



**Міжнародний гуманітарний університет
Факультет кібербезпеки, програмної інженерії
та комп'ютерних наук
Кафедра комп'ютерних наук**

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Безпроводові мережі IoT

Галузь знань
Спеціальність
Назва освітньої програми
Рівень вищої освіти

17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»
172 «Електронні комунікації та радіотехніка»
Комп'ютерні мережі та Інтернет
перший (бакалаврський) рівень

Розробники і викладачі	Контактний тел.	E-mail
Доцент кафедри комп'ютерних наук, кандидат технічних наук, доцент Соловська Ірина Миколаївна	050-598-05-58	i.solovskaya@mgu.edu.ua

1. АНОТАЦІЯ ДО КУРСУ

Дисципліна «Безпроводові мережі IoT» охоплює основи побудови, функціонування та застосування безпроводових сенсорних мереж, які є ключовим елементом сучасних систем Інтернету речей (IoT). В ході навчання здобувачі ознайомлюються з архітектурою безпроводових мереж IoT, стандартами та протоколами передачі даних (Wi-Fi, ZigBee, LoRa, Bluetooth та інш.), методами впровадження та адміністрування, а також з питаннями безпеки та оптимізації мереж.

МЕТА ДИСЦИПЛІНИ. Метою навчальної дисципліни є формування у здобувачів визначених компетентностей та підготовка фахівців, здатних вирішувати складні задачі і практичні проблеми у безпроводових мережах IoT та здійснювати професійну діяльність з проектування, реалізації, вибору технологій та адміністрування мереж Інтернету Речей.

ПРЕРЕКВІЗИТИ. Передумовами для вивчення дисципліни є знання і вміння, отримані студентом при вивченні навчальних дисциплін бакалаврської підготовки. Знання і вміння, отримані студентом при вивченні даної навчальної дисципліни, можуть бути використані при попередньому та паралельному вивченні таких дисциплін: «Теорія інформації та кодування», «Електродинаміка, антени та пристрої мікрохвильового тракту», Цифрова обробка сигналів та зображень», «Системи мобільного зв'язку», «Системи комутації та розподілу інформації».

ПОСТРЕКВІЗИТИ. Знання, уміння та навички, набуті під час вивчення дисципліни, використовуються при подальшому вивченні дисциплін бакалаврської підготовки, практики та написанні кваліфікаційної роботи.

2. ОЧІКУВАНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ, ЯКІ ПЛАНУЄТЬСЯ СФОРМУВАТИ ТА ДОСЯГНЕННЯ ПРОГРАМНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

У процесі реалізації програми дисципліни «Безпроводові мережі IoT» формуються наступні компетентності із передбачених освітньою програмою:

Інтегральна компетентність

Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі телекомунікацій та радіотехніки, що характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності

ЗК-2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК-8. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

Фахові компетентності

ПК-3. Здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації.

ПК-8. Готовність сприяти впровадженню перспективних технологій і стандартів.

ПК-12. Здатність проводити роботи з керування потоками навантаження інформаційно-телекомунікаційних мереж.

ПК-15. Здатність проводити розрахунки у процесі проектування споруд і засобів інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних, так і самостійно створених методів, прийомів і програмних засобів автоматизації проектування.

Навчальна дисципліна «Безпроводові мережі IoT» забезпечує досягнення програмних результатів навчання (РН), передбачених освітньою програмою:

ПРН 3. Вміння застосовувати знання в галузі інформатики й сучасних інформаційних технологій, обчислювальної і мікропроцесорної техніки та програмування, програмних засобів для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у телекомунікаційних системах та мережах.

ПРН 5. Вміння проводити розрахунки елементів телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних та телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення, згідно технічного завдання у відповідності до міжнародних стандартів, з використанням засобів автоматизації проектування, в т.ч. створених самостійно.

ПРН 7. Здатність брати участь у проектуванні нових (модернізації існуючих) телекомунікаційних систем, телекомунікаційних мереж, систем телевізійного та радіомовлення тощо.

ПРН 8. Вміння застосовувати сучасні досягнення у галузі професійної діяльності з метою побудови перспективних телекомунікаційних систем, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного і радіомовлення тощо.

3. ОБСЯГ ТА ОЗНАКИ КУРСУ

Загалом		Вид заняття (денне відділення / заочне відділення)			Ознаки курсу		
ЄКТС	годин	Лекційні заняття	Практичні заняття	Самостійна робота	Курс, (рік навчання)	Семестр	Обов'язкова / вибіркова
6	180	40/12	40/12	100/156	4	8	Обов'язкова

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин							
	денна форма				заочна форма			
	усього	у тому числі лекц.	у тому числі практ.	у тому числі сам. роб.	усього	у тому числі лекц.	у тому числі практ.	у тому числі сам. роб.
Тема 1. Інтернет речей (IoT). Основні терміни і поняття. Загальні принцип побудови та архітектура IoT. Еталонна модель IoT. Класифікація систем IoT. Технології та протоколи передачі даних у IoT. Апаратні платформи для IoT. Хмарні та Edge засоби у IoT.	44	10	8	26	44	2	2	40
Тема 2. Безпроводові мережі IoT. Сенсорні мережі Інтернету речей (IoT). Основні визначення безпроводової сенсорної мережі IoT, особливості, обмеження. Технології передачі даних IoT. Хмарні технології. Взаємодія та передавання даних на всіх рівнях мережної ієрархії, включно з транспортними мережами, мережами доступу. Управління, сигналізація та синхронізація в безпроводових мережах IoT.	42	10	8	24	42	2	2	38
Тема 3. Архітектура та протоколи взаємодії безпроводових мереж IoT. Архітектура та протоколи безпроводових мереж Wi-Fi (IEEE 802.11ac/an, ZigBee (IEEE 802.15.4), LoRaWAN, Bluetooth (IEEE 802.15.1)/BLE, NB-IoT/LTE. Протоколи рівня PHY та MAC (IEEE 802.15.4, ZigBee, Bluetooth Low Energy (BLE)). Технології передачі на великі відстані (LoRaWAN, NB-IoT, Sigfox). Протоколи мережного рівня (6LoWPAN, RPL (Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks)). Порівняння протоколів за критеріями енергоспоживання, швидкості, відстані передачі.	46	10	12	24	46	4	4	38
Тема 4. Проектування, адміністрування та безпека безпроводових мереж IoT. Проектування та розрахунок параметрів безпроводових мереж IoT (розрахунок	48	10	12	26	48	4	4	40

радіопоширення сигналу, аналіз перешкод, розрахунок дальності; вибір технології Smart Home, Smart City, agro-IoT, промислові IoT-рішення; протоколи передачі даних MQTT, CoAP, HTTP/HTTPS, WebSocket). Керування потоками навантаження в мережі IoT, Backoff-алгоритми, підтримка характеристик якості QoS. Адміністрування та конфігурація IoT-пристроїв (ESP32, Arduino, Raspberry Pi). Забезпечення безпеки безпроводових мережі IoT. Використання платформ інтеграції на прикладі AWS IoT, ThingSpeak, Google Cloud IoT.								
Усього годин	180	40	40	100	180	12	12	156
ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ - ЕКЗАМЕН								

5. ТЕХНІЧНЕ Й ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ / ОБЛАДНАННЯ

Здобувачі отримують теми та питання курсу, основну і додаткову літературу, рекомендації, завдання та оцінки за їх виконання як традиційним шляхом, так і з використанням університетської платформи онлайн навчання на базі Moodle та на базі Google Клас. Окрім того, практичні навички у пошуку та аналізу інформації за курсом, з оформлення індивідуальних завдань, тощо, студенти отримують, користуючись університетськими комп'ютерними класами та бібліотекою.

6. САМОСТІЙНА РОБОТА

До самостійної роботи студентів щодо вивчення дисципліни «Безпроводові мережі IoT» включаються:

1. Знайомство з науковою та навчальною літературою відповідно зазначених у програмі тем.
2. Опрацювання лекційного матеріалу.
3. Підготовка до практичних занять.
4. Консультації з викладачем протягом семестру.
5. Самостійне опрацювання окремих питань навчальної дисципліни.
6. Підготовка та виконання індивідуальних завдань, рефератів тощо.
7. Підготовка до підсумкового контролю.

Тематика та питання до самостійної підготовки та індивідуальних завдань

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1.	Тема 1. Інтернет речей (IoT). Основні терміни і поняття. Загальні принцип побудови та архітектура IoT. Еталонна модель IoT. Класифікація систем IoT. Технології та протоколи передачі даних у IoT. Апаратні платформи для IoT. Хмарні та Edge засоби у IoT.	26	40

2.	Тема 2. Безпроводові мережі IoT. Сенсорні мережі Інтернету речей (IoT). Основні визначення безпроводової сенсорної мережі IoT, особливості, обмеження. Технології передачі даних IoT. Хмарні технології. Взаємодія та передавання даних на всіх рівнях мережної ієрархії, включно з транспортними мережами, мережами доступу. Управління, сигналізація та синхронізація в безпроводових мережах IoT.	24	38
3.	Тема 3. Архітектура та протоколи взаємодії безпроводових мереж IoT. Архітектура та протоколи безпроводових мереж Wi-Fi (IEEE 802.11ac/an, ZigBee (IEEE 802.15.4), LoRaWAN, Bluetooth (IEEE 802.15.1)/BLE, NB-IoT/LTE. Протоколи рівня PHY та MAC (IEEE 802.15.4, ZigBee, Bluetooth Low Energy (BLE)). Технології передачі на великі відстані (LoRaWAN, NB-IoT, Sigfox). Протоколи мережного рівня (6LoWPAN, RPL (Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks)). Порівняння протоколів за критеріями енергоспоживання, швидкості, відстані передачі.	24	38
4.	Тема 4. Проєктування, адміністрування та безпека безпроводових мереж IoT. Проєктування та розрахунок параметрів безпроводових мереж IoT (розрахунок радіопоширення сигналу, аналіз перешкод, розрахунок дальності; вибір технології Smart Home, Smart City, агро-IoT, промислові IoT-рішення; протоколи передачі даних MQTT, CoAP, HTTP/HTTPS, WebSocket). Керування потоками навантаження в мережі IoT, Backoff-алгоритми, підтримка характеристик якості QoS. Адміністрування та конфігурація IoT-пристроїв (ESP32, Arduino, Raspberry Pi). Забезпечення безпеки безпроводових мережі IoT. Використання платформ інтеграції на прикладі AWS IoT, ThingSpeak, Google Cloud IoT.	26	40
Всього		100	156

7. ВИДИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Робоча програма навчальної дисципліни передбачає наступні види та методи контролю:

Види контролю	Складові оцінювання
поточний контроль , який здійснюється у ході: проведення практичних занять, виконання індивідуального завдання; проведення консультацій та відпрацювань.	50%
підсумковий контроль , який здійснюється у ході проведення екзамену.	50%

Методи діагностики знань (контролю)	фронтальне опитування; наукова доповідь, реферат, усне повідомлення, індивідуальне опитування, практичних завдань, екзамен.
--	---

8. ОЦІНЮВАННЯ ПОТОЧНОЇ, САМОСТІЙНОЇ ТА ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ З ПІДСУМКОВИМ КОНТРОЛЕМ У ФОРМІ ЕКЗАМЕНУ

<i>Поточний контроль</i>			
Види роботи	Планові терміни виконання	Форми контролю та звітності	Максимальний відсоток оцінювання
Систематичність і активність роботи на практичних заняттях			
1.1. Підготовка до практичних занять	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Перевірка обсягу та якості засвоєного матеріалу під час практичних занять	30
Виконання завдань для самостійного опрацювання			
1.2. Підготовка програмного матеріалу (тем, питань), що виноситься на самостійне вивчення	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Розгляд відповідного матеріалу під час аудиторних занять або ІКР ¹ , перевірка конспектів навчальних текстів тощо	10
Виконання індивідуальних завдань, дослідна робота здобувача			
1.3. Інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовка наукових публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо.	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Обговорення результатів проведеної роботи під час аудиторних занять, наукових конференцій та круглих столів.	10
Разом балів за поточний контроль			50
<i>Підсумковий контроль</i> екзамен			50
Всього балів			100

Поточний контроль знань здобувачів при підсумковому контролі у формі екзамену (максимум 50 балів) оцінюється за шкалою («2», «3», «4», «5»), з обов'язковим переведенням балів за кожний вид роботи таким чином:

- за підготовку до аудиторних занять (максимум 30 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості практичних (лабораторних) занять, для переведу балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 6;

- за виконання завдань для самостійного опрацювання (тестування, завдання, підготовка реферату за заданою тематикою) (максимум 10 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості програмного матеріалу, що виноситься на самостійне вивчення, для переведу зазначених балів середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 2;

¹ Індивідуально-консультативна робота викладача зі студентами

– за інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовку наукових публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо (максимум 10 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості інших видів індивідуальних завдань, для переводу балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 2.

Критерії оцінювання поточного контролю

– «2» – виставляється за неправильну відповідь (письмову роботу), яка не відповідає змісту теми та свідчить про незрозуміння її основних положень;

– «3» – виставляється за відповідь (письмову роботу), яка відповідає змісту теми, але є неповною і неточною у визначенні понять, свідчить про неповне розуміння основних положень навчального матеріалу, свідчить про те, що знання здобувача мають фрагментарний, поверховий характер;

– «4» – оцінюється правильна і обґрунтована відповідь (письмова робота), з якої видно, що здобувач знає й розуміє теоретичний матеріал в обсязі навчальної теми, володіє необхідними навичками, не допускає суттєвих помилок.

– «5» – оцінюється повна, правильна, ґрунтовна відповідь (письмова робота) на запитання теми, що передбачає логічність і послідовність викладу матеріалу, володіння термінологією, показує вміння повно й глибоко використовувати теоретичні знання в практичній площині.

Критерії оцінювання підсумкового контролю у формі екзамену

Максимальна оцінка підсумкового контролю у формі екзамену не може перевищувати 50 балів. При цьому рівень знань оцінюється:

– **від 40 до 50 балів** – здобувач виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно знаходити та опрацьовувати необхідну інформацію, демонструє знання матеріалу, проводить узагальнення і висновки;

– **від 30 до 40 балів** – здобувач володіє знаннями матеріалу, але допускає незначні помилки у формуванні термінів, категорій, проте за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді;

– **від 20 до 30 балів** – здобувач відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, але дає недостатньо обґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки.

– **від 10 до 20 балів** – здобувач володіє навчальним матеріалом на середньому рівні, допускає помилки, серед яких є значна кількість суттєвих;

– **від 0 до 10 балів** – здобувач володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні, на всі запитання дає необґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки.

9. ОЦІНЮВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ

Загальні результати знань здобувачів по даній дисципліні оцінюються наступним чином:

– **«Відмінно»/«зараховано» (A)** – від 90 до 100 балів. Здобувач виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно знаходити та опрацьовувати необхідну інформацію, демонструє знання матеріалу, проводить узагальнення і висновки. Був присутній на лекціях та семінарських заняттях, під час яких давав вичерпні, обґрунтовані, теоретично і практично правильні відповіді, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, презентував реферат за заданою тематикою, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;

– **«Добре»/«зараховано» (B)** – від 82 до 89 балів. Здобувач володіє знаннями матеріалу, але допускає незначні помилки у формуванні термінів, категорій, проте за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді. Був присутній на лекціях та семінарських заняттях, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, презентував реферат за заданою тематикою, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;

– **«Добре»/«зараховано» (C)** – від 74 до 81 балів. Здобувач відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, але дає недостатньо обґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки. При цьому враховується наявність конспекту з виконаними завданнями до самостійної роботи, реферату та активність у науково-дослідній роботі;

– **«Задовільно»/«зараховано» (D)** – від 64 до 73 балів. Здобувач був присутній не на всіх лекціях та семінарських заняттях, володіє навчальним матеріалом на середньому рівні, допускає помилки, серед яких є значна кількість суттєвих. При цьому враховується наявність конспекту з виконаними завданнями до самостійної роботи та рефератів;

– **«Задовільно»/«зараховано» (E)** – від 60 до 63 балів. Здобувач був присутній не на всіх лекціях та семінарських заняттях, володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні, на всі запитання дає необґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки, має неповний конспект з завданнями до самостійної роботи.

– **«Незадовільно з можливістю повторного складання»/«не зараховано» (Fx)** – від 35 до 59 балів. Здобувач володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу.

- **«Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни»/«не зараховано» (F)** – від 1 до 34 балів. Здобувач не володіє навчальним матеріалом.

Таблиця відповідності результатів контролю знань за різними шкалами

100-бальною шкалою	Шкала за ECTS	За національною шкалою	
		екзамен	залік
90-100	A	Відмінно	зараховано
82-89	B	Добре	
74-81	C	Задовільно	
64-73	D		
60-63	E	незадовільно	не зараховано
35-59	Fx		
1-34	F		

10. ДОТРИМАННЯ ВИМОГ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ

Викладання та засвоєння навчальної дисципліни передбачає неухильне дотримання вимог академічної доброчесності, яка регулюється Законом України “Про освіту” (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 37-38, ст.2004), «Методичними рекомендаціями для закладів вищої освіти з підтримки принципів академічної доброчесності» (Лист МОН № 1/9-650 від 23.10.18 року), іншими нормативними документами. Зокрема, основні засади дотримання академічної доброчесності визначено у «Положенні про академічну доброчесність у Міжнародному гуманітарному університеті», «Кодексі академічної доброчесності Міжнародного гуманітарного університету» та «Інструкції щодо процедури технічної перевірки на наявність текстових запозичень (академічного плагіату)», затвердженої наказом МГУ від 03.05.2024 р., № 708а.

Відповідно до ст.42 Закону України “Про освіту” академічна доброчесність - це сукупність етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання та/або наукових (творчих) досягнень.

Дотримання академічної доброчесності передбачає:

- 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);
- посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;
- надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використанні методики досліджень і джерела інформації.

11. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Основи побудови безпроводових сенсорних мереж [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Інженерія та програмування інфокомунікацій» спец. 172 Електронні комунікації та радіотехніка / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: С. О. Кравчук та ін. – Електрон. текст. дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 313 с.
2. Yarali A. Wireless Sensor Networks (WSN): Technology and Applications. – New York, United States : Nova Science Publishers Inc., 2021. - 332 p.
3. Технології інтернету речей. Навчальний посібник [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», спеціалізація «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем» / Б. Ю. Жураковський, І.О. Зенів; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 271 с.
4. LPWAN Technologies for IoT and M2M Applications / Bhaskar S. Chaudhari, Marco Zennaro (eds.). – Amsterdam : Elsevier, 2020. – 358 p.
5. Internet of Things Security and Data Protection / X. Luo (ed.). – Cham : Springer, 2020. – 295 p.
6. 5G and Beyond Wireless Systems / Y.-C. Liang, S. Sun, C.-X. Wang. – Cham : Springer, 2021. – 420 p.

Додаткова

5. Tripathy B. Internet of Things (IoT): TeChnologies, AppliCations, Challenges and Solutions (англ.) / B. Tripathy, J. Anuradha. – Florida: CRC Press, 2017. – 334 с.
6. Планування та електромагнітна сумісність в безпроводових інфокомунікаціях [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка / М. Ю. Льченко, Т. М. Наритник, С. В. Капштик, Г. Л. Авдеєнко, В. І. Корсун, В. І. Присяжний ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 275 с.
7. Architecting the Internet of Things / Dietrich Uckelmann, Mark Harrison, Florian Michahelles (eds.). – Berlin : Springer, 2016. – 337 p.
8. Hanes D., Salgueiro G., Grossetete P., Barton R., Henry J. IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things. – Indianapolis : Cisco Press, 2017. – 552 p.

Інформаційні ресурси

1. Introduction to IoT (Cisco Networking Academy) // Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.netacad.com>
2. IoT Fundamentals Big Data & Analytics (Cisco Networking Academy) // Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.netacad.com>
3. The Working Group for WLAN Standards <https://www.ieee802.org/11>
4. IEEE 802.15 Working Group for Wireless Specialty Networks (WSN) <https://grouper.ieee.org/groups/802/15/>
5. LoRaWAN <https://lora-alliance.org/>