

Затверджую



Голова Приймальної комісії
Ректор

Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО

28.03.2025 р.

дата

ПРОГРАМА
вступного іспиту зі спеціальності
для вступу на освітньо-наукову програму підготовки доктора філософії
«Комп'ютерні науки»

за спеціальністю F3 Комп'ютерні науки

Програму ухвалено:

Науково-методичною комісією зі спеціальності
F3 Комп'ютерні науки

Протокол № 2 від 20 березня 2025 р.

Голова НМКУ

Наталія АУШЕВА

ВСТУП

Програма вступного іспиту визначає форму організації, зміст та особливості проведення вступного іспиту зі спеціальності на освітньо-наукову програму підготовки докторів філософії «Комп'ютерні науки» за спеціальністю F3 Комп'ютерні науки.

Метою програми є перевірка набуття вступником компетентностей та результатів навчання, що визначені стандартом вищої освіти за спеціальністю F3 Комп'ютерні науки для другого (магістерського) рівня вищої освіти.

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.

1. ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

1.1. Перелік розділів та тем, які виносяться на іспит зі спеціальності

Розділ 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-методу. 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 оператору

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 Махалобіса. Алгоритм Stepwise структурного синтезу дискримінантних функцій. Обґрунтування критеріїв алгоритму Stepwise. Канонічний дискримінантний аналіз. Властивості канонічних дискримінантних функцій. Обґрунтування розмірності простору канонічних дискримінантних функцій.

Розділ 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. Мінімаксний 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 персептрон. 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.

Розділ 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.

Грид 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 Грид, поєднання OpenMP і MPI. Віртуалізація на основі контейнерів і віртуальних машин: відмінності, переваги, недоліки.

3.3. Сервіси та їх інтелектуальна взаємодія

Концепція мікро- і грид-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.

1.2. Порядок проведення іспиту

Іспит проводиться у формі усного екзамену. Кожен білет містить п'ять тестових (частина 1) та три теоретичних питання (частина 2). Кожна з частин екзаменаційного білету містить питання за всіма розділами.

Тривалість підготовки завдань іспиту становить 2 академічні години (90 хвилин) без перерви. Після завершення відповідей на питання предметна комісія виставляє оцінку згідно з критеріями оцінювання.

Методика проведення іспиту наступна. Члени комісії інформують вступників про порядок проведення та оформлення робіт з вступного іспиту зі спеціальності та видають вступникам екзаменаційні білети з відповідними варіантами.

Час, витрачений на організаційну частину іспиту (пояснення по проведенню, оформленню і критеріям оцінювання іспиту, видача білетів для написання роботи), не

входить до загального часу іспиту.

Після закінчення етапу підготовки відповідей, проводиться усне опитування вступника та його оцінювання членами комісії. Підведення підсумку іспиту здійснюється шляхом занесення балів в екзаменаційну відомість. Ознайомлення студента з результатами іспиту проводиться згідно з правилами прийому до університету.

1.3. Допоміжні матеріали для складання іспиту

Під час складання іспиту заборонено використання допоміжної літератури та інших допоміжних матеріалів та засобів.

1.4. Рейтингова система оцінювання (PCO)

На іспиті вступники готуються до усної відповіді на завдання екзаменаційного білету. Кожний екзаменаційний білет 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 алгоритму.

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».

Загальна оцінка за іспит обчислюється як арифметична сума балів за всі відповіді на запитання екзаменаційного білету. Таким чином, згідно з рейтинговою системою оцінювання, за результатами іспиту вступник може набрати від 0 до 100 балів.

З метою обчислення конкурсного балу вступника результат іспиту зі спеціальності

перераховується з шкали від 0 до 100 балів до шкали, визначеної Порядком прийому на навчання для здобуття вищої освіти (100...200 балів) згідно з Таблицею відповідності:

Таблиця відповідності оцінок PCO (60...100 балів)
оцінкам 200-бальної шкали (100...200 балів)

шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200
60	100	70	140	80	160	90	180
61	105	71	142	81	162	91	182
62	110	72	144	82	164	92	184
63	115	73	146	83	166	93	186
64	120	74	148	84	168	94	188
65	125	75	150	85	170	95	190
66	128	76	152	86	172	96	192
67	131	77	154	87	174	97	194
68	134	78	156	88	176	98	196
69	137	79	158	89	178	99	198
						100	200

Вступники, результати іспиту яких за шкалою PCO складають від 0 до 59 балів, отримують оцінку "незадовільно" і не допускаються до участі в наступних вступних випробуваннях (за наявності) і в конкурсному відборі.

1.5. Приклад типового завдання іспиту зі спеціальності

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

1. До основних підходів штучного інтелекту відносять:

- a) машинне мислення
- b) машинне навчання
- c) робототехніку
- d) машинний зір?

2. Який з видів градієнтного спуску є збіжним при постійному кроці:

- a) субградієнтний спуск
- b) стохастичний спуск
- c) метод Нестерова
- d) метод спряжених градієнтів?

3. При якій стратегії пошуку для оцінювання вершини x використовується евристична функція $h(x)$ та функція вартості $g(x)$:

- a) hill-climbing
- b) best-first search
- c) A*
- d) breadth-first search?

4. Мета хешування – це пошук, який виконується за середній час:

- a) $O(1)$
- b) $O(\log n)$
- c) $O(n*n)$
- d) немає правильної відповіді?

5. Позначено: X - матриця “об’єкт-властивості”, Y – вектор виходу, Y_x – вектор моделі, a – вектор параметрів. Нормальна система рівнянь це:

a) $Y = Xa$

b) $Y_x = Xa$

c) $X^T Y = X^T X a$

d) $(X^T X)^{-1} X^T Y = (X^T X)^{-1} (X^T X) a$?

Частина 2. Дайте відповідь на наведені запитання:

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

2. ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

1. Особи, які без поважних причин не з’явилися на вступні іспити у визначений розкладом час, особи, знання яких було оцінено балами нижче встановленого рівня, до участі в наступних вступних іспитах і в конкурсному відборі не допускаються.

2. Перескладання вступних випробувань не допускається.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

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_hrafov.pdf
2. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій. Підручник. Київ. Слово, 2007. 816 с.
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

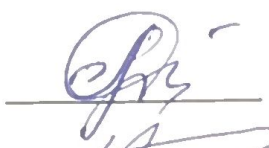
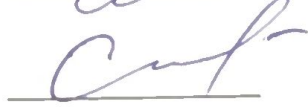
Література до 2-го розділу

1. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th ed. Pearson, 2020. 1136 p.
2. Zgurovsky M., Zaychenko Yu. Fundamentals of computational intelligence- System approach. Springer. 2016. 275 p.
3. Zgurovsky M., Zaychenko Yu. Big Data: Conceptual Analysis and Applications. Springer Nature Switzerland AG. 2019. 275 p.
4. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press. 2016. 800 p.
5. Haykin S. Neural Networks and Learning Machines, 3th ed. Pearson, 2009. 936 p.
6. 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

Література до 3-го розділу

1. Петренко А.І., Свістунов С.Я., Кисельов Г.Д. Практикум з грид-технологій. Київ: НТУУ «КПІ», 2011. 180 с.
2. 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
3. Рогоза В.С., Іщенко Г.В. Інтелектуальні платформи розподілених інформаційних середовищ. НТУУ „КПІ”, 2009. 352 с.
4. Newman S. Building Microservices, Designing Fine-Grained Systems. O'Reilly Media. 2015. 282 p.
5. Петренко О.О. Особливості реалізації сервіс-орієнтованих додатків у хмарі. Системні дослідження і інформаційні технології, 2017. № 3. С.29-42

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

д.т.н., проф., зав. каф. ЦТЕ НН ІАТЕ		Наталія АУШЕВА
к.т.н., доц., доц. каф. БМК ФБМІ		Володимир ПАВЛОВ
к.т.н., с.н.с., доц. каф. СП НН ІПСА		Геннадій КИСЕЛЬОВ
д.т.н., проф., проф. каф. ШІ НН ІПСА		Олена ЧУМАЧЕНКО
к.т.н., доц., доц. каф. ЦТЕ НН ІАТЕ		Світлана ШАПОВАЛОВА