

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Голова Приймальної комісії,  
Голова комісії з реорганізації НАУ,  
в.о. ректора

  
\_\_\_\_\_ Ксенія СЕМЕНОВА

«15» 04 \_\_\_\_\_ 2024 року.

**ПРОГРАМА  
ДОДАТКОВОГО ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ  
ДО АСПРАНТУРИ  
зі спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія  
на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
(третій (освітньо-науковий) рівень вищої освіти)  
Галузь знань 12 Інформаційні технології  
Освітньо-наукова програма «Комп'ютерна інженерія»**

## ПЕРЕДМОВА

Додаткова програма та вступний іспит зі спеціальності є важливою ланкою системи державної атестації наукових та науково-педагогічних кадрів.

Екзаменованій має показати високий рівень теоретичної та професійної підготовленості, знання загальних концепцій і історії розвитку, глибоке розуміння основних розділів, а також вміння використовувати свої знання для розв'язання дослідних та прикладних завдань у галузі комп'ютерних систем та компонентів.

В основу програми покладені наступні навчальні дисципліни: «Дискретна математика», «Цифрова схемотехніка», «Автоматизація наукових досліджень», «Програмне конструювання», «Комп'ютерна логіка», «Системи вимірювання та датчики», «Новітні операційні системи», «Мікропроцесорна техніка», «Створення застосувань Internet».

### **Програма включає такі напрямки:**

Історія розвитку ЕОМ, систем, мереж та їх компонентів.

Математичні, арифметичні та логічні основи обчислювальної техніки.

Архітектура ЕОМ та принципи обробки інформації.

Обчислювальні системи.

Обчислювальні мережі.

Теоретичні основи побудови компонентів.

Компоненти ЕОМ, систем та мереж.

Програмне забезпечення ЕОМ та мереж.

Проектування ЕОМ, систем та мереж.

Надійність ЕОМ, систем та мереж.

Захист інформації в системах та мережах.

Інформаційно-вимірювальні системи та їх компоненти.

### **1. Історія розвитку ЕОМ, систем, мереж та їх компонентів**

1.1. Етапи розвитку засобів обчислювальної, керуючої та вимірювальної техніки та їх компонентів. Класифікація Фліна.

1.2. Цифрові та аналогові ЕОМ: основні принципи побудови та організації обчислювального процесу.

1.3. Класифікація ЕОМ за різними ознаками. Таблиця параметрів обчислювальних систем TOP-500.

1.4. Розвиток інтегральних технологій, закон Мура та фізичні обмеження розвитку кремнієвих технологій.

1.5. Нові технології створення компонентів та структур ЕОМ (оптичних, криоелектронних, біотехнологій та ін.). Закони Гроша, Амдала та ін.

### **2. Математичні, арифметичні та логічні основи обчислювальної техніки**

2.1. Множина. Алгебраїчні та теоретико-множинні операції над множинами. Унарні, бінарні та тернарні відношення. Властивості відношень: рефлексивність, симетричність та транзитивність. Відношення еквівалентності. Класи еквівалентності та індекс відношення еквівалентності. Відношення толерантності. Відображення. Ін'єктивні та бієктивні відображення. Функція, функціонал, предикат. Потужність множини.

Поняття алгебри. Одноосновні та багатоосновні алгебри. Система алгоритмічних алгебр В.М. Глушкова. Подання алгоритмів у системах алгоритмічних алгебр.

2.1. Алгоритмічна універсальність ЕОМ. Машина Тьюринга.

2.2. Булеві функції. Означення булевої функції. Кількість булевих функцій  $n$  змінних та їх основні властивості. Булеві функції двох змінних. Теорема про розкладання булевих функцій за змінними. Принцип двоїстості, двоїсті формули. Диз'юнктивна та досконала диз'юнктивна нормальна форма функції. Кон'юнктивна та досконала кон'юнктивна нормальна форма функції. Повнота системи функцій. Поняття базису системи булевих функцій. Постановка задачі мінімізації булевих функцій. Спрощення диз'юнктивних нормальних форм та тупикові диз'юнктивні нормальні форми. Аналітичні методи мінімізації. Постановка задачі мінімізації в геометричній формі. Тупиковість на основі геометричних уявлень. Геометричні методи мінімізації. Карти Карно. Мінімізація неповністю визначених булевих функцій. Поняття комбінаційної схеми та її синтез. Приклади синтезу (комбінаційний суматор, перетворювач кодів тощо).

2.2. Теорія орієнтованих графів. Засоби задання графів: аналітичний, геометричний, матричний. Головні поняття орієнтованих графів: циклічність, ациклічність, зв'язність, шлях, цикл, дерево. Графи з насиченим та порожнім відношенням. Ізоморфізм та ізоморфне вкладення графів. Головні леми та теореми. Алгоритми визначення ізоморфізму графів та визначення ізоморфного вкладення графів. Теоретико-множинні властивості графів та операції над ними. Алгебраїчні властивості графів та операції над ними.

2.3. Теорія скінченних автоматів. Засоби задання автоматів: аналітичний, геометричний та матричний. Графоїд скінченного автомата та навантажене прадерево. Автомати I та II роду. Автомат Мілі та автомат Мура. Еквівалентність автоматів. Інтерпретація автомата Мура за допомогою автомата Мілі. Зображення подій у автоматах. Алгебра подій. Регулярний вираз, регулярна подія. Задання регулярних виразів у формі графів. Правила запобігання хибних шляхів у графах регулярних виразів. Аналіз скінченних автоматів. Алгебраїчні та теоретико-множинні операції над автоматами. Декомпозиція автоматів. Задача синтезу автоматів. Абстрактний та структурний синтез автоматів. Перша та друга теореми Кліні. Алгоритм синтезу автомата за регулярним виразом (алгоритм абстрактного синтезу автомата). Структурний синтез автоматів. Алгоритми структурного синтезу автоматів Мілі та Мура. Формування структурної таблиці автомата. Приклади структурного синтезу автоматів Мілі та Мура на різних елементах пам'яті та з комбінаційною частиною, виконаною у різних базисах. Рівняння функцій збудження тригерів. Структурні схеми автоматів. Програмна реалізація скінченного автомата на прикладі лексичного аналізатора мови програмування.

2.4. Подання інформації в ЕОМ. Системи числення. Способи представлення даних. Подання десяткових чисел та символічної інформації.

2.5. Організація виконання арифметичних та логічних операцій і способи їх прискорення.

### **3. Архітектура ЕОМ та принципи обробки інформації**

3.1. Архітектура і структури ЕОМ, та варіанти їх архітектурно-структурної організації. Апаратні та програмні платформи ЕОМ, їх приклади.

3.2. Характеристики ЕОМ (продуктивність, надійність, достовірність обробки інформації, способи представлення інформації, ємність оперативного та постійного запам'ятовуючого пристрою та ін.).

3.3. КЕШ-пам'ять, VLIW-технології, застосування внутрішньої мови високого рівня.

3.4. Інтенсивні та екстенсивні структури ЕОМ (модель фон-Неймана-Лебедева, ЕОМ з зосередженими та розосередженими апаратними засобами, ЕОМ з програмованою структурою, архітектура «процесор в пам'яті»).

3.5. Формування, вилучення, представлення та опрацювання знань в комп'ютерних системах. Основні визначення способів керування знаннями. ЕОМ для роботи з алгебрами складних структур даних, лексикографічні системи, текст-процесінг.

3.6. Нейронні мережі. Архітектурні особливості та функціональні можливості.

### **4. Обчислювальні системи**

4.1. Різновиди обчислювальних систем та обчислювальних комплексів. Класифікації Фліна, Ерлангера, Шора та ін.

4.2. Багатомашинні та багатопроцесорні системи. Особливості побудови та використання.

4.3. Проблемно-орієнтовані системи: знання-орієнтовні, матричні, асоціативні та інші системи.

4.4. Географічно розподілені системи: призначення та принципи організації. Метакомп'ютери та GRID-системи, архітектурно-структурна організація та особливості застосування.

4.5. Системи з реконфігурованою структурою. Принципи організації, особливості проектування та застосування.

### **5. Обчислювальні мережі**

5.1. Концепція відкритої системи. Приклади відкритих систем. Еталонна модель взаємодії відкритих систем OSI. Основні функції кожного рівня моделі OSI. Семирівнева архітектура. Функції рівнів та їх взаємодія. Послуги, протоколи, інтерфейси.

5.2. Фізичні середовища передавання даних та їх порівняльні характеристики. Теорема Шеннона про взаємозв'язок смуги пропускання та пропускної спроможності каналу.

5.3. Технології комутації каналів, повідомлень та пакетів. Логічна та фізична структури мереж.

5.4. Мережі даних, що передаються (МПД). Архітектура МПД типів X.25, ISDN, Frame Relay, ATM та ін. Міжнародні стандарти на МПД.

5.5. Локальні мережі: топологія, архітектура та структурна організація. Методи доступу в мережах типу Ethernet, Token Ring, FDDI, ATM. Формати пакетів. Порівняння характеристик локальних мереж.

5.6. Корпоративні мережі. Функції, алгоритми та особливості концентраторів, мостів, комутаторів та маршрутизаторів. Типи маршрутизаторів та протоколи маршрутизації. Засоби захисту мережевого периметра.

5.7. Internet: архітектура та структурна організація. Стек протоколів TCP/IP. Формати пакетів, адресація та маршрутизація в IP-мережах. Технологія WWW, та її складові. Мова розмітки гіпертексту HTML. Зв'язок HTML з іншими мовами та технологіями програмування (SGML, XML). CGI-інтерфейс.

## **6. Теоретичні основи побудови компонентів**

6.1. Основи теорії моделювання. Поняття моделі, основні властивості моделей, класифікація моделей. Мови моделювання. Методи обробки результатів моделювання.

6.2. Елементи теорії лінійних електричних кіл. Основні закони і теореми. Методи аналізу лінійних електричних кіл: контурних струмів, вузлових потенціалів, матричний аналіз. Аналіз нелінійних електричних кіл.

6.3. Передавальні, перехідні та амплітудно-частотні характеристики. Аналіз швидкодії компонентів у часовій та у частотній областях. Методи аналізу стійкості.

6.4. Основні поняття експериментальних досліджень, спостереження, лічба, вимірювання, контроль, діагностика.

6.5. Фізичні величини та сигнали, їх математичний опис. Систематизація фізичних величин. Класифікація вимірювань: прямі, непрямі, опосередковані, сукупні і сумісні.

## **7. Компоненти ЕОМ, систем та мереж**

7.1. Цифрові компоненти

7.1.1. Типи вузлів та блоків сучасних ЕОМ, їх характеристики. Процесори ЕОМ, засоби пам'яті та керування обчислювальними процесами, пристрої вводу -виводу інформації.

7.1.2. Великі інтегральні схеми (ВІС). Типи та комплекти ВІС. Їх характеристики та технології виготовлення.

7.1.3. Логічні інтегральні схеми, що програмуються, особливості їх організації та використання.

7.1.4. Мікропроцесори: структура, внутрішні мови, типові операції та процедури. Приклади та характеристики сучасних  $\mu P$ .

7.1.5. Процесори цифрової обробки сигналів. Типи та характеристики.

7.1.6. Інтегральні схеми пам'яті. Види інтегральних запам'ятовуючих пристроїв (ЗП). ІС з довільною та послідовною вибіркою на біполярних та МДП транзисторах. Програмовані та перепрограмовані постійних ЗП. Порівняльна оцінка сучасних статичних та динамічних ЗП. ЗП на приладах із зарядним зв'язком, на циліндричних доменах, голографічні, кріоелектронні ЗП.

7.2. Аналогові та аналого-цифрові, цифроаналогові компоненти

7.2.1. Операційні підсилювачі (ОП). Аналіз схем ОП, їх основні параметри та характеристики. Температурний і часовий дрейфи. Методи компенсації дрейфу. Стійкість схем ОП, їх корекція.

7.2.2. Засоби вимірювальної техніки: міра, вимірювальний перетворювач, масштабний перетворювач, компаратор. Основні параметри і характеристики.

7.2.3. Інструментальні підсилювачі, активні фільтри, перемножувачі і модулятори. Аналогові комутатори та схеми пам'яті. Синтезатори аналогових сигналів.

7.2.4. Давачі та перетворювачі. Тензочутливі елементи, термоелектричні перетворювачі, термопари. Оптиелектронні перетворювачі. Давачі Холла, магніторезистори, напівпровідникові квантові інтерферометри (СКВІД).

7.2.5. Цифроаналогові перетворювачі (ЦАП). Основні вузли, характеристики та параметри. Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП). АЦП прямого та компенсаційного перетворювань. Сигма-дельта АЦП. Основні параметри та характеристики.

7.2.6. Похибки перетворювачів. Причини їх виникнення та їх оцінка. Методи математичного опису чутливості та точності засобів перетворення. Детермінований та імовірнісний методи оцінки похибок. Статичні і динамічні похибки перетворювачів.

## **8. Програмне забезпечення ЕОМ та мереж**

8.1. Асемблери та їх типи. Машинно-залежні та незалежні характеристики асемблерів. Транслятори з мов асемблера.

8.2. Операційні системи (ОС). Основні компоненти та загальні характеристики операційних систем та їх інтерфейсів. Сучасні програмні платформи UNIX, MS WINDOWS, LINUX, їхні особливості. Абстракція процесу та її призначення, стани процесу. Взаємодія процесів, графи розвитку процесів. Функції  $S(a,b)$  та  $P(a,b)$  для опису послідовної та паралельної взаємодії процесів, композиція цих функцій, вірно вкладені графи розвитку процесів. Приклади взаємодії процесів. Поняття критичної секції. Абстракція потоку та її призначення, стани потоку. Застосування потоків у мультизадачних операційних системах та системах реального часу. Методи синхронізації процесів та потоків. Ретроспективний аналіз інтерпретаторів команд shell: *sh, csh, tcsh, Korn shell, bash, POSIX shell*.

8.3. Мережеві ОС: архітектура та функціональні особливості, адміністрування. Безпека інформаційних ресурсів. Технологія архівного резервування. Простори розробки розосереджених прикладних програм Delphi, Informix, Oracle, Power Builder та ін.

8.4. Структури даних. Типові статичні та динамічні структури даних: стек, черга, список, дерево. Обхід двійкових дерев. Доступ до даних. Використання рекурсивних методів в програмуванні.

8.5. Технологія програмування. Поняття технології програмування. Елементи технології програмування та її складові. Основні технології програмування: модульне та структурне програмування, багаторівневий структурний синтез, CASE-технології. Технології створення застосувань у сучасних візуальних середовищах програмування.

8.6. Машинно-орієнтовані, проблемно-орієнтовані та універсальні мови програмування. Абетка, синтаксис та семантика. Способи опису мов програмування. Сучасні мови програмування: ANSI C 99, BORLAND-PASCAL, PERL.

8.7. Парадигма та принципи об'єктно-орієнтованого програмування. Визначення об'єкту та примірника об'єкту. Поля та методи об'єктів. Область дії полів об'єкту та параметр *self, this*. Інкапсуляція даних, спадкування та поліморфізм. Присвоювання об'єктів та передача їх як фактичних параметрів у процедури та

функції. Статичні методи об'єкту та їх властивості. Визначення віртуальних методів та їх властивості. Конструктори та таблиці віртуальних методів. Задання початкових значень об'єктів. Динамічні об'єкти та їх утворення. Звільнення об'єктів. Деструктори. Модулі, що експортують об'єкти. Приватна частина об'єкту. Тенденції розвитку інструментальних візуальних систем об'єктно-орієнтованого програмування. Сучасні мови об'єктно-орієнтованого програмування: C++, Java, C# та їх особливості.

8.8. Компіляція та її фази. Оптимізуючі компілятори.

## **9. Проектування ЕОМ, систем та мереж**

9.1. Системний підхід до проектування ЕОМ. Рівні та етапи проектування.

9.2. Завдання та методи проектування. Системне, функціональне, логічне, технічне та технологічне проектування. Основні задачі проектування апаратури на СБІС.

9.3. Системна інтеграція комп'ютерних засобів як розвиток системного підходу до проектування. Загальне поняття та визначення.

9.4. Основні технології проектування: багатоагентна технологія, Web-технологія та ін. Стратегія вибору сумісних апаратних та програмних засобів. Інтеграція різних апаратних та програмних платформ для побудови обчислювальних систем.

9.5. Моделювання для обґрунтування запропонованих технічних рішень. Мови опису апаратури (VHDL, Verilog та ін.).

9.6. Онтологія як інструмент проектування комп'ютерних систем.

9.7. Проектування функціональних блоків та елементної бази ЕОМ за допомогою САПР. Основні програмні комплекси САПР (Design Lab., OrCAD, PSpice та ін.)

9.8. Особливості проектування реконфігурованих комп'ютерних систем з використанням ПЛІС.

## **10. Надійність ЕОМ, систем та мереж**

10.1. Показники надійності ЕОМ, систем та мереж. Вплив параметрів елементної бази на показники надійності.

10.2. Методи та способи забезпечення високої достовірності обробки інформації.

10.3. Достовірність результатів обробки інформації в ЕОМ та мереж, в залежності від відмов та збоїв апаратури.

10.4. Апаратний автоматичний контроль ЕОМ та мереж для забезпечення достовірності обробки інформації.

10.5. Методи кодування інформації та їх застосування для підвищення надійності обробки інформації.

## **11. Захист інформації в системах та мережах**

11.1. Інформаційна безпека комп'ютерної обробки та зберігання даних. Основні задачі захисту інформації в комп'ютерних системах та мережах. Рівні інформаційної безпеки: захист комп'ютера, мережі та інформації (Compusec, Netsec, Infosec). Визначення безпеки як процесу.

11.2. Організаційні, програмні та апаратні засоби захисту інформації. Засоби обмеження доступу до інформації для захисту комп'ютерних систем та мереж від спроб несанкціонованого доступу.

- 11.3. Алгоритми та програми криптографічного шифрування даних. Спецпроцесори для криптографії. Засоби ідентифікації користувачів.
- 11.4. Комп'ютерні віруси, їх класифікація та розповсюдження, методи виявлення вірусів та засоби захисту від них. Найбільш розповсюджені пакети захисту від вірусів.
- 11.5. Авторське право (зокрема на програмне забезпечення) та засоби його захисту.

## **12. Інформаційно-вимірювальні системи та їх компоненти**

- 12.1. Основні визначення вимірювальної техніки за ГОСТ 16263-70: вимірювання, фізична величина, результат вимірювання, похибка вимірювання та її складові, класифікація методів вимірювання.
- 12.2. Засоби вимірювання та їх характеристики. Первинні вимірювальні перетворювачі (ПВП) та вторинні вимірювальні перетворювачі (ВВП), їх похибки. Мостові схеми ВП.
- 12.3. Цифрові вимірювальні пристрої (ЦВП). Вимірювачі частоти. Інтегруючі ЦВП. ЦВП розгортаючого перетворювання та слідкуючі ЦВП.
- 12.4. Мікропроцесорні засоби та системи автоматичних вимірювань.
- 12.5. Основні метрологічні характеристики ЦВП.

## **СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Tanenbaum A. S., Feamster N., Wetherall D. J. Computer Networks. Harlow : Pearson, 2021. 946 p.
2. Голь В. Д., Ірха М. С. Системи передачі даних : конспект лекцій. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 126 с.
3. Гребенюк А. М., Рибальченко Л. В. Основи управління інформаційною безпекою : навч. посіб. Дніпро : Дніпроп. держ. ун-т внутріш. справ, 2020. 144 с.
4. Жуков І. А., Корочкін О. В. Паралельні та розподілені обчислення : навч. посібник. 2-ге вид. Київ : Корнійчук, 2014. 284 с.
5. Зайцев В. Г., Дробязко І. П. Операційні системи : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 240 с.
6. Інтелектуальні кібернетичні системи: еволюція принципів, теорій та безпекових технологій : монографія / С. І. Доценко та ін. Київ : Юстон, 2023. 312 с.
7. Кіберфізичні системи: багаторівнева організація та проектування : монографія / А. О. Мельник та ін. Львів : Магнолія 2006, 2019. 237 с.
8. Кіберфізичні системи: технології збору даних : монографія / О. Ю. Бочкарьов та ін. Львів : Магнолія 2006, 2019. 176 с.
9. Коваль Ю. В., Ставровський А. Б. Інформаційні мережі : навч. посіб. Київ, КНУ ім. Тараса Шевченка, 2021. 84 с.
10. Колісник Д. Р., Місевич К. С., Коваленко С. В. Системна архітектура IoT-Fog-Cloud для систем аналізу великих даних і кібербезпеки: огляд туманних обчислень, впровадження аудиту інтернету речей. *Сучасний захист інформації*. 2020. № 3. С. 34–38.
11. Комп'ютерні мережі : підруч. / О. Д. Азаров та ін. Вінниця : ВНТУ, 2020. 377 с.



12. Комп'ютерні мережі: контроль та прогнозування перевантажень : навч. посіб. / О. М. Ткаченко та ін. Київ : ДУТ, 2021. 77 с.
13. Комп'ютерні системи : навч. посіб. / К. М. Марченко та ін. Кропивницький : ЦНТУ, 2022. 178 с.
14. Коробейнікова Т. І., Захарченко С. М. Комп'ютерні мережі : навч. посіб. Львів : вид-во Львівської політехніки, 2022. 228 с.
15. Корченко А. О., Гребенюк В. М. Технології виявлення та попередження кібератак : навч. посіб. Київ : НАУ, 2021. 108 с.
16. Коцовський В. М. Теорія паралельних обчислень: навч. посіб. Ужгород : ПП «АУТДОР-Шарк», 2021. 188 с.
17. Кулаков Ю. О., Жуков І. А. Комп'ютерні мережі : навч. посіб. Київ : вид-во НАУ "НАУ-друк", 2009. 390 с.
18. Малашенок Г. І., Сідько А. А. Паралельні обчислення на розподіленій пам'яті: OpenMPI, Java, Math Partner : підруч. Київ : НаУКМА, 2020. 266 с.
19. Мельник А. О. Архітектура комп'ютера : підруч. Луцьк : Волинська обласна друкарня, 2008. 470 с.
20. Мельник А. О., Мельник В. А. Персональні суперкомп'ютери: архітектура, проектування, застосування : монографія. Львів : вид-во Львів. політехніки, 2013. 516 с.
21. Моделювання сучасних комп'ютерних систем: монографія / В. Ф. Гарькава та ін. Варшава : RS Global Sp. z O.O., 2020. 73 с.
22. Новацький А. О. Імпульсна та цифрова електроніка : навч. посіб. Київ : НТУУ «КПІ», 2021. 385с.
23. Палагин А. В., Опанасенко В. Н. Реконфигурируемые вычислительные системы: основы и приложения. Киев : Просвіта, 2006. 280 с.
24. Пасічник В. В., Лупенко С. А., Тиш Є. В. Комп'ютерна логіка : навч. посіб. Київ : Computing, 2021. 354 с.
25. Подчашинський Ю. О., Тарарака В. Д., Чепюк Л. О. Електроніка та мікропроцесорна техніка. Цифрова електроніка : навч. посіб. Житомир : видавець О. О. Євенок, 2020. 235 с.
26. Семеренко, В. П. Технології паралельних обчислень : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2018. 104 с.
27. Схемотехніка електронних систем : підруч. : у 3 кн. / В. І. Бойко та ін. Київ : Вища шк., 2004. Кн. 1 : Аналогова схемотехніка та імпульсні пристрої. 366 с.
28. Схемотехніка електронних систем : підруч. : у 3 кн. / В. І. Бойко та ін. Київ : Вища шк., 2004. Кн. 2 : Цифрова схемотехніка. 423 с.
29. Схемотехніка електронних систем : підруч. : у 3 кн. / В. І. Бойко та ін. Київ : Вища шк., 2004. Кн. 3 : Мікропроцесори та мікроконтролери. 400 с.
30. Тарарака В. Д. Архітектура комп'ютерних систем : навч. посіб. Житомир : ЖДТУ, 2018. 383 с.
31. Теоретичні основи комп'ютерних напівпровідникових електронних компонентів : навч. посіб. / Азаров О. Д. та ін. Вінниця : ВНТУ, 2015. 134с.
32. Технології проектування комп'ютерних систем : навч. посіб. / В. А. Лахно та ін. Київ : НУБіП України, 2019. Ч. 1. 247 с.

33. Технології реалізації штучного інтелекту як сервісу на основі апаратних прискорювачів / А. Є. Перепелицин та ін. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2022. № 6. С. 57–65.

34. Фактори продуктивності застосування моделей штучного інтелекту у хмарі з використанням GPU / В. Г. Тульчинський та ін. *Кібернетика та комп'ютерні технології*. 2020. Вип. 1. С. 74–82.

35. Хмарні технології : навч. посіб. / О. В. Зінченко та ін. Київ : ФОП В. М. Гуляєва, 2020. 74 с.

36. Цифрові технології в інноваційній трансформації економіки України : монографія / І. Ю. Єгоров та ін. Київ : ДУ “Ін-т. екон. та прогноз. НАН України”, 2020. 308 с.