zgurovsky M., Zaychenko Yu. Fundamentals of computational intelligence-System approach. Springer. 2016. 275 p.
6. Zgurovsky M., Zaychenko Yu. Big Data: Conceptual Analysis and Applications. Springer Nature Switzerland AG. 2019. 275 p.
7. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press. 2016. 800 p.
8. Haykin S. Neural Networks and Learning Machines, 3th ed. Pearson, 2009. 936 p.
9. Шаповалова С.І., Мажара О.О. Програмний інструментарій розробки експертних систем: комп'ютерний практикум: навч. посіб. для здобувачів ступеня доктора філософії зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки. Київ. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 56 с. Режим доступу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42587/1/Shapovalova\\_Mazhara\\_Expert\\_System\\_Tool\\_2021.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42587/1/Shapovalova_Mazhara_Expert_System_Tool_2021.pdf)

#### **Література до 3-го розділу**

10. Петренко А.І., Свістунов С.Я., Кисельов Г.Д. Практикум з грид-технологій. Київ: НТУУ «КПІ», 2011. 180 с.
11. Шликов В.В., Данілова В.А. Високопродуктивні розподілені обчислювальні системи: Практикум. Навч. посіб. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 108 с. Режим доступу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/24696/3/Shlykov\\_Danilova\\_High-performance\\_DCS.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/24696/3/Shlykov_Danilova_High-performance_DCS.pdf)
12. Рогоза В.С., Іщенко Г.В. Інтелектуальні платформи розподілених інформаційних середовищ. НТУУ „КПІ”, 2009. 352 с.
13. Newman S. Building Microservices, Designing Fine-Grained Systems. O'Reilly Media. 2015. 282 p.
14. Петренко О.О. Особливості реалізації сервіс-орієнтованих додатків у хмарі. Системні дослідження і інформаційні технології, 2017. № 3. С.29-42

#### IV. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ

1. Початковий рейтинг абітурієнта за екзамен розраховується виходячи із 100-бальної шкали. При визначенні загального рейтингу вступника початковий рейтинг за екзамен перераховується у 200-бальну шкалу за відповідною таблицею (п. 3) .

2. На екзамені абітурієнти готуються до усної відповіді на завдання екзаменаційного білету.

Кожне завдання комплексного фахового вступного випробування містить п'ять тестових завдань та три теоретичні питання. В кожному білеті тестові завдання стосуються всіх розділів програми. Кожне теоретичне питання належить відповідному розділу програми. Відповідь на останнє питання має містити опис метода або алгоритма.

Відповідь на кожне тестове завдання оцінюється у 10 балів за такими критеріями:

- 10 балів – обрано всі пункти з вірними відповідями;
- 6 балів – з трьох вірних відповідей дві вказані вірно, а третя - або не вказана, або вказана невірно;
- 5 балів – з двох вірних відповідей одна вказана вірно, а інша - або не вказана, або вказана невірно;
- 3 бали – з двох вірних відповідей одна вказана вірно, а 2 інші - вказані невірно;
- 2 бали – з трьох вірних відповідей одна вказана вірно, а інші - або не вказані, або вказані невірно;
- 0 балів – відсутні вірні відповіді.

Кожне з перших двох теоретичних питань оцінюється у 15 балів за такими критеріями:

- 14 - 15 балів – повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації;
- 11- 12 балів – достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації (припустимі незначні неточності);
- 9 - 10 балів – неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (відповідь містить певні недоліки);
- 0 балів – відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

Третє питання оцінюється у 20 балів за такими критеріями:

- 18 - 20 балів – повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації;
- 15- 17 балів – достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації (припустимі незначні неточності);
- 12 - 16 балів – неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (відповідь містить певні недоліки);
- 0 балів – відповідь не відповідає умовам до «задовільно».





## V. ПРИКЛАД ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТУ

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №

0

**Частина 1. Яка, на Вашу думку, відповідь не є вірною?**

- До основних підходів штучного інтелекту відносять:
  - машинне мислення
  - машинне навчання
  - робототехніку
  - машинний зір?
- Який з видів градієнтного спуску є збіжним при постійному кроці:
  - субградієнтний спуск
  - стохастичний спуск
  - метод Нестерова
  - метод спряжених градієнтів?
- При якій стратегії пошуку для оцінювання вершини  $x$  використовується евристична функція  $h(x)$  та функція вартості  $g(x)$ :
  - hill-climbing
  - best-first search
  - A\*
  - breadth-first search?
- Мета хешування – це пошук, який виконується за середній час:
  - $O(1)$
  - $O(\log n)$
  - $O(n \cdot n)$
  - немає правильної відповіді?
- Позначено:  $X$ - матриця “об’єкт-властивості”,  $Y$  – вектор виходу,  $Y_x$  – вектор моделі,  $a$  – вектор параметрів. Нормальна система рівнянь це:
  - $Y = Xa$
  - $Y_x = Xa$
  - $X^T Y = X^T X a$
  - $(X^T X)^{-1} X^T Y = (X^T X)^{-1} (X^T X) a$  ?

**Частина 2. Дайте відповідь на наведені запитання:**

- Теорія NP-повних проблем (теорія NP-повноти).
- Базові моделі представлення знань.
- Етапи формування нечіткого висновку, алгоритм Мамдані.

**РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ ВСТУПНОГО ІСПИТУ для здобуття наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки:**

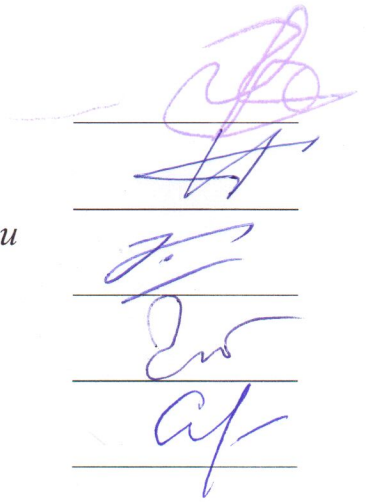
*Аушева Наталія Миколаївна, д.т.н., проф., зав. кафедри цифрових технологій в енергетиці*

*Павлов Володимир Анатолійович, к.т.н., доцент, доцент кафедри біомедичної кібернетики*

*Кисельов Геннадій Дмитрович, к.т.н., с.н.с., доцент кафедри системного проектування*

*Чумаченко Олена Іллівна, д.т.н., проф., зав. кафедри штучного інтелекту*

*Шаповалова Світлана Ігорівна, к.т.н., доцент, доцент кафедри цифрових технологій в енергетиці*



Four handwritten signatures in purple ink, each on a horizontal line. The signatures are stylized and appear to be the names of the individuals listed in the text to the left.