

**Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича**

(повне найменування закладу вищої освіти)

**Навчально-науковий інститут фізико-технічних і комп'ютерних наук**

(назва інституту/факультету)

**Кафедра комп'ютерних систем та мереж**

(назва кафедри)

## **СИЛАБУС**

**навчальної дисципліни**

***OK24 Комп'ютерні системи спеціалізованого призначення***

(вказати назву навчальної дисципліни (іноземною, якщо дисципліна викладається іноземною мовою))

**обов'язкова**

(обов'язкова чи вибіркова)

**Освітньо-професійна програма – *Програмування мобільних і вбудованих***

***комп'ютерних систем та засобів Інтернету речей***

**Спеціальність *123 – Комп'ютерна інженерія***

(шифр і назва спеціальності)

**Галузь знань *12 – Інформаційні технології***

(шифр і назва галузі знань)

**Рівень вищої освіти – *перший (бакалаврський)***

(вказати: перший (бакалаврський)/другий (магістерський)/третій (освітньо-науковий))

***Навчально-науковий інститут фізико-технічних і комп'ютерних наук***

(назва факультету / інституту, на якому здійснюється підготовка фахівців за вказаною освітньо-професійною програмою)

**Мова навчання – *українська***

(мова, на якій читається дисципліна)

**Кількість кредитів: 4**

**Форми навчальної діяльності: лекції, лабораторні роботи, самостійна робота**

**Форма підсумкового контролю: іспит**

**Розробники: Баловсяк Сергій Васильович, доцент кафедри КСМ, доктор техн. наук,**

(вказати авторів (викладач (ів)), їхні посади, наукові ступені, вчені звання)

**Профайл викладача (-ів) <https://csn.chnu.edu.ua>,**

**<https://csn.chnu.edu.ua/employees/balovsyak-sergij-vasylovych>**

**Контактний тел. + (38) 0372 50 94 32 (кафедра КСМ) – Баловсяк С. В.**

**E-mail: [s.balovsyak@chnu.edu.ua](mailto:s.balovsyak@chnu.edu.ua)**

**Сторінка курсу в Moodle <https://moodle.chnu.edu.ua/enrol/instances.php?id=3456>**

**Консультації очні або on-line: згідно з розкладом (1 раз у 2 тижні)**

## 1. Анотація дисципліни

Курс «Комп'ютерні системи спеціалізованого призначення» призначений для розширення компетентностей випускників спеціальності 123 - Комп'ютерна інженерія в галузі прикладного застосування комп'ютерних систем (КС) спеціалізованого призначення у наукових дослідженнях та на виробництві. Введення курсу в навчальний план дозволяє надати студентам додаткові знання та практичні навички, які вони зможуть застосовувати як при подальшому навчанні, так і в майбутній професійній діяльності.

**2. Мета навчальної дисципліни:** формування необхідного рівня теоретичної і практичної підготовки студентів з комп'ютерних систем, що є необхідним при вивченні суміжних дисциплін та у майбутній професійній діяльності. Підготовка студентів передбачає вивчення структури паралельних і розподілених комп'ютерних систем спеціалізованого призначення, зокрема векторних і векторно-конвеєрних, матричних обчислювальних систем, організації пам'яті та введення-виведення в комп'ютерних системах, основ надійності та експлуатації комп'ютерних систем, сучасних обчислювальних систем та їх топологій, зокрема комп'ютерних систем класу MIMD, симетричних мультипроцесорних систем, кластерних обчислювальних систем, мобільних і вбудованих комп'ютерних систем, технологій Інтернету речей.

**Завдання** – на основі отриманих теоретичних знань виробити у студентів уміння користуватися існуючими, а також створювати власні комп'ютерні системи спеціалізованого призначення, зокрема на основі мікрокомп'ютерів; розробляти та аналізувати топології комп'ютерних систем, розробляти програмне забезпечення для КС спеціалізованого призначення.

**3. Пререквізити.** Для коректного розуміння і засвоєння матеріалу даного курсу слухачі повинні попередньо пройти курси: комп'ютерна електроніка, теорія електричних кіл, комп'ютерна логіка, програмування. Доцільно також мати певні уявлення з архітектури комп'ютерів, інженерної графіки, основ конструювання обчислювальної техніки. Результати навчання за цим курсом потрібні при вивченні дисципліни «Автоматизація технологічних процесів і вимірювань», «Системи передачі даних» та виконанні дипломного проекту.

## 4. Результати навчання

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**4.1. Знати:** основні архітектури комп'ютерних систем, зокрема векторних, векторно-конвеєрних і матричних систем, систем класу MIMD, симетричних мультипроцесорних систем, кластерних системи та систем з масовою паралельною обробкою; топології комп'ютерних систем та способи забезпечення їх відмовостійкості; будову мобільних і вбудованих комп'ютерних систем спеціалізованого призначення.

**4.2. Вміти:** аналізувати і проектувати топології комп'ютерних систем, створювати програмне забезпечення для кластерних КС, розробляти програми для виконання паралельних обчислень, зчитування та аналізу сигналів за допомогою мікрокомп'ютерів; реалізовувати системи Інтернету речей з використанням мікрокомп'ютерів.

## 4.3. Набути компетентностей:

### ЗК – загальних

ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК6. Навички міжособистісної взаємодії.

ЗК7. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК8. Здатність працювати в команді.

ФК – фахових (спеціальних)

ФК2. Здатність використовувати сучасні методи і мови програмування для розроблення алгоритмічного та програмного забезпечення.

ФК3. Здатність створювати системне та прикладне програмне забезпечення комп'ютерних систем та мереж.

ФК6. Здатність проектувати, впроваджувати та обслуговувати комп'ютерні системи та мережі різного виду та призначення.

ФК8. Готовність брати участь у роботах з впровадження комп'ютерних систем та мереж, введення їх до експлуатації на об'єктах різного призначення.

ФК14. Здатність проектувати системи та їхні компоненти з урахуванням усіх аспектів їх життєвого циклу та поставленої задачі, включаючи створення, налаштування, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію.

ФК16. Здатність вирішувати спеціалізовані, проблемно-орієнтовані задачі різними апаратно-програмними засобами мобільних, вбудованих і розподілених комп'ютерних засобів і систем для реалізації проектів технологій Інтернету речей та кіберфізичних систем.

ПРН – програмних результатів навчання

ПРН1. Знати і розуміти наукові положення, що лежать в основі функціонування комп'ютерних засобів, систем та мереж.

ПРН3. Знати новітні технології в галузі комп'ютерної інженерії.

ПРН7. Вміти розв'язувати задачі аналізу та синтезу засобів, характерних для спеціальності.

ПРН9. Вміти застосовувати знання технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації програмно-технічних засобів комп'ютерних систем та мереж для вирішення технічних задач спеціальності.

ПРН10. Вміти розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосувань, мобільних і гібридних систем, розраховувати, експлуатувати, типове для спеціальності обладнання.

ПРН12. Вміти ефективно працювати як індивідуально, так і у складі команди.

ПРН13. Вміти ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу комп'ютерних систем та їх компонентів.

ПРН16\*. Вміти якісно і ефективно приймати рішення при застосуванні засобів Інтернету речей та кіберфізичних систем.

**5. Опис навчальної дисципліни****5.1. Загальна інформація**

Назва навчальної дисципліни <u>ОК24 Комп'ютерні системи спеціалізованого призначення</u>												
Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість			Кількість годин					Вид підсумкового контролю	
			кредитів	годин	змістових модулів	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота		індивідуальні завдання
Денна	3	6	4	120	2	30	-	-	30	60	-	Іспит
Заочна												

Примітка. Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної й індивідуальної роботи становить: для денної форми навчання – 1,0 ((30+30)/60).

## 5.2. Дидактична карта навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усь-ого	у тому числі					усь-ого	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Змістовий модуль 1. Паралельні та розподілені комп'ютерні системи</b>												
1. Структури паралельних і розподілених комп'ютерних систем (КС).	8	2		2		4						
2. КС класу SIMD. Векторні, векторно-конвеєрні та матричні КС	8	2		2		4						
3. КС нетрадиційної архітектури	8	2		2		4						
4. Теорія обчислювальних систем	8	2		2		4						
5. Мультикомп'ютерні КС, КС класу MIMD	8	2		2		4						
6. Кластерні обчислювальні системи	8	2		2		4						
7. Системи з масовою паралельною обробкою	8	2		2		4						
Разом за ЗМ 1	56	14		14		28						
<b>Змістовий модуль 2. Топології та програмне забезпечення комп'ютерних систем спеціалізованого призначення</b>												
8. Топології КС	8	2		2		4						
9. Будова та програмне забезпечення мікроконтролерів	8	2		2		4						
10. Будова та програмне забезпечення мікрокомп'ютерів	8	2		2		4						
11. Системи Інтернету речей із використанням мікроконтролерів	8	2		2		4						
12. Системи Інтернету речей із використанням мікрокомп'ютерів	8	2		2		4						
13. Зчитування сигналів із сенсорів та керування виконавчими механізмами у системах Інтернету речей	8	2		2		4						
14. КС для обробки звуку та зображень	8	2		2		4						
15. КС реального часу	8	2		2		4						
Разом за ЗМ 2	64	16		16		32						
<b>Усього годин</b>	120	30		30		60						

### 5.3. Теми лабораторних занять

№	Назва теми	Кількість годин
1.	Векторизація циклів в програмах на мові Python	6
2.	Паралельне програмування мовою з Python використанням модуля Multiprocessing	6
3.	Зчитування та аналіз сигналів з сенсорів за допомогою мікрокомп'ютера Raspberry Pi	<b>6</b>
4.	Зчитування та фільтрація цифрових зображень сенсорів за допомогою мікрокомп'ютера Raspberry Pi	6
5.	Побудова системи Інтернету речей із використанням мікрокомп'ютера Raspberry Pi	6
	Всього	30

**Примітка.** Методичні рекомендації та завдання до лабораторних робіт доступні на інтернет-ресурсах: <https://1drv.ms/u/s!AhOsGh-O8NgYg0BANZ-x7-a4tBta?e=AZGdIc>  
<https://colab.research.google.com>.

**Програмне забезпечення** для виконання лабораторних робіт: хмарна платформа Google Colab, мова програмування Python, веб-оболонка Jupyter Notebook.

### 5.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Історія розвитку Інтернету речей.	4
2	Внесок українських вчених розвиток Інтернету речей.	4
3	Застосування комп'ютерних систем нетрадиційної архітектури в Інтернеті речей.	4
4	Архітектури симетричних мультипроцесорних систем SMP.	4
5	Застосування асоціативних комп'ютерних систем в Інтернеті речей.	4
6	Системні комп'ютерні системи.	4
7	Обчислювальні системи з командними словами надвеликої довжини.	4
8	Обчислювальні системи з неоднорідним доступом до пам'яті	4
9	Особливості комп'ютерних мереж мобільних пристроїв.	4
10	Функції маршрутизації даних в динамічних топологіях	4
11	Відмовостійкі паралельні та розподілені КС	4
12	Організація обчислень в КС, механізми взаємодії процесів	4
13	Паралельні алгоритми	4
14	Організація пам'яті і введення-виведення. Надійність та експлуатація КС	4
15	Мехатронні пристрої в системах Інтернету речей	4
	Всього	60

## **6. Форми і методи навчання**

**Форми навчання** – це проблемні й оглядові лекції, лабораторні заняття, заняття із застосуванням комп'ютерної та телекомунікаційної техніки, інтерактивні заняття з навчанням одних студентів іншими, інтегровані заняття, проблемні заняття, відеолекції, відеозаняття і відеоконференції засобами Google Meet, Zoom, заняття з використанням системи електронного навчання Moodle.

**Підходи до навчання:** використовуються студентоцентрований, проблемно-орієнтований, діяльнісний, комунікативний, професійно-орієнтований, міждисциплінарний підходи.

Для викладання матеріалів з навчальної дисципліни «Комп'ютерні системи спеціалізованого призначення» використовуються наступні методи навчання.

### **6.1. Словесні методи навчання. Навчальна лекція**

За допомогою даного методу забезпечується усне викладення матеріалу великими ємністю й складністю логічних побудов, доказів і узагальнень. В ході лекції використовуються прийоми усного викладення інформації, підтримання уваги протягом тривалого часу, активізації мислення студентів, прийоми забезпечення логічного запам'ятовування, переконання, аргументації, доказів, класифікації, систематизації і узагальнення. В залежності від специфіки лекційного матеріалу іноді використовується лекція-діалог.

### **6.2. Індуктивний метод навчання**

Даний метод навчання використовується в рамках лекційних занять, коли матеріал носить, здебільшого, фактичний характер. В рамках лабораторних занять метод застосовується при виконанні технічних задач, коли студенти використовують раніше здобуті теоретичні знання при роботі з конкретними пристроями (комп'ютерами) та програмними продуктами.

### **6.3. Репродуктивний метод навчання**

Даний метод навчання використовується в рамках лекційних і лабораторних занять, а також під час самостійної роботи студентів. Метод передбачає роботу студентів за визначеним алгоритмом. Згідно з методом для виконання завдань студентам надаються методичні вказівки, правила і навчальні приклади.

### **6.4. Проблемно-пошукові методи навчання**

Проблемно-пошукові методи застосовуються в ході проблемного навчання, а саме в процесі виконання лабораторних робіт та індивідуальних науково-дослідних завдань, де під проблемною ситуацією треба вважати невідповідність між тим, що вивчається і вже вивченим. При використанні проблемно-пошукових методів навчання викладач використовує такі прийоми: створює проблемну ситуацію (ставить питання, пропонує задачу, експериментальне завдання), організує колективне обговорення можливих підходів до рішення проблемної ситуації, стимулює висування гіпотез, тощо. Студенти роблять припущення про шляхи вирішення проблемної ситуації, узагальнюють раніше набуті знання, виявляють причини явищ, пояснюють їхнє походження, вибирають найбільш раціональний варіант вирішення проблемної ситуації. Викладач обов'язково керує цим процесом на всіх етапах, а також за допомогою запитань-підказок. Також даний метод використовується при опрацюванні матеріалів в системі дистанційної освіти «Moodle».

### 6.5. Наочний метод навчання

Наочний метод достатньо важливий для студентів, оскільки забезпечує візуальне подання навчального матеріалу, зокрема, з використанням інформаційно-комунікаційних технологій. При викладанні дисципліни наочний метод навчання поєднується зі словесними методами для представлення інформації у вигляді таблиць, рисунків, схем та діаграм.

### 7. Система контролю та оцінювання

Засобами оцінювання та демонстрування результатів навчання є

- контрольні роботи;
- стандартизовані тести;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- завдання на лабораторному обладнанні.

Формами поточного контролю рівня знань є усна та письмова відповідь студента при захисті виконаних лабораторних робіт, кількість отриманих балів при виконанні тестового завдання, а також письмова відповідь при написанні модульних контрольних робіт. Формами підсумкового контролю рівня знань є усна та письмова відповідь студента при здачі іспиту.

#### 7.1. Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Критерієм успішного проходження здобувачем освіти підсумкового оцінювання є досягнення ним мінімальних порогових рівнів оцінок за кожним запланованим результатом навчання навчальної дисципліни.

У залежності від характеру відповіді студента кількість балів за кожний вид діяльності може бути визначена за наступними критеріями:

К-ть балів	Критерії оцінки
Мах	Студент дає вичерпну відповідь на поставлене запитання
$0,8 \cdot \text{Мах}$	Студент при відповіді на поставлене запитання припустився незначних неточностей, які не впливають на суть відповіді
$0,6 \cdot \text{Мах}$	Студент при відповіді на поставлене запитання припустився помилок, які виправляє за допомогою викладача; в середньому може дати правильні відповіді на 50% питань теми
$0,4 \cdot \text{Мах}$	Студент при відповіді на поставлене запитання припустився суттєвих помилок, які все ж таки виправляє за допомогою викладача; дає правильні відповіді на 30% питань теми
$0,2 \cdot \text{Мах}$	Студент за допомогою викладача фрагментарно відповідає на запитання, проте не в повній мірі володіє мінімальним рівнем знань з даного питання
0	Характер відповідей дає підставу стверджувати, що студент неправильно зрозумів суть питання чи не знав правильної відповіді, а тому відповідав, припускаючись грубих помилок.

Примітка: за Мах прийнято максимальну оцінку для даного виду діяльності; заокруглення проводиться до одиниць балу.

**Шкала та критерії оцінювання: національна та ЄКТС (Європейська кредитна трансферно-накопичувальна система, ECTS)**

Оцінка за шкалою ЄКТС	Пояснення	Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за національною шкалою
<b>A</b>	відмінно	<b>90 – 100</b>	<b>відмінно</b>
<b>B</b>	дуже добре	<b>80-89</b>	<b>добре</b>
<b>C</b>	добре	<b>70-79</b>	
<b>D</b>	задовільно	<b>60-69</b>	<b>задовільно</b>
<b>E</b>	достатньо	<b>50-59</b>	
<b>FX</b>	(незадовільно) з можливістю повторного складання	<b>35-49</b>	<b>незадовільно</b>
<b>F</b>	(незадовільно) з обов'язковим повторним курсом	<b>1-34</b>	

**Розподіл балів, які отримують студенти**

Поточне оцінювання (аудиторна та самостійна робота)																	Підсумковий контроль (іспит)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1								Змістовний модуль 2										
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	M1	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	M2		
3	3	3	3	3	2	1	7	3	3	3	3	3	3	3	4	10	40	100

T1, T2 ... T15 – теми змістових модулів; M1, M2 – модульні контрольні роботи

**7.2. Перелік тем і розподіл максимально можливої кількості балів, які отримують студенти за виконання всіх видів навчальної діяльності**

**Змістовий модуль 1.** Паралельні та розподілені комп'ютерні системи

- T1. Структури паралельних і розподілених комп'ютерних систем (КС) (тест № 1 – 3 бали).
- T2. КС класу SIMD. Векторні, векторно-конвеєрні та матричні КС (ЛР № 1 – 3 бали).
- T3. КС нетрадиційної архітектури (лабораторна робота № 1 – 3 бали).
- T4. Теорія обчислювальних систем (лабораторна робота № 2 – 3 бали).
- T5. Мультикомп'ютерні КС, КС класу MIMD (лабораторна робота № 2 – 3 бали)
- T6. Кластерні обчислювальні системи (тест № 2 – 2 бали)
- T7. Системи з масовою паралельною обробкою (тест № 2 – 1 бал)
- M1. Модульна контрольна робота №1 – 7 балів.

**Змістовий модуль 2.** Топології та програмне забезпечення комп'ютерних систем

- T8. Топології КС (тест №3 – 3 бали).
- T9. Будова та програмне забезпечення мікроконтролерів (лабораторна робота № 3 – 3 бали).
- T10. Будова та програмне забезпечення мікрокомп'ютерів (лабораторна робота № 3 – 3 бали).
- T11. Системи Інтернету речей із використанням мікроконтролерів (лабораторна робота № 4 – 3 бали).
- T12. Системи Інтернету речей із використанням мікрокомп'ютерів (лабораторна робота № 4 – 3 бали)
- T13. Зчитування сигналів із сенсорів та керування виконавчими механізмами у системах Інтернету речей (ЛР № 5 – 3 бали)
- T14. КС для обробки звуку та зображень (лабораторна робота № 5 – 3 бали)
- T15. КС реального часу (тест №4 – 4 бали)
- M2. Модульна контрольна робота №2 – 10 балів.



### 7.3. Умови зарахування результатів неформальної освіти

Студент, згідно Положення ЧНУ «Про неформальну освіту» може отримати додаткові бали, або бути звільненим від окремих видів роботи з окремих тем, якщо у нього наявні сертифікати про неформальну освіту з проблем, які вивчаються на дисципліні «Комп'ютерні системи спеціалізованого призначення».

Також, як виконані види роботи з відповідних тем зараховуються студенту бали за наукові публікації у матеріалах науково-практичних конференцій та фахових чи апробаційних виданнях.

### 7.4. Політика курсу

Самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей).

Академічна доброчесність: посилання на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей; надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використанні методики досліджень і джерела інформації.

Відвідування занять є обов'язковим. Засвоєння пропущеної теми лекції з поважної причини перевіряється під час складання підсумкового контролю. Пропуск лекції з неповажної причини відпрацьовується студентом (співбесіда, реферат тощо). Пропущені лабораторні заняття, незалежно від причини пропуску, студент відпрацьовує згідно з графіком консультацій.

## 8. Рекомендована література

### Фахова (основна)

1. Конспект лекцій з навчальної дисципліни "Комп'ютерні системи" / уклад.: С.В. Баловсяк, Х.С. Одайська. Чернівці: ЧНУ, 2022. 100 с.
2. Комп'ютерні системи: методичні вказівки до лабораторних робіт / уклад.: С.В. Баловсяк, Х.С. Одайська. Чернівці: ЧНУ, 2022. 96 с.
3. Азаров О.Д., Захарченко С.М., Кадук О.В., Орлова М.М., Тарасенко В.П. Комп'ютерні мережі: підручник. Вінниця: ВНТУ. 2020. 378 с.
4. Бойко Ю. В., Левченко Р.І., Мар'яновський В.А., Погорілий С.Д. Методи кластерних обчислень. Київ : Київ. ун-т, 2013. 415 с.
5. Злобін Г.Г., Рикалюк Р. Є. Архітектура та апаратне забезпечення ПЕОМ : навч. посіб. для студентів ВНЗ; М-во освіти і науки України, Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка. 3-тє вид. Київ : Каравела, 2016. 223 с.
6. Жураковський Б.Ю., Зенів І.О. Комп'ютерні мережі. Ч.1. Навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 328 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/36615>.
7. Жураковський Б.Ю., Зенів І.О. Технології інтернету речей. Навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 271 с. URL: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42078/1/Zhurakovskiy\\_B\\_Zeniv\\_Tehnologii\\_internet\\_rechey.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42078/1/Zhurakovskiy_B_Zeniv_Tehnologii_internet_rechey.pdf).
8. Лазарович І. М. Конспект лекцій з дисципліни "Комп'ютерні системи" для студентів напряму підготовки "Комп'ютерна інженерія". Івано-Франківськ: Видавництво Прикарпатського нац. ун-ту імені Василя Стефаника, 2014. 190 с.
9. Мельник А.О. Архітектура комп'ютера. Наукове видання. Луцьк: Волинська обласна друкарня, 2008. 470 с.
10. Зайцев В.Г., Цибаєв Є.І. Комп'ютерні системи реального часу: навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 162 с.

### Допоміжна

11. Balovsyak S.V., Odaiska Kh.S. Hardware and Software Complex for Automatic Level Estimation and Removal of Gaussian Noise in Images // Advances in Computer Science for Engineering and Education. ICCSEEA 2018. Verlag: Springer International Publishing, January

2019. Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC), Hu Z., Petoukhov S., Dychka I., He M. (Eds.). Vol. 754. P.144-154. URL: DOI 10.1007/978-3-319-91008-6\_15.
12. Balovsyak S., Voropaieva S., Horditsa V., Odaiska Kh., Tanasyuk Yu. Software and hardware for determining gaussian noise level in images // Computer Systems and Information Technologies. 2022. No. 1. P. 45-53. URL: <http://csitjournal.khmnu.edu.ua/index.php/csit/article/view/119/73>.
  13. Elahi A. Computer Systems. Digital Design, Fundamentals of Computer Architecture and Assembly Language. Springer International Publishing, 2018. 269 p.
  14. Internet of Things for Industry and Human Application. In Volumes 1-3. Volume 1. Fundamentals and Technologies / V. S. Kharchenko (ed.). Ministry of Education and Science of Ukraine, National Aerospace University KhAI, 2019. 605 p.
  15. Кутковецький В.Я. Розпізнавання образів: Навчальний посібник. Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. П.Могили, 2017. 420 с.
  16. Лазарев Ю. Ф. Довідник з MATLAB. Електронний навчальний посібник з курсового і дипломного проектування. К. : НТУУ "КПІ", 2013. 132 с.
  17. Тарнавський Ю. А., Кузьменко І. М. Організація комп'ютерних мереж: підручник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 259 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/25156>.
  18. Яковенко А. В. Основи програмування. Python. Частина 1: підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 195 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/25111>.

### **9. Інформаційні ресурси**

1. <https://csn.chnu.edu.ua/about-us/ok-rivni/>
2. <https://csn.chnu.edu.ua/spetsialnist-123-komp-yuterna-inzheneriya-opp-programuvannya-mobilnyh-i-vbudovanyh-komp-yuternyh-system-ta-zasobiv-internetu-rechej-bakalavrat-4-r/>
3. <https://1drv.ms/u/s!AhOsGh-O8NgYg0BANZ-x7-a4tBta?e=AZGdIc>
4. <https://colab.research.google.com>
5. [www.scipy-lectures.org](http://www.scipy-lectures.org)
6. Raspberry Pi 3 Model B+. URL: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>
7. Thonny. Python IDE. URL: <https://thonny.org>