Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)
Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр
(назва освітнього ступеня)

на тему: Застосування інформаційних технологій для організації виробництва за принципами Індустрії 4.0

Виконав: студент IV курсу, групи СНс-42
спеціальності 122 Комп'ютерні науки
(шифр і назва спеціальності)

_____ Мацюк Н.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Никитюк В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Шимчук Г.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____ Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Золотий Р.З.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2022

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)
«_22_» _червня_ 2022 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Мацюку Назару Любомировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Застосування інформаційних технологій для організації виробництва за принципами Індустрії 4.0

Керівник роботи Никитюк В.В., к.т.н., доцент кафедри КН
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 16 » березня 2022 року № 4/7-161

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 червня 2022р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації щодо інформаційних технологій, їх використання для організації виробництва, Індустрію 4.0

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ. 1 Аналіз предметної області інноваційного концепту Індустрія 4.0. 1.1 Інформаційно-технологічний та цифровий контекст виникнення Індустрії 4.0. 1.2 Означення терміну Індустрія 4.0. 1.3 Технологія, гнучкість та продуктивність Індустрії 4.0. 1.4 Стійкість та людиноцентрованість Індустрії 4.0. 2 Аналіз застосування інформаційних технологій для організації виробництва за принципами Індустрії 4.0. 2.1 Бізнес-процеси виробництва за принцмпами Індустрії 4.0. 2.2 Ключові цінності Індустрії 4.0. 2.3 Інформаційно-технологічне забезпечення Індустрії 4.0. 2.4 Допоміжні технології що інтегруються в Індустрію 4.0. 2.5 Розробка нового продукту з врахуванням концепту Індустрія 4.0. 2.6 Перспективи подальших досліджень в галузі Індустрії 4.0. 3. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Висновки. Перелік джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
1 Титульна сторінка. 2 Тема та мета роботи. 3 Завдання роботи. 4 Актуальність роботи. 5 Прогресивна глобалізація. 6 Для Індустрії 4.0 базовим… 7 Коли CPS взаємодіють. 8 Хмарні інформаційні технології. 9. Інноваційні інформаційні технології. 10 Поява нових технологій. 11 Сфера найбільшого впливу Індустрії 4.0. 12 Індустрія 4.0 є темою. 13 Модель еталонної архітектури. 14 RAMI 4.0. 15 Ключові цінності Індустрії 4.0. 16 Інформаційно-технологічне забезпечення. 17 Допоміжні технології. 18. Технологічні чинники. 19. Висновки. 20 Доповідь завершено.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Гурик Олег Ярославович, доцент	04.04.2022	01.05.2022

7. Дата видачі завдання 24 січня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	24.01.2022	*Виконано*
2.	Підбір джерел про інформаційні технології, їх	04.01.2022-30.01.2022	*Виконано*
	використання для організації виробництва,		
	Індустрію 4.0		
3.	Переклад та опрацювання джерел про інформаційні	31.01.2022-06.02.2022	*Виконано*
	технології, їх використання для організації		
	виробництва, Індустрію 4.0		
4.	Виконання дослідження щодо інформаційні	07.02.2022-13.02.2022	*Виконано*
	технології, їх використання для організації		
	виробництва, Індустрію 4.0		
5.	Оформлення розділу «Аналіз предметної області	14.02.2022-06.03.2022	*Виконано*
	інноваційного концепту Індустрія 4.0»		
6.	Оформлення розділу «Аналіз застосування	07.03.2022-03.04.2022	*Виконано*
	інформаційних технологій для організації		
	виробництва за принципами Індустрії 4.0»		
7.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека життєдіяльності»	04.04.2022-17.04.2022	*Виконано*
8.	Виконання завдання до підрозділу «Основи охорони	18.04.2022-01.05.2022	*Виконано*
	праці»		
9.	Оформлення кваліфікаційної роботи	02.05.2022-15.05.2022	*Виконано*
10.	Нормоконтроль	16.05.2022-22.05.2022	*Виконано*
11.	Перевірка на плагіат	09.06.2022	*Виконано*
12.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	10.06.2022	*Виконано*
13.	Захист кваліфікаційної роботи	23.06.2022	

Студент _____ Мацюк Н.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Никитюк В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Застосування інформаційних технологій для організації виробництва за принципами Індустрії 4.0 // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Бакалавр» // Мацюк Назар Любомирович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНс-42 // Тернопіль, 2022 // С. 46, рис. – 14, табл. – 7, кресл. – 20, бібліогр. – 69.

Ключові слова: індустрія 4.0, виробничі системи, інформаційні технології, виробничі процеси, розумне виробництво, огляд літератури.

Кваліфікаційна робота присвячена аналізу застосування інформаційних технологій для організації виробництва за принципами Індустрії 4.0. Метою даної кваліфікаційної роботи є підвищення рівня поінформованості громадян та дослідників щодо стану запровадження інформаційних технологій для організації виробництва за принципами Індустрії 4.0.

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» подано аналіз предметної області інноваційного концепту Індустрія 4.0. Подано інформаційно-технологічний та цифровий контекст виникнення Індустрії 4.0. Розглянуто означення терміну Індустрія 4.0. Описано технології, гнучкість та продуктивність Індустрії 4.0. Проаналізовано стійкість та людиноцентрованість Індустрії 4.0. В другому розділі кваліфікаційної роботи проаналізовано застосування інформаційних технологій для організації виробництва за принципами Індустрії 4.0. Описано бізнес-процеси виробництва за принцмпами Індустрії 4.0. Розглянуто ключові цінності Індустрії 4.0. Висвітлено інформаційно-технологічне забезпечення Індустрії 4.0. Описано технології що інтегруються в Індустрію 4.0. Подано опис особливостей розробки нового продукту з врахуванням концепту Індустрія 4.0. Проаналізовано перспективи подальших досліджень в галузі Індустрії 4.0.

ANNOTATION

Application of information technologies for the production organization according to the principles of Industry 4.0 // Qualification work of the educational level "Bachelor" // Matsiuk Nazar Liubomyrovych // Ternopil Ivan Pulyuy National Technical University, Computer information systems and software engineering faculty, Computer science department, Group SNs-42 // Ternopil, 2022 // P. 46, fig. - 14, tabl. - 7, chair. - 20, ref. - 69.

Keywords: Industry 4.0, production systems, information technology, production processes, smart manufacturing, literature review.

Qualification work is devoted to the analysis of the application of information technology for the organization of production on the principles of Industry 4.0. The purpose of this qualification work is to increase the level of awareness of citizens and researchers about the state of implementation of information technology for the organization of production according to the principles of Industry 4.0.

The first section of the qualification work of the educational level "Bachelor" presents an analysis of the subject area of the innovative concept of Industry 4.0. The information-technological and digital context of the emergence of Industry 4.0 is presented. The definition of the term Industry 4.0 is considered. Technologies, flexibility and performance of Industry 4.0 are described. The sustainability and human focus of Industry 4.0 are analyzed. The second section of the qualification work analyzes the application of information technology for the organization of production according to the principles of Industry 4.0. The business processes of production according to the principles of Industry 4.0 are described. The key values of Industry 4.0 are considered. The information and technological support of Industry 4.0 is covered. Describes technologies that are integrated into Industry 4.0. The description of features of development of a new product taking into account the concept of Industry 4.0 is given. Prospects for further research in the field of Industry 4.0 are analyzed.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

AM (англ. Additive Manufacturing) – адитивне виробництво.

AR (англ. Augmented Reality) – доповнена реальність.

AI (англ. Artificial Intelligence) – штучний інтелект.

BDA (англ. Big Data Analytics) – аналітика великих даних.

CMfg (англ. Cloud Manufacturing) – хмарне виробництво.

CPS (англ. Cyber-Physical System) – кібер-фізичнимі системи.

MR (англ. Mixed Reality) – змішана реальність.

SCM (англ. Supply Chain Management) – управління ланцюгом постачання.

SLR (англ. Systematic Literature Review) – систематичний огляд літератури.

SoSM (англ. Service-oriented Smart Network) –

PCF (англ. Process Classification Framework) – система класифікації процесів.

VRM (англ. Value Reference Model) – референтна модель вартості.

VR (англ. Virtual Reality) – віртуальна реальність.

ЗМІСТ

ВСТУП 7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ІННОВАЦІЙНОГО КОНЦЕПТУ ІНДУСТРІЯ 4.0 8
1.1 Інформаційно-технологічний та цифровий контекст виникнення Індустрії 4.0 8
1.2 Означення терміну Індустрія 4.0 14
1.3 Технології, гнучкість та продуктивність Індустрії 4.0 16
1.4 Стійкість та людиноцентрованість Індустрії 4.0 17
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА ЗА ПРИНЦИПАМИ ІНДУСТРІЇ 4.0 20
2.1 Бізнес-процеси виробництва за принцмпами Індустрії 4.0 20
2.2 Ключові цінності Індустрії 4.0 23
2.3 Інформаційно-технологічне забезпечення Індустрії 4.0 25
2.4 Допоміжні технології що інтегруються в Індустрію 4.0 29
2.5 Розробка нового продукту з врахуванням концепту Індустрія 4.0 30
2.6 Перспективи подальших досліджень в галузі Індустрії 4.0 31
РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ 33
3.1 Стихійні лиха та їх класифікація 33
3.2 Психофізіологічне розвантаження для працівників 36
ВИСНОВКИ 38
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ 39

ВСТУП

Актуальність теми. Інноваційний концепт Індустрія 4.0 охоплює множину сучасних цифрових технологій, що безпосередньо впливають на виробничі підприємства. Більшість досліджень на цю тему вивчають ефекти в області «розумної» фабрики, зосереджуючись на плануванні виробництва. Проте на даний час все ще бракує всесторонніх досліджень щодо застосування інформаційних технологій, що дозволяють використовувати Індустрію 4.0 у процесах життєвого циклу виробництва. Існує широке комбіноване використання IoT, великих за обсягами даних, аналітики та хмарних сервісів чиї програми охоплюють широкий спектр виробничих та суспільних процесів. Блокчейн-технології не настільки широко обговорювались в дослідницькій області Індустрія 4.0. Тому проведення аналітичних розвідок, що розширюють масштаби інтеграції Індустрії 4.0 у виробництві є актуальним напрямом досліджень.

Мета і задачі роботи. Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» є підвищення рівня поінформованості громадян та дослідників щодо стану запровадження інформаційних технологій для організації виробництва за принципами Індустрії 4.0. Для досягнення поставленої мети потрібно:

– Проаналізувати означення терміну Індустрія 4.0.
– Описати характеристики інноваційного концепту Індустрія 4.0.
– Проаналізувати інформаційно-технологічне забезпечення Індустрії 4.0.

Практичне значення одержаних результатів. Подано аналіз означення терміну Індустрія 4.0. Розглянуто розлогий опис характеристик інноваційного концепту Індустрія 4.0. Сформовано перелік основних інформаційних технологій для забезпечення Індустрії 4.0 та подано в табличній формі їх розлогі описи. Сформовано перелік допоміжних інформаційних технологій для формування Індустрії 4.0.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ІННОВАЦІЙНОГО КОНЦЕПТУ ІНДУСТРІЯ 4.0

1.1 Інформаційно-технологічний та цифровий контекст виникнення Індустрії 4.0

Прогресивна глобалізація, масова адаптація та конкурентне бізнес-середовище означають, що сучасні «традиційні» підприємств стикаються з новими бізнес-задачами в сучасній динамічній економіці [1]. Зростає попит на:

– швидші терміни доставки;
– ефективніші процеси;
– автоматизацію виробництва;
– якісніші та індивідуальніші продукти [2].

Ці запити підводять виробничі компанії до так званої четвертої промислової революції, відомої в сучасних наукових колах як «Індустрія 4.0» (див. рисунок 1.1).

Рисунок 1.1 – Інноваційни концепт Індустрія 4.0

Попередні три промислові революції призвели до значного зростання продуктивності за рахунок механізації, електроенергії та інформаційних

технологій [3]. Для Індустрії 4.0 базовим інформаційно-технологічним елементом є кібер-фізичнимі системи (CPS), які роблять виробничі інформаційні системи модульними, змінними та здатними масово виробляти продукти з високим рівнем індивідуальних потреб [4] (див. рисунок 1.2).

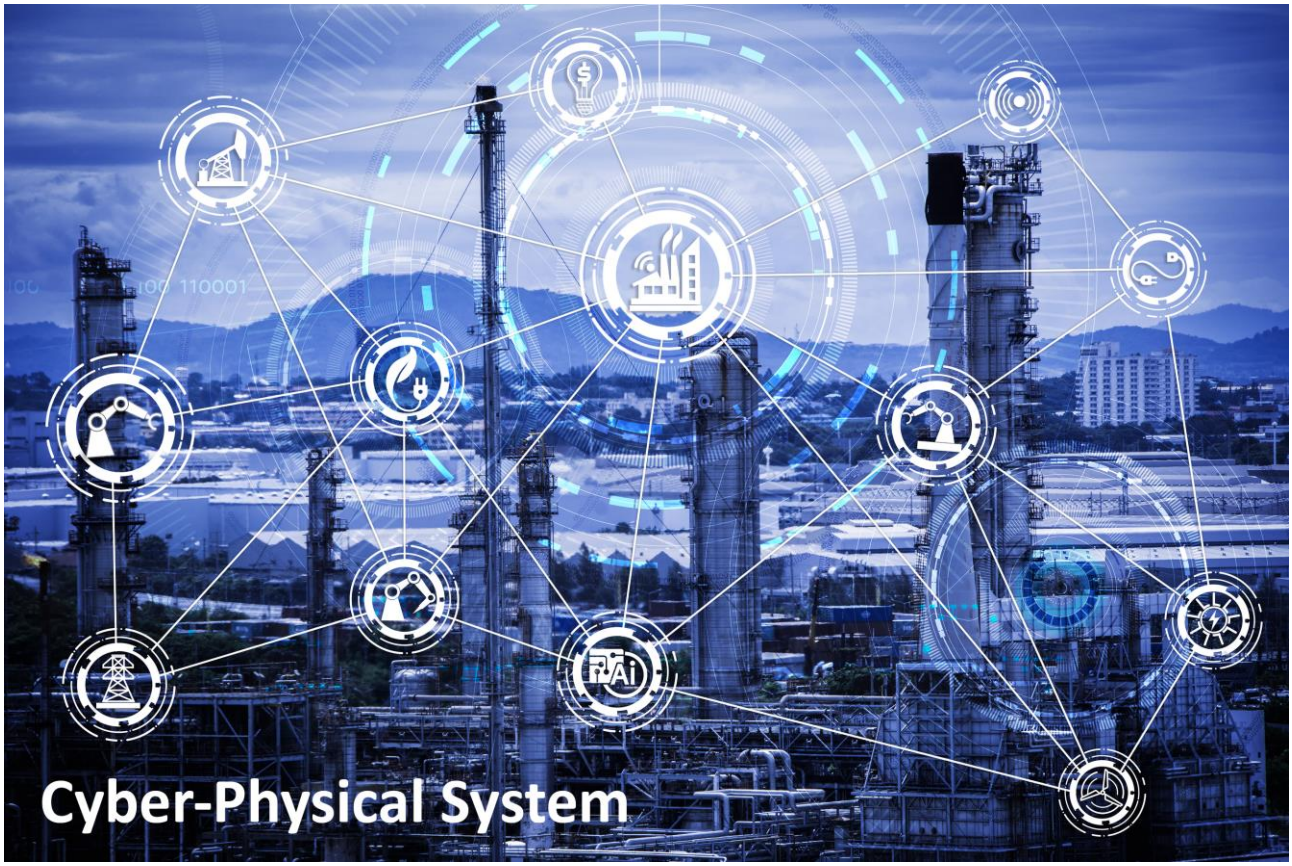

Рисунок 1.2 – Інноваційни концепт «Cyber-Physical System»

Коли CPS взаємодіють через Інтернет речей (IoT), вони поєднують інфраструктуру, фізичні сутності, людей, машини та процеси, забезпечуючи злиття між фізичним і віртуальним світом, використовуючи давачі, приводи та обчислювальні засоби (див. рисунок 1.3) для передачі даних в режимі реального часу [5]. На даний час існує обширний перелік інноваційних цифрових технологій, які активно використовуються для практичної реалізації концепту Індустрії 4.0. Широко використовуються методи та алгоритми обробки великих за обсягом даних для покращення масштабованості, безпеки та ефективності виробничих системи [6].

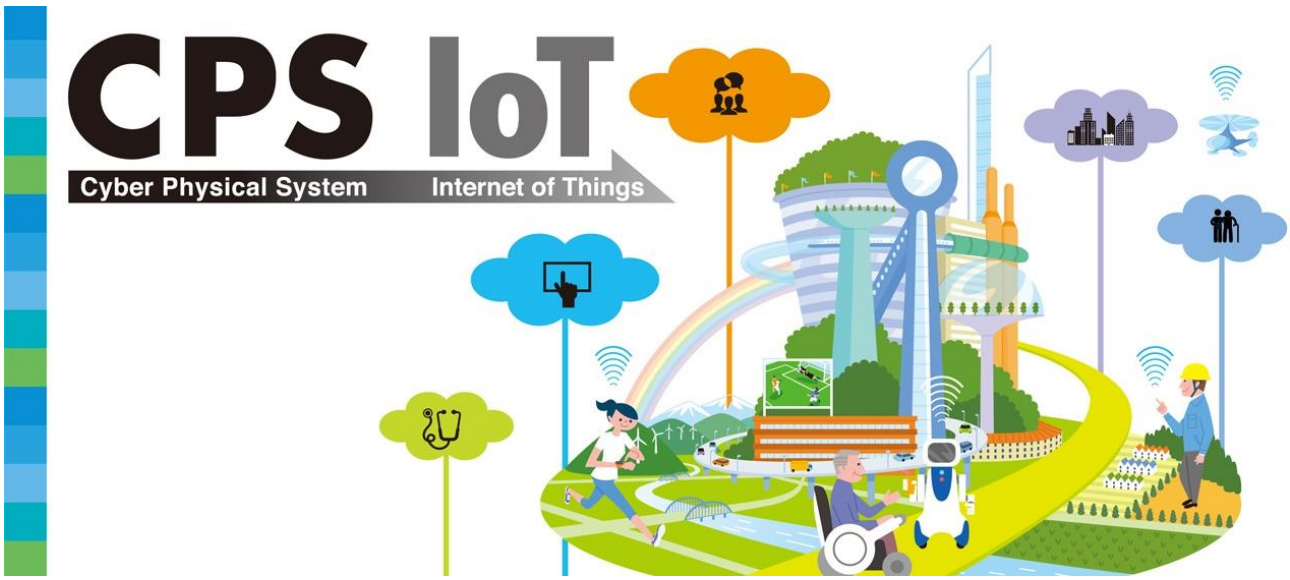

Рисунок 1.3 – Кібер-фізичні системи та Інтернет речей

Хмарні інформаційні технології допомагають впровадити Хмарне виробництво (CMfg, див. рисунок 1.4), зменшуючи витрати та підвищуючи масштабованість за рахунок використання віртуальних ресурсів [7].

Рисунок 1.4 – Інноваційний концепт «Хмарне виробництво»

Інноваційні інформаційні технології можуть активно запроваджуватись не лише у виробничому секторі, а й у повсякденному житті, перетворюючи традиційні пристрої в «розумні» продукти для впровадження складних систем «розумних» будинків, міст (див. рисунок 1.5) та соціополісів [8].

Рисунок 1.5 – Інноваційний концепт «Розумне місто»

Поява нових технологій призводить до появи нових бізнес-моделей, зокрема, «багатосторонні цифрові платформи», тобто підприємства, здатні поєднати дві або більше груп користувачів завдяки використанню цифрової платформи [9] (див. рисунок 1.6).

Рисунок 1.6 – Інноваційний концепт «Цифрові платформи»

Індустрія 4.0 розвивається не тільки в розвинених країнах а й в країнах, що розвиваються. Сфера найбільшого впливу Індустрії 4.0 – це виробництво, зокрема досліджувані області:

– покращення виробничих процесів;
– оптимізація операційної продуктивності;
– розробки продуктів чи послуг;
– планування ланцюгів постачання.

Сучасні наукові публікації охоплюють:

– навички робітників [10];
– стійкість та циркулярну економіку [11];
– зв’язок між впровадженням Індустрії 4.0 та ощадним мисленням [12].

Індустрія 4.0 є темою, яка активно обговорюється в сучасній науковій та популярній літературі. Багато дослідників аналізують інтегровані інноваційні технології та їх застосування [13] (див. рисунок 1.6).

Рисунок 1.7 – Інформаційні технології та Індустрія 4.0

Проте в опублікованій на даний час літературі більше уваги приділяється впливу Індустрії 4.0 на специфічний процес виробничих компаній, замість того, щоб комплексно розглядати всі виробничі процеси. Ці недоліки, чітко окреслені авторами [14], вказують на необхідність аналізу впливу Індустрії 4.0 з

урахуванням всіх виробничих, цифрових та інформаційно-технологічних процесів. Для подолання цих прогалин доцільно провести систематичний огляд літератури (SLR).

На даний момент часу опубліковано декілька SLR-статей, які досліджують різні точки зору на Індустрію 4.0. Зокрема, дослідники [15] провели систематичний бібліометричний аналіз для огляду академічного прогресу Індустрії 4.0, узагальнення сфер дослідження та застосування. Автори [16] запропонували стійку структуру Індустрії 4.0, яка містить різнотипові аспекти інтеграції «машина-машина» (див. рисунок 1.8) та «людина-машина», що забезпечується технологіями класу Індустрія 4.0.

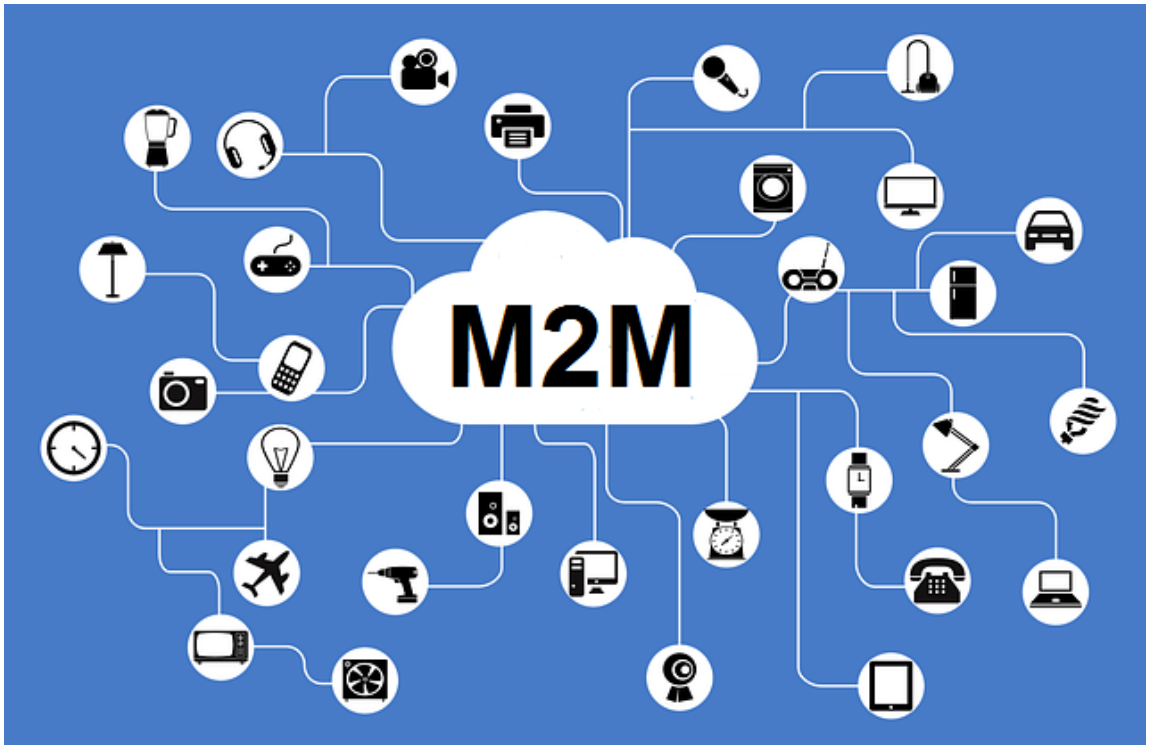

Рисунок 1.8 – M2M-взаємодія

Група авторів [17] підсумовує використання у сфері переробки:

– адитивного виробництва (AM);
– Інтернету речей (IoT);
– віртуальної реальності (VR);
– доповненої реальності (AR).

Бжвен [18] опублікував дослідження ергономіки та людських факторів у сфері Індустрія 4.0. А у [19] розглануто підхід, керований даними, для класифікації технологій Індустрія 4.0. Мортеза [20] класифікував структурні блоки та визначив технологічні тенденції Індустрії 4.0, розробивши дорожню карту переходу на Індустрію 4.0 для традиційних виробничих компаній.

Хоча розглянута наукова література охоплює різні точки зору щодо Індустрії 4.0, на даний час бракує всебічного розгляду впливу Індустрії 4.0 з технічної та управлінської точки зору, а також цілісного аналізу різних виробничих процесів [21].

1.2 Означення терміну Індустрія 4.0

Індустрія 4.0 відноситься до інтелектуальної мережі машин і процесів для промисловості на основі CPS – технології, яка забезпечує інтелектуальне керування за допомогою вбудованих мережевих систем [22]. Існують різні тлумачення терміну Індустрія 4.0, хоча всі погоджуються з моделлю еталонної архітектури Індустрія 4.0 – «RAMI 4.0» (див. рисунок 1.9).

Рисунок 1.9 – Еталонна архітектура «RAMI 4.0»

«RAMI 4.0» було розроблено Німецькою асоціацією виробників електротехніки та електроніки (ZVEI) для підтримки ініціатив Індустрія 4.0 [23]. Модель «RAMI 4.0» складається з тривимірної системи координат (див. рисунок 1.10), яка зображує архітектуру систем Індустрії 4.0. Вісь «Рівні ієрархії» є похідною від інформаційної моделі автоматизації [24] і представляє різні функціональні можливості на фабриках або підприємствах.

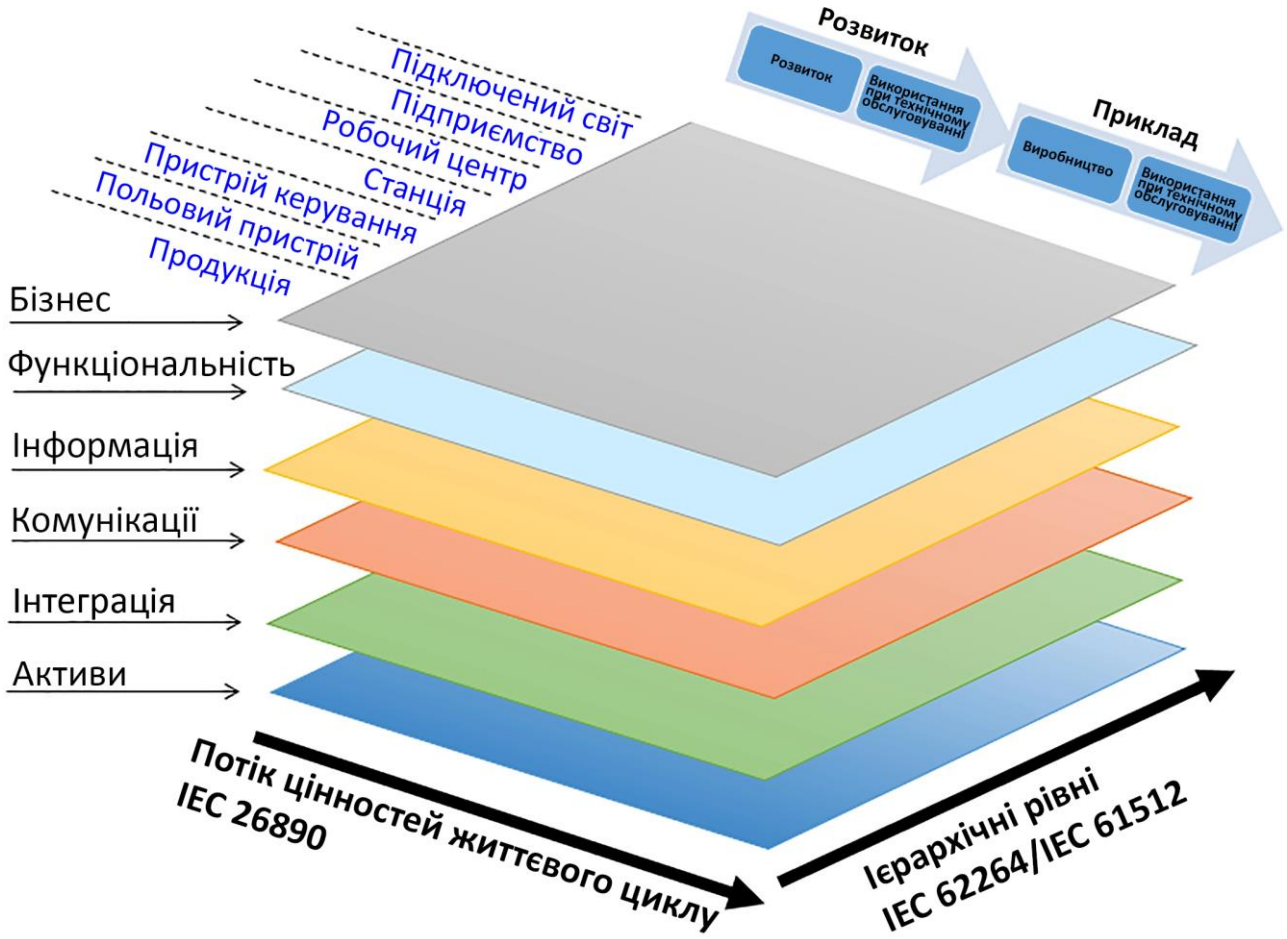

Рисунок 1.10 – Модель еталонної архітектури Індустрія 4.0 – «RAMI4.0» [25]

Фогель-Хойзер і Гесс [26] обговорили основні принципи проектування Індустрії 4.0, зокрема:

– Сервісно-орієнтована еталонна архітектура.
– Інтелектуальний, самоорганізуючийся CPPS.
– Взаємодія між CPPS та людьми.
– Адаптивність і гнучкість до мінливих вимог.

– Оптимізація для загальної ефективності обладнання.
– Інтеграція даних між дисциплінами та всім життєвим циклом.
– Надійний і захищений зв'язок між підприємствами.
– Безпека даних.

1.3 Технології, гнучкість та продуктивність Індустрії 4.0

Інноваційний концепт «Індустрія 4.0» вважається технологічною революцією для підвищення ефективності та продуктивності та, як високотехнологічна стратегія урядів, для підвищення конкурентоспроможності європейських виробників на світовому ринку. Це може бути додатково підкріплено трьома вимірами «RAMI 4.0» (див. рис. 1.2):

– життєвим циклом продукту;
– бізнес-рівнями;
– ієрархією фабрик чи заводів.

«Boston Consulting Group» визначила дев’ять ключових технологій (див. рисунок 1.3), що забезпечують формування Індустрії 4.0 [27], зокрема:

– великі дані та аналітика [28];
– автономні роботи;
– моделювання;
– горизонтальна та вертикальна системна інтеграція;
– промисловий Інтернет речей [29];
– кібербезпека [30];
– хмарні інформаційні технології [31];
– адитивне виробництво
– доповнена реальність.

Ці технології лежать в основі п'яти центральних тем дослідження Індустрії 4.0 [32]:

– горизонтальна інтеграція через мережі цінностей.
– наскрізне проєктування по всьому ланцюжку створення вартості;

– вертикальна інтеграція та мережеві виробничі системи;
– інформаційна технологія кібер-фізичних систем;
– нові соціальні інфраструктури на робочому місці.

1.4 Стійкість та людиноцентрованість Індустрії 4.0

Індустрію 4.0 можна розглядати як інформаційно-технологічну трансформацію. Також дослідники підкреслюють прогнозований вплив суспільних потреб, зокрема стійкості та орієнтації на людину.

Ресурсоефективні та стійкі галузі. Індустрія 4.0 має на метівирішувати проблеми:

– ефективності;
– використання ресурсів та енергії;
– міського виробництва;
– врахування потреб суспільства та демографічних змін [32].

Щоб зменшити споживання енергії та ресурсів, необхідні зміни у виробничих процесах та конструкції машин і установок.

Індекс зеленого виробництва (див. рисунок 1.11) пропонується як один з основних ключових показників ефективності прийняття рішень разом з основними даними, необхідними для прийняття прозорих, ресурсно-орієнтованих інвестиційних рішень [32].

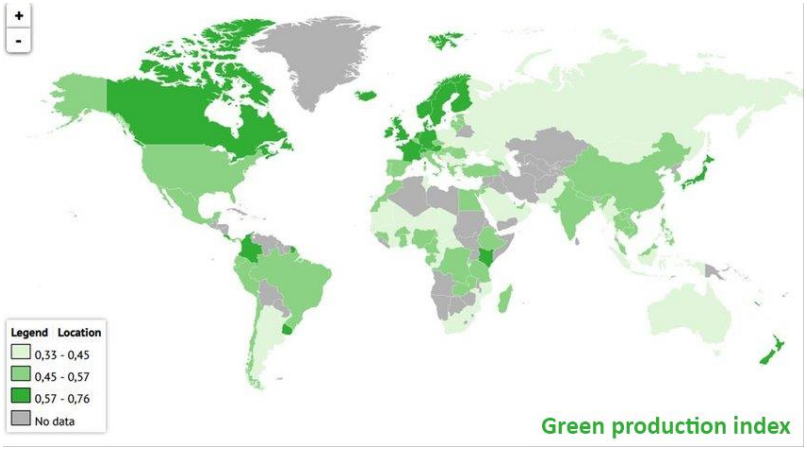

Рисунок 1.11 – Індекс зеленого виробництва

Суттєвий вплив на Індустрія 4.0 спричинила пандемія Covid-19. Відбулася *«раптова зміна постачальників під час виробництва через кризу не підконтрольну виробникам»* [32]. Індустрія 4.0 робить необхідні зміни більш гладкими, запускаючи моделювання постраждалих послуг, що дозволяє оцінити різних постачальників і вибрати найкращу альтернативу.

Людиноцентричний підхід. Індустрія 4.0 не може розглядатися як ініціатива, орієнтована на людину. Як би там не було, не можна ігнорувати кооперацію людини і машини або технології помічника оператора, соціально-технічний підхід та баланс між роботою та особистим життям.

Технології. Індустрія 4.0 просуває нові соціально-технічні інфраструктури, трансформуючи різні аспекти робочого місця, зокрема:

– управління охороною здоров’я;
– організація роботи;
– навчання протягом усього життя;
– моделі кар’єрного шляху;
– структури команд;
– управління знаннями.

Це описується як соціально-технічний підхід ініціативи Індустрія 4.0, що веде до зміни парадигми у взаємодії людини з технологією та людини з середовищем [32]. Очікується, що роль працівника суттєво зміниться у зв’язку зі збільшенням використання відкритішших віртуальних та масштабних технологій [32]. Це відображено деякими принципами проектування Індустрії 4.0 [26]. Другий і третій принципи проектування – інформаційна прозорість і технічна допомога, відображають розширене використання технологій на основі роботизованих систем та доповненої реальності (AR), щоб надати працівникам інформацію в режимі реального часу з метою покращення прийняття рішень, процедур виготовлення та підвищення ефективності роботи [33].

*Підвищення кваліфікації та добробуту працівників. «*Розумні» допоміжні системи звільняють працівників від рутинних завдань, щоб вони могли

зосередитися на більш творчих і корисних видах діяльності. Пропагується гнучка організація роботи, щоб дозволити всім працівникам ефективніше продовжувати професійний розвиток і мати кращий баланс між роботою та особистим життям. Відповідні технології також дозволять літнім працівникам продовжити термін їхньої роботи та довше залишатися продуктивними [32]. Визнано, що на «розумній» фабриці (див. рисунок1.12) роль працівників істотно зміниться.

Рисунок 1.12 – Інноваційний концепт «Розумна фабрика»

Реалізація соціально-технічного підходу до організації праці надасть працівникам можливість насолоджуватися більшою відповідальністю та активізувати свій особистий розвиток [34]. Соціально-технічний підхід Індустрії 4.0 прагне до так званого девізу «краще, а не дешевше». У ньому стверджується, що прийняття екстремальної версії тейлористського підходу до організації праці, заснованого на частому повторенні дуже стандартизованих і монотонних завдань, навряд чи є найбільш перспективним способом впровадження Індустрії 4.0. Той факт, що розумні фабрики будуть налаштовані як дуже складні, динамічні та гнучкі системи, означає, що їм знадобляться уповноважені співробітники, які будуть діяти як особи, які приймають рішення та контролюють [32].

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА ЗА ПРИНЦИПАМИ ІНДУСТРІЇ 4.0

2.1 Бізнес-процеси виробництва за принцмпами Індустрії 4.0

У науковій літературі подано різноманітні структури та довідкові моделі з переліком типових процесів, що використовуються за замовчуванням в різнотипових компаніях. Ці моделі часто використовуються для оцінки та порівняння ефективності аналізованого процесу для виявлення найкращих практик [35].

У літературі найбільш використовуваною моделлю є аналіз ланцюга створення цінностей Майкла Портера, який включає перелік заходів, що здійснюються компанією з метою доставки продукту чи послуги [36]. Діяльність поділяється на дві категорії:

– основна діяльність;

– допоміжна діяльність.

При цьому основні види діяльності:

– вхідна логістика;

– виробничі операції;

– вихідна логістика;

– маркетинг і продажі;

– обслуговування.

Зазначені види діяльності додають вартість доставленим товарам і послугам.

Водночас розрізнять допоміжні види діяльності:

– інфраструктура;

– технологічний розвиток;

– управління людськими ресурсами;

– закупівлі.

Вони підвищують ефективність основної діяльності. Іншою моделлю є референтна модель вартості (VRM), розроблена та опублікована неприбутковою організацією «Value Chain Group» [37]. Вона стосується трьох різних рівнів виробництва, зокрема:

– управління – стратегічні процеси;

– планування – тактичні процеси;

– виконання – оперативні процеси).

Американським центром продуктивності та якості (APQC) [37] розроблена система класифікації процесів (PCF) – «APQC 2019». Ця модель включає дванадцять процесів на рівні підприємства. Перші п’ять (див. таблицю 2.1) відносяться до операційних процесів підприємства.

Таблиця 2.1 – Характеристики операційних виробничих бізнес-процесів Індустрії 4.0

Процес	**Опис**
1	**2**
Розробка нового продукту	Проектування, тестування та створення прототипу продукту перед його виробництвом та маркетингом. Цей процес також включає концептуалізацію та можливий редизайн нових версій продукту.
Конфігурація ланцюга постачання	Процес прийняття рішень, пов'язаний із стратегічними виборами, які зазвичай приймаються на управлінському рівні, як щодо конфігурації мережі (кількість рівнів, вибір постачальників, стратегія виробництва або покупки), так і планування фабричного виробництва, включаючи управління матеріальними потоками та позиціонування активів.
Інтегроване планування ланцюга постачання	Прогнозування та планування попиту, розподіл (планування розподілу), пошук джерел (планування закупівель), позиціонування матеріалів на різних рівнях ланцюга постачання (планування запасів) і виробництва (основне планування виробництва).

Продовження таблиці 2.1

1	2
Внутрішня логістика	Оперативна логістична – діяльність заводу для зберігання, внутрішньої обробки продукції та закріпачення виробництва.
Планування та контроль виробництва	Процес, який включає планування (наприклад, управління навантаженням машини, розподіл партії) у межах фабрики та моніторинг і контроль виробництва.

Подані в таблиці 2.2 процеси належать до служб управління та підтримки підприємства.

Таблиця 2.2 – Характеристики служб управління та підтримки підприємства моделі Індустрії 4.0

Процес	**Опис**
1	**2**
Енергетичний менеджмент	Моніторинг і контроль усіх ресурсів, що використовуються для виробництва та для загального функціонування фабрики (наприклад, сировина, енергія, комунальні послуги).
Управління якістю	Діяльність фабрики для контролю виробництва з точки зору як продуктів (наприклад, дефекти продукції), так і процесів (наприклад, параметрів виробництва).
Управління технічним обслуговуванням	Управління плануванням та обслуговуванням активів, знайдених на заводі (включаючи як поломку, так і профілактичне або прогнозне обслуговування).
Управління відносинами з клієнтами	Процес, що включає всі дії, пов’язані з взаємодією з клієнтами (наприклад, для розуміння їхніх звичок або будь-яких налаштувань продукту). Він також включає розробку, управління та надання послуг (включаючи індивідуальні послуги), безпосередньо пов’язаних із фізичним продуктом.

Продовження таблиці 2.2

1	2
Післяпродажне управління	Управління післяпродажним процесом, включаючи діяльність, що стосується переважно технічної допомоги та обслуговування продукції, управління запасними частинами, відновлення та утилізації продукції наприкінці життєвого циклу продукту.

Хоча цю модель можна розглядати як продовження загальновідомого «Porter»-ланцюга створення вартості, він був непогано сприйнятий в опублікованих на даний час дослідженнях [38].

2.2 Ключові цінності Індустрії 4.0

Індустрія 4.0 зосереджена навколо трьох взаємопов’язаних основних цінностей: орієнтації на людину, стійкості та сталості [39] (див. рисунок 2.1).

Рисунок 2.1 – Основні цінності Індустрії 5.0

Підхід, орієнтований на людину, ставить основні людські потреби та інтереси в центр виробничого процесу, переходячи від технологічного прогресу до підходу, який повністю орієнтований на людину та суспільство. Як наслідок, працівники галузі отримають нові ролі в результаті зміни вартості від розгляду працівників як «витрати до інвестицій». Технологія має служити людям і суспільству, а це означає, що технологія, що використовується у виробництві, адаптується до потреб і різноманітності працівників галузі [40]. Необхідно створити безпечне та інклюзивне робоче середовище, щоб надавати пріоритет фізичному та психічному здоров'ю, благополуччю та, зрештою, захищати основні права працівника, тобто:

– автономію;
– людську гідність;
– конфіденційність.

Промислові працівники повинні продовжувати підвищувати кваліфікацію та перекваліфіковувати себе для кращих можливостей для кар'єри та балансу між роботою та особистим життям [39].

Щоб галузь поважала планетарні кордони, вона має бути стійкою. Їй необхідно розвивати циркулярні процеси, зокрема, повторне використання, перепризначимість та повторну переробку природніх ресурсів, зменшувати кількість відходів та вплив на навколишнє середовище, що в кінцевому підсумку призведе до циркулярної економіки з кращою ефективністю використання ресурсів [39].

Стійкість означає необхідність розвитку вищого рівня стійкості промислового виробництва, кращого озброєння його проти збоїв і забезпечення можливості підтримки критичної інфраструктури в кризових ситуаціях. Майбутня галузь повинна бути достатньо стійкою, щоб швидко орієнтуватися в геополітичних зрушеннях та природніх надзвичайних ситуаціях [39].

2.3 Інформаційно-технологічне забезпечення Індустрії 4.0

Інформаційно-технологічний потік є важливою сферою Індустрії 4.0. Поєднання інформаційних, комунікаційних, цифрових та виробничих технологій фактично може забезпечити вертикальну інтеграцію систем організації, горизонтальну інтеграцію в спільних мережах і наскрізні рішення по всьому ланцюжку створення вартості [19]. Однак, в опублікованій на даний час науковій літературі немає узгодженого переліку технологій, що підтримують Індустрію 4.0. Науковці поки що не досягли консенсусу та присутні певні невідповідності між різними науковими областями [41]. Фундаментальні принципи проектування Індустрії 4.0:

– децентралізація;
– підтримка в реальному часі;
– модульність;
– сумісність;
– віртуалізація;
– орієнтацію на обслуговування [42].

На основі аналізу обширного переліку наукових та популярних джерел [43], [44], [20] список ключових кластерів інформаційних технологій, зокрема:

– кібер-фізичні системи – CPS;
– Інтернет речей – IoT;
– великі дані та аналітика – BDA;
– хмарні технології;
– штучний інтелект – AI.
– блокчейн;
– симуляція та моделювання
– технології візуалізації – AR, VR, MR;
– автоматизація та промислова роботизація;
– адитивне виробництво – AM.

Подамо в таблиці 2.3 короткий опис характеристик інтеграції CPS та IoT в Індустрію 4.0.

Таблиця 2.3 – Особливості інтеграції CPS та IoT в Індустрію 4.0

Інформаційна технологія	**Опис**	**Джерело**
Кібер-фізичні системи	CPS – це набір трансформуючих технологій, що поєднує операції з фізичними активами та обчислювальними можливостями. Основна мета – моніторинг фізичних систем під час створення віртуальної копії.	[45]
Інтернет речей	Інформаційна мережа фізичних об'єктів – давачі, механізми, автомобілі, будівлі та інші предмети, дозволяє збирати та обмінюватися даними, що дозволяє взаємодію та співпрацю цих об'єктів.	[46]

В таблиці 2.4 подамо короткий опис характеристик інтеграції BDA, хмарних технологій та AI в Індустрію 4.0.

Таблиця 2.4 – Особливості інтеграції BDA, хмарних технологій та AI в Індустрію 4.0

Інформаційна технологія	**Опис**	**Джерело**
1	**2**	**3**
Великі дані та аналітика	Збір та аналіз великої кількості доступних даних за допомогою низки методів для фільтрації, збору та звітності, коли дані обробляються у великих обсягах, з більшою швидкістю та більшою різноманітністю.	[47]

Продовження таблиці 2.4

1	2	3
Хмарні технології	Система для надання послуг онлайн зберігання всіх застосунків, програм та даних на віртуальному сервері, не вимагаючи будь-якої установки.	[48]
Штучний інтелект	Система, яка мислить по-людськи раціонально відповідно до шести основних галузей, зокрема обробки природної мови, представлення знань, автоматизоване міркування, машинне навчання, комп'ютерний зір та робототехніка.	[49]

В таблиці 2.5 подамо короткий опис характеристик інтеграції блокчейну, симуляції, моделювання, AR, VR та MR в Індустрію 4.0.

Таблиця 2.5 – Особливості інтеграції блокчейну, симуляції, моделювання, AR, VR та MR в Індустрію 4.0

Інформаційна технологія	**Опис**	**Джерело**
1	**2**	**3**
Блокчейн	База даних, яка створює розподілений і захищений цифровий реєстр транзакцій, зокрема часові позначки блоків, які підтримує кожен вузол-учасник.	[20]
Симуляція та моделювання	Технології, які відображають дані фізичного світу, такі як машини, продукти та люди, у віртуальному світі, спрямовані на спрощення та доступність проектування, створення, тестування та живої експлуатації систем.	[20]

Продовження таблиці 2.5

1	2	3
Технології візуалізації – AR, VR та MR	Доповнена реальність – набір інноваційних методів взаємодії людини з комп'ютером (HCI), які можуть вбудовувати віртуальні об'єкти для співіснування та взаємодії в реальному середовищі. Віртуальна реальність – застосування комп'ютерних технологій для створення інтерактивного світу, що дозволяє користувачеві контролювати віртуальний об'єкт і всю віртуальну сцену в режимі реального часу.	[50]

В таблиці 2.6 подамо короткий опис характеристик інтеграції автоматизації, промислової роботизації та адитивного виробництва в Індустрію 4.0.

Таблиця 2.6 – Особливості інтеграції автоматизації, промислової роботизації та адитивного виробництва в Індустрію 4.0

Інформаційна технологія	**Опис**	**Джерело**
Автоматизація та промислова роботизація	Обладнання та устаткування, що автоматизують операційні процеси, що містить також спільну робототехніку. Дозволяє людям і машинам працювати в спільному навчальному середовищі.	[20]
Адитивне виробництво	Процес з'єднання матеріалів у послідовних шарах для створення об'єктів із даних 3D-моделі для «розблокування» варіантів дизайну та досягнення великого потенціалу масового налаштування.	[51]

2.4 Допоміжні технології що інтегруються в Індустрію 4.0

Індустрія 4.0 визначила множину допоміжних та супровідних інформаційних, комунікаційних та інноваційних технологій [52], зокрема:

– Індивідуальні технології взаємодії людини і машини, які пов’язують та поєднують сильні сторони людей і машин.

– Біологічні технології та розумні матеріали, які дозволяють використовувати матеріали з вбудованими давачами та розширеними функціями, водночас підлягаючи переробці.

– Цифрові близнюки та моделювання цілих систем.

– Технології передачі, зберігання та аналізу даних, які здатні обробляти дані та взаємодію систем.

– Штучний інтелект для виявлення, наприклад, причинно-наслідкових зв’язків у складних динамічних системах, що веде до ефективного інтелекту.

– Технології для підвищення енергоефективності, відновлюваних джерел, зберігання та автономності систем.

Як було показано вище, Індустрія 4.0 – це не технологічна революція, а ініціатива, що керується цінностями та стимулює технологічні перетворення з певною метою на основі технологій інтегрованих в фізичний та віртуальний світ (див. рисунок 2.2 – відтворено на основі [33]).

Рисунок 2.2. – Технологічні чинники Індустрії 4.0

2.5 Розробка нового продукту з врахуванням концепту Індустрія 4.0

Розробка нового продукту з врахуванням концепту Індустрія 4.0 може означати створення нових продуктів шляхом комплексної оцінки всіх характеристик і функцій. В інших випадках ця діяльність може включати модифікацію існуючого продукту з метою досягнення конкретних покращень і задоволення нових потреб клієнтів. У наукових джерелах подано декілька висловлювань щодо підтримки цифрових технологій у досягненні цього процесу. Зокрема, Міранда [53] зосереджені на темі розробки «розумних» продуктів відповідно до еталонної структури, заснованої на CPS-прийнятті для створення «розумних» та стійких продуктів.

Автори [54] розробляють «Сервісно-орієнтовану розумну мережу» (SoSM), в якій IoT використовується для підключення всіх користувачів, які беруть участь у фазі проектування формалізації інформаційної моделі продукту. IoT дозволяє збирати дані безпосередньо з продукту, щоб визначити потенційні покращення на етапі проектування, що може бути дуже корисним, коли має бути запущена нова версія фізичного продукту. На додаток до збору, ці дані мають бути оброблені, щоб виокремити будь-які тенденції покращення.

В [55] продемонстровано ефективність технології BDA та продемонстровано, що оперативні великі дані, зібрані з давачів, мають позитивний вплив на дизайн продукту в системах. BDA є важелем для індивідуального дизайну, оскільки все більше і більше активної або пасивної інформації про поведінку користувачів відкривається в Інтернет [54], тому дизайнери можуть використовувати ці дані для отримання інформації про потенційний дизайн. функції та вдосконалення, щоб задовольнити приховані потреби клієнтів.

Моделювання корисно для технічної оцінки перед етапом створення прототипу [53]. Технологія візуалізації, наприклад доповнена реальність (AR), також може підтримувати процес розробки продукту, оскільки забезпечує конкретне бачення кінцевого продукту для оцінки, зокрема, естетичних

деталей. AM також може бути реалізований для покращення NPD. AM дозволяє дизайнерам створювати вироби зі складними формами, які були б неможливими з традиційними технологіями виробництва. У таблиці 2.7 показано застосування технологій Індустрії 4.0 при розробці нових продуктів.

Таблиця 2.7 – Вплив технологій Індустрії 4.0 на «розробку нових продуктів»

Технології	**Застосунки**	**Джерела**
Кібер-фізичні системи	Розумна розробка продукту	[53]
Інтернет речей	Збір даних для покращення дизайну продукту	[11]
Великі дані та аналітика	Обробка та аналіз даних для покращення дизайну продукту	[11]
Хмарні технології	Розподілений та спільний дизайн	[55]
Штучний інтелект	Обробка та аналіз даних для покращення дизайну продукту	[54]
Симуляція та моделювання	Віртуальне прототипування	[54]
	Технічна оцінка продукції	[53]
	Цифрове представлення продукту	[39]
Технологія візуалізації	Розширений дизайн	[55]
Автоматизація	Цифровий комплексний дизайн	[55]
	Швидке створення прототипів	[20]

2.6 Перспективи подальших досліджень в галузі Індустрії 4.0

Індустрія 4.0 формує множину унікальних задач, яких не було в минулому [39], зокрема:

– Соціальна неоднорідність з точки зору цінностей і прийняття.

– Вимірювання екологічної та соціальної цінності.

– Інтеграція від клієнтів через цілі ланцюги створення вартості.

– Міждисциплінарність наукових дисциплін та складність систем.

– Екосистемно-орієнтована інноваційна політика, гнучка та орієнтована на результат.

– Для забезпечення високої продуктивності потрібні великі інвестиції.

Нова ініціатива Європейської комісії окреслила низку стратегій впровадження інвестицій, маркетингу та управління для розвитку Індустрії 5.0 [39]. Реакція урядів інших держав і галузей поки що обмежена. Технічний комітет з цифрового виробництва та автоматизації, орієнтованої на людину, також підкреслив актуальність Індустрії 4.0 [56].

Для успіху Індустрії 4.0 потрібно забезпечити значні інвестиції з боку державних установ. Незалежно від майбутнього Індустрії 4.0, її основні цінності – орієнтація на людину та стійкість – стали основними рушійними силами суспільного прогресу, а не побічним продуктом розвитку процвітання, керованого ВВП. Це помітно з нещодавнього прогресу у впровадженні їх у національну політику, зокрема внаслідок:

– Паризької угоди [57].

– Цілей сталого розвитку [58] Організації Об’єднаних Націй.

– Закону про благополуччя майбутніх поколінь [59].

– Індикатора справжнього прогресу 2.0 [60].

– Економіки добробуту [61].

– Національної системи ефективності [62].

– Індексу кращого життя OECP [63].

РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

3.1 Стихійні лиха та їх класифікація

Кваліфікаційна робота освітнього рівня «бакалавр» присв'ячена аналізу застосування інформаційних технологій для організації виробництва за принципами Індустрії 4.0. Інноваційні підходи до формування виробничого обладнання повсюдно запроваджуються по всьому світі. Проте велику шкоду суспільству спричиняють небезпечні природні явища. Лісові та торфяні пожежі, землетруси, повені, зсуви, снігові заноси, бурі, урагани – це далеко не повний перелік найчастіших стихійних лих. Щорічно на планеті спостерігається десять тисяч гроз, десять тисяч повеней, тисячі землетрусів, пожеж, зсувів та ураганів, сотні вивержень вулканів, тропічних циклонів.

За останні двадцять років від стихійних лих загинуло три мільйони людей та близько одного мільярда людей відчули на собі наслідки стихійних лих. На даний час у світі щотижня реєструється катастрофа. *Катастрофа* – це великомасштабна аварія, що призводить до важких, трагічних наслідків [64]. *Катастрофа* – це раптова, швидкоплинна подія, викликана силами природи, що спричинила численні людські втрати, завдала шкоди чи створила загрозу здоров'ю значної кількості людей [65].

Серед НС природного походження на Україні трапляються:

– Геологічні явища – зсуви, обвали, просадки земної поверхні.

– Метеорологічні явища – зливи, ураган, снігопади, град, ожеледь.

– Гідрологічні явища – повені, паводки, підвищення ґрунтових вод.

– Природні пожежі лісових та хлібних масивів.

– Масові інфекційні хвороби людей.

Катастрофи характеризуються раптовістю виникнення та багатьма чинниками. Основними чинники:

– Механічні.

– Хімічні.

– Радіаційні.

– Термічні.

– Біологічні.

Ці чинники можуть діяти одночасно або послідовно, зумовлюючи численні, поєднані, комбіновані ураження різного ступеню важкості.

Землетруси – підземні удари та коливання поверхні землі. Вони серед усіх стихійних лих складають 15%. В Україні сила землетрусів більше ніж 7 балів охоплює територію де проживає два мільйони людей і розповсюджені Закарпаття, Одеська, Чернівецька області. Зона 8 - 9 балів з населенням 14 тис. людей. 5 балів – 11 областей – Івано – Франківська, Хмельницька, Вінницька, Миколаївська. Всього площа складає 123700км, населення – 11 мільйонів осіб.

Повені – тимчасове затоплення значної території суші водою внаслідок різких природних змін. Вони складають 40% усіх природних катастроф. В Україні 22400 річок та рік загальною довжиною 130000 км. Зонами можливих повеней є:

– Північні райони – ріки Прип’ять, Десна.

– Західні регіони – Дністер, Прут, Західний Буг.

– Східні регіони – Псел, Ворскла, Сула.

– Південні райони – Дунай, Південний Буг.

Тривалість повеней може досягати 7 - 20 днів та більше. Причини виникнення повеней:

– Природного характеру – високі рівні води, дощові паводки, затори, дія нагонного вітру;

– Гідродинамічні аварії – прориви гребель, дамб, шлюзів з утворенням хвилі прориву та проривного паводку.

Селі, зсуви – це раптовий тимчасовий потік, що формується в руслах гірських рік в Карпатах у вигляді зсувної маси. Селі рухаються окремими валами. Об’єм потоків може досягати сотень тисяч, інколи мільйонів кубічних метрів, розміри уламків – 3 - 4 м, маса 100 - 200 тон, швидкість до 15 км/год., селі руйнують дороги, споруди.

Ураган – вітер величезної руйнівної сили з швидкістю понад 30 км/год. або 30 м/секунду та значної тривалості. Руйнує споруди, звалює стовпи ліній електропередач, дерева, пошкоджує транспортні магістралі, мости, комунальне – енергетичні системи, призводить до людських жертв.

Різновидами урагану є смерчі та бурі. Швидкість вітру під час бурі 20 м/секунду. Смерч – це вихровий рух повітря, що виникає у грозовій хмарі та поширюється у вигляді величезного чорного рукава або хобота, розрідженого усередині. Діаметр хобота – 30 м, висота – 800 - 1500 м, швидкість – 50 - 60 км/год., торкаючись до землі та спричиняють великі руйнування.

Землетруси – короткотривалі, раптові струси земної кори, викликані перемінним переміщенням мас гірських порід у надрах Землі. Цьому сприяє порушення розтяжності осередку гірських порід і виникнення сейсмічних хвиль. У землетрусів є вогнище (гіпоцентр) та епіцентр землетрусу [66]. Під час сильних землетрусів, на поверхні Землі часто виникають щілини, скиди, зсуви, цунамі. Часом землетруси спричинюють великі руйнування – наприклад, 1988 року у Вірменії. Землетруси оцінюють по 12 бальній системі.

З моменту коли починається відчування *коливання землі* та до того як їх сила зросте до 8 балів проходить 20 - 30 секунд. Найбільш потужні коливання тривають декілька хвилин. Землетрус до 9 балів буває від 1 до 3 хвилин. Спосіб поведінки людей при землетрусах:

– Залишити будівлю або залишитися і зайняти в середині будівлі місце – дверні отвори у капітальних стінах.

– У будинку триматися подалі від вікон, перегородок, остерігатися падіння штукатурки, арматури, плит перекриття, полиць з посудом та іншими предметами.

– Не слід користуватися ліфтом.

– Опинившись на вулиці – треба відбігти від будинку на середину вулиці або будь – якого вільного від забудови місця.

Недопустимо перебування людей у об’єктів на території яких є вибухо, пожежонебезпечні речовини або сильнодіючі отруйні речовини (СДОР).

3.2 Психофізіологічне розвантаження для працівників

Кваліфікаційна робота освітнього рівня «бакалавр» присв’ячена аналізу застосування інформаційних технологій для організації виробництва за принципами Індустрії 4.0. Використання сучасного виробничого обладнання вимагає від працівників підвищеної уваги та зосередженості, підвищує навантаження та спричиняє втому. Тому доцільно розглянути питання психофізіологічного розвантаження для працівників.

При проведенні сеансів психофізіологічного розвантаження рекомендується використовувати деякі елементи методу аутогенного тренування, який ґрунтується на свідомому застосуванні комплексу взаємопов'язаних прийомів психічної саморегуляції та виконанні нескладних фізичних вправ з словесним самонавіюванням [67]. Головна увага, при цьому, приділяється набуванню та закріпленню навичок м’язового розслаблення – релаксації.

У рекомендованому сеансі, який має проводитися в кімнаті психофізіологічного розвантаження з відповідним інтер'єром та кольоровим оформленням, відділяються три періоди, що відповідають фазам відновлювального процесу [68].

Перший період – абстрагування працівників від виробничої обстановки – відповідає фазі залишкового збудження. Лунають повільна мелодійна музика, пташиний спів. Обравши зручну позу, працівники адаптуються і психологічно готуються до наступних періодів.

Другий – заспокоєння – відповідає фазі відновлювального гальмування. Пропонується показ фотослайдів із зображеннями квітучих лугів, березового гаю, гладенької поверхні ставка тощо. Через навушники транслюється спокійна музика, а на її фоні негучно, повільно висловлюються заспокійливі формули аутогенного тренування (тричі):

– «Я повністю розслаблений, спокійний».

– «Моє дихання рівне, спокійне».

– «Моє тіло важке, гаряче, розслаблене, я абсолютно розслаблений, лоб холодний, голова легка».

Як функціональне освітлення застосовують зелене світло [69]. Яскравість світла має поступово знижуватись протягом періоду, а наприкінці його світло вимикається зовсім на одну - дві хвилини. Екран теж гасне.

Третій період – активізація – відповідає фазі підвищеної збудженості.

На початку періоду світло вимкнене, через певний час на екрані з'являється червона пряма, розміри і яскравість якої поступово збільшуються.

Наприкінці періоду лунає бадьора музика. Вимовляються тричі мобілізуючі формули аутогенного тренування, яким мають передувати глибоке вдихання та довге глибоке видихання:

– «Я бадьорий, свіжий, веселий, у мене гарний настрій».

– «Я повний енергією, я готовий діяти».

Сеанси психологічного розвантаження можуть проводитись за єдиною програмою через індивідуальні навушники і складатись із двох періодів по 5 хвилин кожний:

1) повне розслаблення;

2) активізація працездатності.

У разі потреби на фоні музичних програм можуть вимовлятися окремі фрази навіювання відпочинку, гарного самопочуття і на заключному етапі – бадьорості. Після сеансів психофізіологічного розвантаження у працівників зменшується відчуття втоми, з'являються бадьорість, гарний настрій. Загальний стан відчутно поліпшується.

ВИСНОВКИ

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» подано аналіз предметної області інноваційного концепту Індустрія 4.0, зокрема:

– Подано інформаційно-технологічний та цифровий контекст виникнення Індустрії 4.0.

– Розглянуто означення терміну Індустрія 4.0.

– Описано технології, гнучкість та продуктивність Індустрії 4.0.

– Проаналізовано стійкість та людиноцентрованість Індустрії 4.0.

В другому розділі кваліфікаційної роботи проаналізовано застосування інформаційних технологій для організації виробництва за принципами Індустрії 4.0:

– Описано бізнес-процеси виробництва за принцмпами Індустрії 4.0.

– Розглянуто ключові цінності Індустрії 4.0.

– Висвітлено інформаційно-технологічне забезпечення Індустрії 4.0.

– Описано технології що інтегруються в Індустрію 4.0.

– Подано опис особливостей розробки нового продукту з врахуванням концепту Індустрія 4.0.

– Проаналізовано перспективи подальших досліджень в галузі Індустрії 4.0.

У розділі «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» описано стихійні лиха та подана їх класифікація. Розглянуто питання про психофізіологічне розвантаження для працівників.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1 Simmert, Benedikt, Philipp Alexander Ebel, Christoph Peters, Eva Alice Christiane Bittner, and Jan Marco Leimeister. 2019. “Conquering the Challenge of Continuous Business Model Improvement.” *Business & Information Systems Engineering* 61 (4): 451–468. doi:10.1007/s12599-018-0556-y.

2 V. Nykytyuk, et al. "Information technology platform for the selection and analytical processing of information on COVID-19." 2021 IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). Vol. 2. IEEE, 2021.

3 Veza, I., M. Mladineo, and N. Gjeldum. 2015. “Managing Innovative Production Network of Smart Factories.” *IFACPapersOnLine* 48 (3): 555–560.

4 Nascimento, Daniel Luiz Mattos, Viviam Alencastro, Osvaldo Luiz Gonçalves Quelhas, Rodrigo Goyannes Gusmão Caiado, Jose Arturo Garza-Reyes, Luis Rocha-Lona, and Guilherme Tortorella. 2019. “Exploring Industry 4.0 Technologies to Enable Circular Economy Practices in a Manufacturing Context.” *Journal of Manufacturing Technology Management* 30 (3): 607–627. doi:10.1108/JMTM-03-20180071.

5 Trappey, Amy J. C., Charles V. Trappey, Usharani Hareesh Govindarajan, Allen C. Chuang, and John J. Sun. 2017. “A Review of Essential Standards and Patent Landscapes for the Internet of Things: A Key Enabler for Industry 4.0.” *Advanced Engineering Informatics* 33 (August): 208–229. doi:10.1016/j.aei.2016.11.007.

6 Xu, Li Da, and Lian Duan. 2019. “Big Data for Cyber Physical Systems in Industry 4.0: A Survey.” *Enterprise Information Systems* 13 (2): 148–169. doi:10.1080/17517575.2018. 1442934.

7 Buckholtz, Ben, Ihab Ragai, and Lihui Wang. 2015. “Cloud Manufacturing: Current Trends and Future Implementations.” *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 137 (4): 40902.

8 Aheleroff, Shohin, Xun Xu, Yuqian Lu, Mauricio Aristizabal, Juan Pablo Velásquez, Benjamin Joa, and Yesid Valencia. 2020. “IoT-Enabled Smart Appliances Under Industry 4.0: A Case Study.” *Advanced Engineering Informatics* 43: 101043.

9 Ardolino, Marco, Nicola Saccani, Federico Adrodegari, and Marco Perona. 2020. “A Business Model Framework to Characterize Digital Multisided Platforms.” *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity* 6 (1): 10.

10 Kazancoglu, Yigit, and Yesim Deniz Ozkan-Ozen. 2018. “Analyzing Workforce 4.0 in the Fourth Industrial Revolution and Proposing a Road Map from Operations Management Perspective With Fuzzy DEMATEL.” *Journal of Enterprise Information Management* 31 (6): 891–907. doi:10.1108/JEIM-01-2017-0015.

11 Bressanelli, Gianmarco, Federico Adrodegari, Marco Perona, and Nicola Saccani. 2018. “The Role of Digital Technologies to Overcome Circular Economy Challenges in PSS Business Models: An Exploratory Case Study.” In *Procedia CIRP*. doi:10.1016/j.procir.2018.03.322.

12 Buer, Sven-Vegard, Jan Ola Strandhagen, and Felix T. S. Chan. 2018. “The Link BetweenIndustry4.0 andLeanManufacturing: Mapping Current Research and Establishing a Research Agenda.” *International Journal of Production Research* 56 (8): 2924–2940. doi:10.1080/00207543.2018.1442945.

13 Fatorachian, Hajar, and Hadi Kazemi. 2018. “A Critical Investigation of Industry 4.0 in Manufacturing: Theoretical Operationalisation Framework.” *Production Planning & Control* 29(8):633–644.doi:10.1080/09537287.2018.1424960.

14 Piccarozzi, Michela, Barbara Aquilani, and Corrado Gatti. 2018. “Industry 4.0 in Management Studies: A Systematic Literature Review.” *Sustainability* 10 (10): 3821. doi:10.3390/ su10103821.

15 Muhuri, Pranab K., Amit K. Shukla, and Ajith Abraham. 2019. “Industry 4.0: A Bibliometric Analysis and Detailed Overview.” *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 78 (September 2018): 218–235. doi:10.1016/j.engappai.2018.11.007.

16 Kamble, Sachin S., Angappa Gunasekaran, and Shradha A. Gawankar. 2018. “Sustainable Industry 4.0 Framework: A Systematic Literature Review Identifying the Current Trends and Future Perspectives.” *Process Safety and Environmental Protection* 117 (July): 408–425. doi:10.1016/j.psep.2018. 05.009.

17 Kerin, Mairi, and Duc Truong Pham. 2019. “A Review of Emerging Industry 4.0 Technologies in Remanufacturing.” *Journal of Cleaner Production* 237 (November): 117805. doi:10.1016/j.jclepro.2019.117805.

18 Kadir, Bzhwen A., Ole Broberg, and Carolina Souza da Conceição. 2019. “Current Research and Future Perspectives on Human Factors and Ergonomics in Industry 4.0.” *Computers & Industrial Engineering* 137 (December 2018): 106004. doi:10.1016/j.cie.2019.106004.

19 Klingenberg, Cristina Orsolin, Marco Antônio Viana Borges, and José Antônio Valle Antunes, Jr. 2019. “Industry 4.0 as a Data-Driven Paradigm: A Systematic Literature Review on Technologies.” *Journal of Manufacturing Technology Management* 88881 (June): JMTM-09-2018-0325. doi:10.1108/JMTM-09-2018-0325.

20 Ghobakhloo, Morteza. 2018. “The Future of Manufacturing Industry: A Strategic Roadmap Toward Industry 4.0.” *Journal of Manufacturing Technology Management* 29 (6): 910–936. doi:10.1108/JMTM-02-2018-0057.

21 Piccarozzi, Michela, Barbara Aquilani, and Corrado Gatti. 2018. “Industry 4.0 in Management Studies: A Systematic Literature Review.” *Sustainability* 10 (10): 3821. doi:10.3390/ su10103821.

22 Plattform Industrie 4.0. https://www.plattform-i40.de.

23 DIN SPEC 91345:2016-04 - Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0). Veroffentlichung 20.04.2016.

24 Process Automation Device Information Model (PA-DIM). OPC Foundation. 2021. https://opcfoundation.org/markets-collaboration/pa-dim/.

25 VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik: Statusbericht; Industrie 4.0; Wertschopfungsketten. Düsseldorf: VDI e.V.. 2014. April.

26 Vogel-Heuser B, Hess D. Guest editorial: Industry 4.0–prerequisites and visions. IEEE Trans Autom Sci Eng 2016;13(April 2).

27 Rüßmann M, Lorenz M, Gerbert P, Waldner M, Engel P, Harnisch M, et al. Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries. 09 April. Boston Consulting Group; 2015.

28 V. Nykytyuk, et al. "COVID-19 data collections and analytical processing." 2021 IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). Vol. 2. IEEE, 2021.

29 Duda O., Matsiuk O., Kunanets N., Pasichnyk V., Rzheuskyi A., Bilak Y., Formation of Hypercubes Based on Data Obtained from Systems of IoT Devices of Urban Resource Networks, International Journal of Sensors, Wireless Communications and Control (2020) 10: 1. ISSN 2210-3287.

30 Duda, O., Kunanets, N., Martsenko, S., Matsiuk, O., Pasichnyk, V., Building secure Urban information systems based on IoT technologies. CEUR Workshop Proceedings 2623, pp. 317-328. 2020.

31 Bodnarchuk I., Duda O., Kharchenko A., Kunanets N., Matsiuk O., Pasichnyk V. Choice method of analytical information-technology platform for projects associated to the smart city class. ICTERI 2020 ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer Proceedings of the 14th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume I: Main Conference p.317-330.

32 Forschungsunion acatech. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group. 8 April. 2013.

33 Villani V, Sabattini L, Baranska P, Callegati E, Czerniak JN, Debbache A, et al. The ´ INCLUSIVE system: a general framework for adaptive industrial automation. IEEE Trans Autom Sci Eng 2020. https://doi.org/10.1109/TASE.2020.3027876.

34 Flores E, Xu X, Lu Y. Human Capital 4.0: a workforce competence typology for Industry 4.0. J Manuf Technol Manag 2020;31(4):687–703. https://doi.org/ 10.1108/JMTM-08-2019-0309.

35 Weilkiens, Tim, Christian Weiss, Andrea Grass, and Kim Nena Duggen. 2016. *OCEB 2 Certification Guide: Business Process Management-Fundamental Level*. Burlington, MA: Morgan Kaufmann.

36 Porter, Michael E. 2011. *Competitive Advantage of Nations: Creating and Sustaining Superior Performance*. New York, NY: Free Press.

37 Kirikova, Marite, Robert Buchmann, and Razvan Aurelian Costin. 2012. "Joint Use of SCOR and VRM." In *International Conference on Business Informatics Research*, 111–125. Berlin: Springer.

38 Cragg, Paul, and Annette Mills. 2011. "IT Support for Business Processes in SMEs." *Business Process Management Journal* 17 (5): 697–710. doi:10.1108/14637151111166141.

39 Breque M, De Nul L, Petridis A. Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. Luxembourg, LU: European Commission, Directorate-General for Research and Innovation; 2021.

40 Lu Y, Adrados JS, Chand SS, Wang L. Humans are not machines—anthropocentric human–machine symbiosis for ultra-flexible smart manufacturing. Engineering 2021;7:734–7. https://doi.org/10.1016/J.ENG.2020.09.018.

41 Fettermann, Diego Castro, Caroline Gobbo Sá Cavalcante, Tatiana Domingues de Almeida, and Guilherme Luz Tortorella. 2018. "How Does Industry 4.0 Contribute to Operations Management?" *Journal of Industrial and Production Engineering* 35 (4): 255–268. doi:10.1080/21681015.2018. 1462863.

42 Mohamed, Nader, Jameela Al-Jaroodi, and Sanja LazarovaMolnar. 2019. "Leveraging the Capabilities of Industry 4.0 for Improving Energy Efficiency in Smart Factories." *IEEE Access* 7: 18008–18020. doi:10.1109/ACCESS.2019.2897045.

43 Ardito, Lorenzo, Antonio Messeni Petruzzelli, Umberto Panniello, and Achille Claudio Garavelli. 2019. “Towards Industry 4.0.” *Business Process Management Journal* 25 (2): 323–346. doi:10.1108/BPMJ-04-2017-0088.

44 Da Silva, Vander Luiz, João Luiz Kovaleski, Regina Negri Pagani, Jaqueline De Matos Silva, and Alana Corsi. 2020. “Implementation of Industry 4.0 Concept in Companies: Empirical Evidences.” *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 33 (4): 325–342. doi:10.1080/095 1192X.2019.1699258.

45 Alguliyev, Rasim, Yadigar Imamverdiyev, and Lyudmila Sukhostat. 2018. “Cyber-Physical Systems and Their Security Issues.” *Computers in Industry* 100: 212–223.

46 Oztemel, Ercan, and Samet Gursev. 2018. “Literature Review of Industry 4.0 and Related Technologies.” *Journal of Intelligent Manufacturing* (June). doi:10.1007/s10845-018-1433-8.

47 Fosso Wamba, Samuel, Shahriar Akter, Andrew Edwards, Geoffrey Chopin, and Denis Gnanzou. 2015. “How ‘Big Data’ Can Make Big Impact: Findings from a Systematic Review and a Longitudinal Case Study.” *International Journal of Production Economics* 165 (July): 234–246. doi:10.1016/j.ijpe.2014.12.031.

48 Xu, Xun. 2012. “From Cloud Computing to Cloud Manufacturing.” *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 28 (1): 75–86. doi:10.1016/j.rcim.2011.07.002.

49 Russell, Stuart J, and Peter Norvig. 2016. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Malaysia: Pearson Education Limited.

50 Wang, X., S. K. Ong, and A. Y. C. Nee. 2018. “A Comprehensive Survey of Ubiquitous Manufacturing Research.” *International Journal of Production Research* 56 (1–2): 604–628.

51 Durão, Luiz Fernando C. S., Alexander Christ, Eduardo Zancul, Reiner Anderl, and Klaus Schützer. 2017. “Additive Manufacturing Scenarios for Distributed Production of Spare Parts.” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 93 (1–4): 869–880. doi:10.1007/s00170-0170555-z.

52 European Commission. Directorate General for Research and Innovation. Enabling Technologies for Industry 5.0 Results of a workshop with Europe's technology leaders. 2020.

53 Miranda, Jhonattan, Roberto Pérez-Rodríguez, Vicente Borja, Paul K. Wright, and Arturo Molina. 2019. "Sensing, Smart and Sustainable Product Development (S 3 Product) Reference Framework." *International Journal of Production Research* 57 (14): 4391–4412. doi:10.1080/00207543.2017. 1401237.

54 Tao, Fei, and Qinglin Qi. 2019. "New IT Driven ServiceOriented Smart Manufacturing: Framework and Characteristics." *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems* 49 (1): 81–91. doi:10.1109/TSMC.2017.2723764.

55 Dalenogare, Lucas Santos, Guilherme Brittes Benitez, Néstor Fabián Ayala, and Alejandro Germán Frank. 2018. "The Expected Contribution of Industry 4.0 Technologies for Industrial Performance." *International Journal of Production Economics* 204 (July): 383–394. doi:10.1016/j.ijpe.2018. 08.019.

56 Huang GQ, Vogel-Heuser B, Zhou M, Dario P. Digital technologies and automation: the human and eco-centered foundations for the factory of the future [TC Spotlight]. IEEE Robot Autom Mag 2021;28:174–9. https://doi.org/10.1109/MRA.2021.3095732.

57 Agreement P. Paris agreement. Report of the Conference of the parties to the United Nations framework convention on climate change (21st session, 2015: Paris), vol. 4. HeinOnline; 2015. Retrieved December, p. 2017.

58 Assembly G. Sustainable development goals. SDGs transform our world. 2015. p. 2030.

59 Government Wales. Well-being of future generations (Wales) act 2015. 2015.

60 Talberth J, Weisdorf M. Genuine progress indicator 2.0: pilot accounts for the US, Maryland, and City of Baltimore 2012–2014. Ecol Econ 2017;142:1–11.

61 Llena-Nozal A, Martin N, Murtin F. The economy of well-being: creating opportunities for people's well-being and economic growth. OECD; 2019.

62 National Performance Framework | National Performance Framework, n.d., https://nationalperformance.gov.scot/.

63 OECD Better Life Index, n.d., https://www.oecdbetterlifeindex.org/.

64 Класифікація виробничих аварій і катастроф. URL: http://weblib.pp.ua/klassifikatsiya-proizvodstvennyih-avariy-18163.html.

65 Стихійні лиха. Класифікація та медико-тактичні особливості. Основи організації та проведення аварійно-рятувальних і невідкладних робіт, медична допомога в районах стихійного лиха. UPL: http://vnz-mpu.com.ua/images/pdf/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97/%D0%92%D0%9C%D0%9F_%D1%82%D0%B0_%D0%BC%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%87%D0%B0%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D1%85_%D1%81%D0%B8%D1%82%D1%83%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%B9/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F_6.pdf.

66 Причини виникнення землетрусів та їх наслідки. UPL: https://osvita.ua/vnz/reports/bjd/23426/.

67 Психофізіологічне розвантаження. UPL: https://studfile.net/preview/2430071/page:9/.

68 Основи охорони праці - Гандзюк М. П. - Психофізіологічне розвантаження. UPL: https://ukrtextbook.com/osnovi-oxoroni-praci-gandzyuk-m-p/osnovi-oxoroni-praci-gandzyuk-m-p-psixofiziologichne-rozvantazhennya.html.

69 Психологічне розвантаження. UPL: https://pidru4niki.com/11631018/bzhd/psihologichne_rozvantazhennya.