



**ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА
ПУЛЮЯ**
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ (ФІС)
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК

1. Загальна інформація про дисципліну:

Назва дисципліни	Смарт-технології та інтернет речей
Викладач	Мацюк Олександр Васильович
Профайл викладача	https://tntu.edu.ua
Контактний тел.	Комутатор (0352) 51-97-00, внутрішній 1706 (із зовнішніх телефонів через комутатор, тоді в режимі тонального набору набрати внутрішній номер), 380931688324
E-mail:	matsiuk@tntu.edu.ua
Сторінка дисципліни в A-Tutor	https://dl.tntu.edu.ua , ID4849
Консультації	Згідно графіку консультацій у четвертому семестрі

2. Коротка анотація до дисципліни

Навчальна дисципліна «Смарт технології та інтернет речей» належить до вибіркових дисциплін циклу професійної підготовки освітньої програми «Інформаційні системи та технології» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Галузь знань 12 «Інформаційні технології», спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології». Викладається у 4 семестрі (другий курс) обсягом 5,0 кредитів ECTS. Формою підсумковою контролю є залік.

3. Мета та завдання дисципліни

Мета дисципліни «Смарт технології та інтернет речей» є забезпечення здобуття студентами знань, умінь і розуміння теоретичних основ та практичних принципів побудови мереж матеріальних інтелектуальних об'єктів (речей), що оснащені електронними засобами первинного перетворення, обробки, зберігання і захисту інформації та комунікаційними інтерфейсами безпечного поширення даних з інтегруванням споживачів і матеріальних об'єктів (речей) засобами Інтернет простору.

Завданням дисципліни є

- формування у студентів стійких знань щодо архітектури побудови систем IoT;
- формування вмінь та навичок моделювання технічних систем IoT;
- формування у студентів вмінь та навичок, що достатні для швидкої та якісної реалізації технічних проєктів «Інтернету Речей».

4. Формат дисципліни:

Дисципліна передбачає проведення лекційних, лабораторних занять та консультацій. Для кращого розуміння та засвоєння викладеного матеріалу дисципліна має супровід у вигляді електронного навчального курсу в системі A-Tutor (<https://dl.tntu.edu.ua>). Електронний навчальний курс має лекційний матеріал, лабораторні роботи, питання підсумкового контролю та систему оцінювання.

5. Результати навчання:

В результаті вивчення дисципліни студент повинен **знати:**

- принципи організації і функціонування «Інтернету Речей»;
 - історія виникнення та розвитку «Інтернету Речей»;
 - основні фактори розвитку «Інтернету Речей»;
 - існуючі технології в області «Інтернету Речей»; -
 - основні тренди та напрямки розвитку в області «Інтернету Речей».
- За результатами вивчення дисципліни студент повинен **вміти:**

В результаті вивчення дисципліни студент повинен **вміти**:

- моделювати системи IoT за допомогою сучасних програмних систем моделювання (Cisco Packet Tracer);
- працювати з мікроконтролерами і основними налагоджувальними платами (Arduino);
- розбиратися в існуючих IoT-технологіях і застосовувати їх до конкретних сценаріїв;
- проектувати цілісні IoT-системи (включаючи кінцеві пристрої, мережеве з'єднання, обмін даними, хмарні платформи, аналіз даних).

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів **загальних компетентностей (КЗ) та спеціальних (фахових) компетентностей (КС)** згідно освітньої програми.

Загальні:

- КЗ1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- КЗ2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- КЗ3. Здатність до розуміння предметної області та професійної діяльності
- КЗ6. Здатність до пошуку, оброблення та узагальнення інформації з різних джерел;
- КЗ7. Здатність розробляти та управляти проектами.

Спеціальні (фахові):

- КС1. Здатність аналізувати об'єкт проектування або функціонування та його предметну область.
- КС2. Здатність застосовувати стандарти в області інформаційних систем та технологій при розробці функціональних профілів, побудові та інтеграції систем, продуктів, сервісів і елементів інфраструктури організації.
- КС3. Здатність до проектування, розробки, налагодження та вдосконалення системного, комунікаційного та програмно-апаратного забезпечення інформаційних систем та технологій, Інтернету речей (IoT), комп'ютерно інтегрованих систем та системної мережної структури, управління ними.
- КС4. Здатність проектувати, розробляти та використовувати засоби реалізації інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій (методичні, інформаційні, алгоритмічні, технічні, програмні та інші)
- КС8. Здатність управляти якістю продуктів і сервісів інформаційних систем та технологій протягом їх життєвого циклу
- КС10. Здатність вибору, проектування, розгортання, інтегрування, управління, адміністрування та супроводжування інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій, сервісів та інфраструктури організації;
- КС12. Здатність управляти та користуватися сучасними інформаційно-комунікаційними системами та технологіями (у тому числі такими, що базуються на використанні Інтернет).
- КС 14. Здатність формувати нові конкурентоспроможні ідеї й реалізовувати їх у проектах (стартапах).

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування у студента таких прикладних **результатів навчання (ПР)** згідно освітньої програми:

- ПР2. Застосовувати знання фундаментальних і природничих наук, системного аналізу та технологій моделювання, стандартних алгоритмів та дискретного аналізу при розв'язанні задач проектування і використання інформаційних систем та технологій.
- ПР3. Використовувати базові знання інформатики й сучасних інформаційних систем та технологій, навички програмування, технології безпечної роботи в комп'ютерних мережах, методи створення баз даних та інтернет-ресурсів, технології розроблення алгоритмів і комп'ютерних програм мовами високого рівня із застосуванням об'єктно-орієнтованого програмування для розв'язання задач проектування і використання інформаційних систем та технологій.
- ПР4. Проводити системний аналіз об'єктів проектування та обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та способів передачі інформації в інформаційних системах та технологіях.
- ПР5. Аргументувати вибір програмних та технічних засобів для створення інформаційних систем та технологій на основі аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи і експлуатаційних умов; мати навички налагодження та тестування програмних і технічних засобів інформаційних систем та технологій.
- ПР7. Обґрунтовувати вибір технічної структури та розробляти відповідне програмне забезпечення, що входить до складу інформаційних систем та технологій.
- ПР9. Здійснювати системний аналіз архітектури підприємства та його ІТ інфраструктури, проводити розроблення та вдосконалення її елементної бази і структури.

6. Обсяг дисципліни

Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	36

лабораторні заняття	18
самостійна робота	96
Всього за дисципліну	150

7. Ознаки дисципліни:

Рік викладання	Семестр	Курс	Спеціальність	Нормативна/ вибіркова
2020	4	2	126 «Інформаційні системи та технології»	Вибіркова

8. Пререквізити

Студенти повинні володіти базовими знаннями основ фізики, дискретної математики, об'єктно-орієнтованого програмування, програмування, комп'ютерної схемотехніки та архітектури комп'ютерів.

9. Технічне й програмне забезпечення /обладнання:

Студент повинен мати рівень впевненого користувача прикладних програм пакету Microsoft Office 365, графічних редакторів (CorelDRAW, Photoshop), програмних систем моделювання(Cisco Packet Tracer).

10. Політика дисципліни

Усі процедури навчального процесу під час викладання дисципліни відповідають положенню про академічну доброчесність учасників освітнього процесу та недопущення академічного плагіату в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя.

11. Схема дисципліни

Тиж./ дата/ год.	Тема, підтеми	Форма заняття, формат	Матеріали	Література, ресурси в інтернеті	Завдання, год	Засоби діагностики	Вага оцінки
1	2	3	4	5	6	7	8
Тиж. 1/ 2 акад. год.	Тема 1. Введення в «Смарт-технології та інтернет речей» Історія розвитку IoT. Загальні принципи побудови та архітектура IoT. Класифікація систем IoT. Мережева академія Cisco: історія, ресурси, пропозиції. Професійне становлення та кар'єрне зростання. Навчальні курси та сертифікація.	Лекція, F2F	Лекційний матеріал	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 4		
Тиж. 2- 3/ 3 акад. год.	Тема 2.Засоби ідентифікації в IoT Класифікація засобів автоматичної ідентифікації. MAC-адреса. Радіочастотна ідентифікація (RFID). Система позиціонування в режимі реального часу RTLS. Оптичні ідентифікатори. Мережева академія Cisco: Cisco Packet Tracer – знайомство з можливостями.	Лекція, F2F Лаб. роб. № 1	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 1	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 8 лаб. роб. 2	, захист звіту з лаб. роб.	2

Тиж. 3-5/ 4 акад. год.	Тема 3. Технічні засоби в IoT Параметри, що вимірюються (телеметричні параметри). Повільно змінні та швидкозмінні параметри. Способи подання телеметричних параметрів. Загальні відомості про датчики. Основні характеристики датчиків. Класифікація датчиків. Технологія MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems). Актуатори. Приклади основних областей застосування датчиків і актуаторів. Мікроконтролери. Способи підключення датчиків і актуаторів до мікроконтролерів. Різниця між мікропроцесорами, мікроконтролерами і мікрокомп'ютерами. Лінійка мікропроцесорів Arduino. Опис мікрокомп'ютерів Raspberry Pi.	Лекція, F2F Лаб. роб. № 2	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 2	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 6 лаб. роб., 2	захист звіту з лаб. роб.	2
Тиж. 5-6/ 2 акад. год.	Тема 4. Мережні технології і «Інтернет Речей» Огляд основних стандартних протоколів Інтернету, що застосовуються в IoT. Стандарт IEEE 802.15.4: Bluetooth (IEEE 802.15.1), ZigBee і IEEE 802.15.4. Wi-Fi та IEEE 802.11. Технології LPWAN. Технологія PLC.	Лекція, F2F Лаб. роб. № 3	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 3	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 6 лаб. роб., 3	захист звіту з лаб. роб.	3
Тиж. 6-9/ 7.04/ 5 акад. год.	Тема 5. Обробка даних в «Інтернеті Речей» Великі Дані (Big Data). Приклади збирання та оброблюваних даних в IoT-системах. Основні характеристики Великих Даних: обсяг, швидкість, різноманітність, вірогідність, цінність. Засоби і інструменти статистичної обробки даних. Засоби та інструменти потокової обробки даних. Засоби і інструменти зберігання даних. Різноманітність і семантика даних. Застосування засобів Семантичного Інтернету для створення єдиної семантичної моделі в IoT-системах. Застосування засобів Машинного Навчання для обробки даних. Застосування хмарних технологій і сервісно-орієнтованих архітектур в «Інтернеті Речей». Сервісно-орієнтовані архітектури, історія розвитку. Хмарні обчислення. Класифікація та основні моделі хмарних обчислень. Роль хмарних обчислень в обробці і зберіганні даних, одержуваних від IoT-систем. Приклади хмарних платформ і сервісів для обробки і зберігання даних, одержуваних від IoT-систем. Туманні обчислення в IoT системах.	Лекція, F2F Лаб. роб. № 4	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 4	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 6 лаб. роб., 3	захист звіту з лаб. роб.	3
					Тестові завдання модуля 1, 30	Модульний контроль 1	25

Тиж. 10-12/ 6 акад. год.	Тема 6. Огляд протоколів IoT Огляд основних протоколів IoT: Asterisk; BACnet (Building Automation and Control Networks); CAP (Common Alerting Protocol); CoAP (Constrained Application Protocol); CORBA (Common Object Request Broker Architecture); CWMP (CPE WAN Management Protocol); DDS (Service Distribution Service); DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol); DLMS/COSEM (Distribution Line Message Specification/COMpanion Specification for Energy Metering); DNP3 (Distributed Network Protocol); DNS (Domain Name System); Ethernet/IP; EVA-DTS; FTP (File Transfer Protocol); GPS/GLONASS i M2M Data; HTTP/HTTPS (HyperText Transfer Protocol); ICMP (Internet Control Message Protocol); IMAP (Internet Message Access Protocol); IPMI (Intelligent Platform Management Interface); JMS (Java Message Service); JMX (Java Management Extensions); KNX; LDAP (Lightweight Directory Access Protocol); LON/LonTalk; MDB (Multi Drop Bus); MEK 60870-5-104; Meter-Bus; Modbus; MQTT; NetFlow; NMEA 0183 (National Marine Electronics Association); ODBC (Open Database Connectivity); OPC (OLE for Process Control); OPC UA (OPC Unified Architecture); POP3 (Post Office Protocol Version 3); RADIUS (Remote Authentication Dial In User Service); SIP (Session Initiation Protocol); SMB/CIFS (Server Message Block); SMI-S (Storage Management Initiative Specification); SMPP (Short Message Peer-to-Peer); SMTP; SNMP (Simple Network Management Protocol); SOAP (Simple Object Access Protocol); SQL (Structured query language); SSH (Secure Shell); Syslog (System log); Telnet (Terminal network); VMware SOAP API; WMI (Windows Management Instrumentation)	Лекція, F2F Лаб. роб. № 5	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 5	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 6 лаб. роб., 2	захист звіту з лаб. роб.	2
Тиж. 12-13/ 3 акад. год.	Тема 7.Сервіси, додатки і бізнес-моделі «Інтернету Речей» Принципи проектування і створення призначених для користувача додатків і сервісів на основі IoT-систем. Шлях від IoT-прототипу до закінченого продукту (сервісу). Огляд бізнес-моделей, які застосовуються для комерціалізації IoT-продуктів. Основні тренди в розвитку «Інтернету Речей» в світі. Приклади успішного впровадження IoT-систем.	Лекція, F2F Лаб. роб. № 6	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 6	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 6 лаб. роб., 3	, захист звіту з лаб. роб.	3
Тиж. 13-14/ 3 акад. год.	Тема 8. Проблеми розвитку «Інтернету Речей» Проблема безпеки IoT. Аспекти безпеки. Унікальні проблеми безпеки IoT. Загальні аспекти конфіденціальності «Інтернету Речей». Унікальні аспекти конфіденціальності «Інтернету Речей». Ключові проблеми стандартів «Інтернету Речей». Проблема безпеки IoT. Загальні аспекти конфіденційності Інтернету речей. Унікальні проблеми безпеки пристроїв IoT. Стандарти і показники. Конфіденційність даних, перевірка, контроль доступу.	Лекція F2F аб. роб. № 7	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 7	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 6 лаб. роб., 5	захист звіту з лаб. роб.	5

Тиж. 15-17/ 4 акад. год.	Тема 9. Картографування «Інтернету Речей» Мобільні сенсорні мережі. Геоінформаційні системи (ГІС) Картографування «Інтернету Речей» за допомогою ГІС. ГІС аналіз.	Лекція, F2F Лаб. роб. № 8	Лекційний матеріал,	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 6 лаб. роб., 5	, захист звіту з лаб. роб.	5
Тиж. 17-18/ 4 акад. год.	Тема 10. Законодавство, нормативні вимоги і права Захист даних і транснаціональні інформаційні потоки. Пристрої IoT як інструмент правоохоронних органів і громадської безпеки. Відповідальність у зв'язку з використанням пристроїв IoT. Використання IoT-пристроїв в судових процесах. Загальні висновки з юридичних, нормативних та правових питань.	Лекція, F2F	Лекційний матеріал,	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 6 лаб. роб., 4	Тестові завдання модуля 1, 30	5
						Модульний контроль 2	25

12. Система оцінювання та вимоги

Форма підсумкового семестрового контролю – залік.

Підсумкова семестрова оцінка заліку складається з суми балів, отриманих студентом при проведенні проміжних (модульних) контролів рівня засвоєння теоретичних знань (за перший та другий модулі) та отриманих балів за лабораторні роботи.

МОДУЛЬ 1			МОДУЛЬ 2			ПІДСУМКОВА СЕМЕСТРОВА ОЦІНКА	РАЗОМ З ДИСЦИПЛІНИ
АУДИТОРНА ТА САМОСТІЙНА РОБОТА			АУДИТОРНА ТА САМОСТІЙНА РОБОТА				
ТЕОРЕТИЧНИЙ КУРС (ТЕСТУВАННЯ)	ЛАБОРАТОРНА РОБОТА		ТЕОРЕТИЧНИЙ КУРС (ТЕСТУВАННЯ)	ЛАБОРАТОРНА РОБОТА			
СЕМЕСТРОВА ОЦІНКА						25	100
25	10		25	15			
№ ЛЕКЦІЙ	ВИД РОБІТ	БАЛ	№ ЛЕКЦІЙ	ВИД РОБІТ	БАЛ	за кожних три бали семестрової оцінки студент отримує 1 бал підсумкової	
Лекція 1			Лекція 6	Лаб. роб. №5	2		
Лекція 2	Лаб. роб. №1	2	Лекція 7	Лаб. роб. №6	3		
Лекція 3	Лаб. роб. №2	2	Лекція 8	Лаб. роб. №7	5		
Лекція 4	Лаб. роб. №3	3	Лекція 9	Лаб. роб. №8	5		
Лекція 5	Лаб. роб. №4	3	Лекція 10				

До підсумкового семестрового контролю (складання семестрового заліку) допускаються студенти, які протягом семестру виконали всі види навчальної роботи, успішно пройшли проміжні (модульні) контролі і набрали не менше 45 балів семестрової бальної оцінки та за умови отримання не менше 60% (15) балів за результатами кожного проміжного (модульного) контролю рівня знань.

Підсумкова оцінка записується за 100-бальною шкалою із подальшим переведенням її у шкалу Європейської кредитно-трансферної системи (ECTS) відповідно А, В, С, D, E, F, FX при цьому чотирибальна шкала оцінок (з записом семестрової оцінки «відмінно» - А, «добре» - В,С, «задовільно» - D, E відповідають підсумковому результату «зараховано», «незадовільно» - F, FX відповідає підсумковому результату «незараховано»).

13. Навчально-методичне забезпечення

1. Електронний навчальний курс «Смарт технології та інтернет речей» для студентів спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології».

2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Смарт технології та інтернет речей» для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр», спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», всіх форм навчання. Автор О.В. Мацюк: ТНТУ, 2020 р.

3. Конспект лекцій з курсу “Смарт технології та інтернет речей” для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр», спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», всіх форм навчання. Автор О.В. Мацюк: ТНТУ, 2020 р.

14. Рекомендована література

Базова

1. Ли П. Архитектура интернета вещей / пер. с англ. М. А. Райтмана. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 454 с.: ил..
2. Dave Evans. The Internet of Things. How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything (англ.). Cisco White Paper. Cisco Systems (11 April 2011).
3. Мачей Кранц: Интернет вещей. Новая технологическая революция/ пер. с англ. З. Мамедьяров. – М.: Бомбора, 2018. – 336 с.: ил..
1. Internet of Things (IoT) protocols you need to know about // DesignSpark. 2015. URL: <http://www.rs-online.com/designspark/electronics/knowledge-item/eleven-internet-of-things-iot-protocols-you-need-to-know-about> (дата обращения: 1.05.16).
2. Zhu C., Leung V. Green Internet of Things for Smart World // IEEE. - 2015. - №5. - 12 p.
3. Martis R. J., Gurupur V. P., Lin H., Islam A., Fernandes L. S. Recent advances in Big Data Analytics, Internet of Things and Machine Learning // Future Generation Computer Systems, Volume 88, November 2018, Pages 696- 698. DOI:10.1016/j.future.2018.07.057
4. Akpakwu G.A., Silva B. J., Hancke G.P., Abu-Mahfouz A.M. A Survey on 5G Networks for the Internet of Things: Communication Technologies and Challenges // IEEE Access, Volume 6, Pages 3619 - 3647. DOI:10.1109/ACCESS.2017.2779844
5. Гиббс, М. Интернет вещей – не только для «умных» [текст] / М. Гиббс // Сети/network world. – 2013. – №3. 15.
6. Архитектура безопасности "Интернета вещей" [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/azure/iot-suite/iotsecurity-architecture>.
7. Atzori L., Iera A., Morabito G. Understanding the Internet of Things: Definition, Potentials, and Societal Role of a Fast Evolving Paradigm. *Ad Hoc Networks*, 2017, vol. 56, pp. 122-140. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1570870516303316> (accessed 20.07.2018). DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.adhoc.2016.12.004>
8. 5. Lund D., Turner V., MacGillivray C., Morales M. *Worldwide and Regional Internet of Things (IoT) 2014–2020 Forecast: a Virtuous Circle of Proven Value and Demand*. IDC, 2014. Available at: <https://studylib.net/doc/13054228/worldwide-and-regional-internet-of-things-iot-2014%E2%80%932020> (accessed 29.01.2019).
9. Newman P. IoT Report: How Internet of Things Technology is Now Reaching Mainstream Companies and Consumers. Available at: <https://www.businessinsider.com/internet-of-things-report> (accessed 19.08.2018).
10. State of the IoT 2018: Number of IoT Devices Now at 7B — Market Accelerating. Available at: <https://iot-analytics.com/state-of-the-iot-update-q1-q2-2018-number-of-iot-devices-now-7b/> (accessed 21.08.2018).

Допоміжна

11. Сэмюэл Грингард, Характеристики Интернет вещей. Будущее уже здесь, 2016, 188с.
12. В. А. Петин, Arduino и Raspberry Pi в проектах Internet of Things, ISBN: 978- 5-9775-3646-2, 2016, 320с.
13. Дэвид Роуз, Дивовижні технології. Дизайн та інтернет речей, 336 с.
14. Виктор Петин, Arduino и Raspberry Pi в проектах Internet of Things, 2016, 432с.
15. Баранов А.А., Интернет речей: теоретико-методологічні основи правового регулювання. Том I. Сфери застосування, ризики і бар'єри, проблеми правового регулювання, ISBN: 978-966-937-513-1, 2018, 344с.
16. Samuel Greengard, The Internet of Things (MIT Press Essential Knowledge series), ASIN: B00VB7I9VS, 2015, 230P.
17. Professor Dr.-Ing. Klaus Schwab, The Fourth Industrial Revolution, ASIN: B01JEMROIU, 2017, 189 P.
18. Cuno Pfister, Getting Started with the Internet of Things: Connecting Sensors and Microcontrollers to the Cloud (Make: Projects) 1st Edition, ASIN: B00COVJUGI, 2011, 194 P.
19. Erik Brynjolfsson and Andrew McAfee, The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies 1st Edition, ASIN: B00D97HPQI, 2014, 320 P.
20. Thomas M. Siebel, Digital Transformation: Survive and Thrive in an Era of Mass Extinction, ASIN: B07SPDT74L, 2019, 253P.
21. Ethem Alpaydin, Machine Learning: The New AI (MIT Press Essential Knowledge series), ASIN: B01M60Y1T7, 2016, 232P.
22. Nayan B. Ruparelia, Cloud Computing (MIT Press Essential Knowledge series), ASIN: B01FLE5JH8, 2016, 258 P.
23. Росляков А. В. ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ : Учебное пособие / А. В. Росляков, С. В. Ванышин, А. Ю. Гребешков. - Самара : ПГУТИ, 2015 - 136 с.
24. D. Evans, “The Internet of things: How the next evolution of the Internet is changing everything,” CISCO, San

Jose, CA, USA, White Paper, 2011.

25. L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The Internet of Things: A survey," *Comput. Netw.*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, Oct. 2010.
26. R. Khan, S. U. Khan, R. Zaheer, and S. Khan, "Future Internet: The Internet of Things architecture, possible applications and key challenges," in *Proc. 10th Int. Conf. FIT*, 2012, pp. 257–260.
27. J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, Sep. 2013.
28. P. Lopez, D. Fernandez, A. J. Jara, and A. F. Skarmeta, "Survey of Internet of Things technologies for clinical environments," in *Proc. 27th Int. Conf. WAINA*, 2013, pp. 1349–1354.
29. D. Yang, F. Liu, and Y. Liang, "A survey of the Internet of Things," in *Proc. 1st ICEBI*, 2010, pp. 358–366.
30. Industry 4.0 and the digital twin [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/digital-twin-technology-smart-factory.html#endnote-11>.
31. J. Gantz and D. Reinsel, "The digital universe in 2020: Big data, bigger digital shadows, and biggest growth in the far east," *IDC iView: IDC Anal. Future*, vol. 2007, pp. 1–16, Dec. 2012.

15. Інформаційні ресурси

1. <http://dl.tntu.edu.ua> Електронні навчальні курси ТНТУ імені І. Пулюя.
2. <https://www.netacad.com>
3. <https://www.datacenterknowledge.com/archives/2015/03/30/big-data-bubble-set-burst>
4. <http://www.ogcs.com.ua/index.php/articles/121-big-data-v-promyshlennosti-innovatsii-kkotorym-pridetsya-privykat>