

УДК 004.08

В.В. ГРИЦИК

Національний університет "Львівська політехніка"

### СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ЗАВДАНЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЕПОХИ 4-ОЇ ПРОМИСЛОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ

*У роботі досліджено задачі, які поставлені перед інформаційними технологіями в епоху 4-ої промислової революції (Industry 4.0). Робота зорієнтована на пошук і формалізацію ключових вимог до інтелектуальних інформаційних технологій. Подано аналіз і представлено прогноз розвитку інформаційних технологій на найближчі 10-15 років. Зокрема, у роботі послідовно розглянуто основні чинники впливу на розвиток інформаційних технологій, їхні комбінації, виведено найбільш ймовірний наслідок і можливі варіанти реакції. Метою роботи є стимулювання шляхів пошуку варіантів співіснування людей і адаптивних технологій.*

*Ключові слова:* 4-а промислова революція, інтелектуальні інформаційні технології.

В.В. ГРИЦИК

Національний університет "Львовская политехника"

### СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ЗАДАЧ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЭПОХИ 4-Й ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

*В работе исследованы задачи развития информационных технологий в эпоху 4-й промышленной революции (Industry 4.0). Работа ориентирована на поиск и формализацию основных требований к интеллектуальным информационным технологиям. Проведено анализ и прогноз развития информационных технологий в ближайшие 10-15 лет. В частности, в работе последовательно рассмотрены основные факторы влияния на развитие информационных технологий, их комбинации, выведено наиболее вероятный результат и возможные варианты реакции. Целью работы является стимулирование путей поиска вариантов сосуществования людей и адаптивных технологий.*

*Ключевые слова:* 4-я промышленная революция, интеллектуальные информационные технологии.

V.V. HRYTSYK

Lviv Polytechnic National University

### INFORMATION TECHNOLOGIES OBJECTIVES OF THE 4TH INDUSTRIAL REVOLUTION ARE SYSTEMIZED

*Artificial Intelligence problems that was unbelievably to solve before, thus are solved now. Knowledge of deep learning algorithms did possible to create voice recognition systems. Self-driving cars – it is reality. Starting to work computer vision and computer sensibility. Machines analyzing, planning, creating, intelligence decision making. All those show us that theoretical and applied methods and realizations are now, when we can prognosis: people will lose control for decision making at least 99% of it. Intelligence and not machines will take the control from humans.*

*The paper investigates the tasks set of information technologies in the era of the 4th Industrial Revolution (Industry 4.0). The work focuses on the search and formalization of key requirements for intelligent information technology. The analysis and forecast of the development of information technologies for the next 10-15 years are presented. In particular, the main factors influencing the development of information technologies, their combinations, the most probable consequence and possible variants of the reaction are considered in the work. The purpose of the work is to stimulate the search for variants of coexistence of people and adaptive technologies, since in situations where in the next few decades the productivity of systems and means of artificial intelligence can exceed the human capabilities at times, such a statement of the problem is the best approach. In the longer run, the main task is to attempt to outline the direction in which the non-people (another kind of smart, adaptive information technology, etc.) will outperform people by the basic quality of a person, which allowed a person to be at the top of the food chain – intelligence. The conditions, circumstances and results of technological changes are studied in the paper. The influence on productivity that was caused by certain factors during industrial revolutions was investigated.*

*The author sees the result of revolution of extreme automation in all spheres of life. I note that the result of the author sees the introduction of "weak systems based on weak artificial intelligence" or systems and their intelligent components that will solve local problems.*

*Keywords:* Industrial 4.0, intelligence information technologies.

**Постановка проблеми**

Складність досліджуваної проблеми полягає у тому, що ми живемо в час актуальності проблеми, і відповідно, можемо упускати деякі важливі характеристики (які впливають на остаточний результат), а деякі риси потребуватимуть корекції .

Сьогодні в світі існують стійкі тенденції до спроб замінити людину у всіх процесах діяльності, де це можливо. Комп'ютерна техніка настільки міцно вкоренилась в нашому суспільстві, що на сьогодні вже не можна уявити собі жодного виду діяльності, не пов'язаного, так чи інакше, з комп'ютером [1–8, 10–14].

Узагальнюючи огляд досліджень та впроваджень інтелектуальних ІТ в ЄС та США: ЄС через програму FP7 профінансував розробки складних технік для розуміння аудіовізуальних відображень впродовж життя для типових і нетипових популяцій [9]. Зараз все актуальнішими стають структури, що масштабовано відтворюють роботу людського мозку (ті чи інші задачі, які традиційно ним виконуються). Зокрема на цю тематику через програму FP7 з 2007 виділено 1.9 млрд. євро на 1200 проектів зі 1200 учасниками.

Сьогодні проблеми ШІ, які вважалися невіршуваними ще декілька років назад, вже вирішені: розпізнавання голосу, обличчя, номерних знаків, самокеровані авто тощо – реальність. Усе це показує, що еволюція (теоретичні, прикладні розробки) дійшли до того моменту, коли в прогнозі розвитку людства однією із найбільш ймовірних моделей розвитку є та модель, при якій люди повністю або на 99% втрачають контроль за розвитком подій. Можливо таке припущення для людей, поза сферою досліджень ІТ, видається дещо передчасним, але гіршим сценарієм є те, що це єдино можлива модель розвитку. Поштовхом до цього дослідження було кілька факторів:

по-перше – це 4-а промислова революція (сьогодні у 1-му десятку країн, що задають темпи розвитку на усій планеті, ІТ та виробництво сплелися настільки, що участь у технологічному процесі людей – це скоріше швидко слабнуча економічна складова, ніж технологічна). Сюди ж можна додати і сферу обслуговування: фінансові і страхові сектори, Інтернет послуги, продажі тощо.

по-друге – це стрімкий розвиток нових прикладних методів реалізації комп'ютерного мислення;

по-третє – це нові прикладні підходи до сприйняття реальності комп'ютерними системами.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Побудуємо послідовність розвитку виробничих технологій. Перша промислова революція призвела до переходу від ручного до механізованого виробництва через використання парового двигуна, Друга промислова революція спричинила перехід до масового виробництва, через використання електродвигуна і конвеєра. Третя промислова революція призвела до переходу на автоматизоване виробництво через використання комп'ютерів та інформаційних технологій [1, 2, 4, 6, 7] (табл. 1).

Таблиця 1

Зміна технологічних укладів

	Період	Інновації	Результат
1-а промислова революція	Кінець 18-початок 19 ст.	Парові двигуни, ткацькі станки, металургія, транспорт, механічні пристрої	Перехід від ремісництва до промислового виробництва і розвитку транспорту.
2-а промислова революція	Кінець 19-початок 20 ст.	Електроенергія, сталь, нафтова і хімічна промисловість, телефон і телеграф, конвеєр (масове виробництво)	Комунікаційні та механічні інформаційні технології, залізничний транспорт та парові судна, електроенергія, розподіл праці і масове виробництво.
3-а промислова революція	Третя четвертина 20ст.	Електроніка, цифрові технології (їх застосування у виробництві)	Електроніка і робототехніка, мінімізація участі людей у виробництві товарів. Акцент на людино-машинний інтерфейс в ІКТ.
4-а промислова революція	2011 рік	Глобальні промислові мережі, інтернет речей, конкурентні відновлювальні джерела енергії, перехід від металургії до композитних матеріалів, вертикальні ферми і синтез їди, 3D принтери, самокерований транспорт, біотехнології (генетична модифікація), ШНМ і штучний інтелект,	Глобальні мережі: інформаційні, комунікаційні, промислові (мережевий і колективний доступ, хмарні обчислення); Розподілене та адаптивне виробництво, обслуговування – усунення людей від участі у виробництві товарів і надання послуг. Акцент на машино-машинний інтерфейс в ІКТ і кіберфізичні системи.

Вперше термін "Industrie 4.0" (укр. "Промисловість 4.0") став відомим у квітні 2011 року, коли на Ганноверському ярмарку група "Industrie 4.0" виступила з ініціативою підвищення конкурентоздатності німецької економіки [3, 6].

У вузькому смислі "Промислова революція 4.0" – це назва однієї із 10 державних Hi-tech стратегій Німеччини до 2020 року. Стратегія описує концепцію розумного виробництва (Smart Manufacturing), що ґрунтується на інтеграції речей і послуг (Internet of Things and Services) у глобальній Інтернет.

У широкому смислі "Промислова революція 4.0" – це процеси (методи і методики) обміну даними, що включає в себе кіберфізичні системи, інтернет речей, хмарні обчислення. "Промислова революція 4.0" є новим рівнем організації виробництва і управління ланцюжком створення вартості впродовж усього життєвого циклу продукції (речі або послуги).

**Означення.** Четверта промислова революція (англ. The Fourth Industrial Revolution [1, 2], також англ. Industry 4.0, нім. Industrie 4.0 [3], укр. Промисловість 4.0 [4]) – поняття, що означає розвиток і злиття автоматизованого виробництва, обміну даних і виробничих технологій в єдину саморегульовану систему, з як найменшим або взагалі відсутнім втручанням людини у виробничий процес [5].

Термін був визначений як "збірне поняття для технологій і концепцій організації ланцюжка створення додаткової вартості" із використанням кіберфізичних систем, Інтернету речей, Інтернету послуг, розумних заводів [6]. Фаза промислової революції, яка характеризується злиттям технологій, що розвиває межі між фізичною, цифровою та біологічною сферами [7].

"Мова йде про хвилю відкриттів, обумовлених розвитком можливостей встановлення зв'язку: роботи, дрони, розумні міста, штучний інтелект і дослідження головного мозку" – говорить Швабе.

Отже, узагальнимо:

Промислова революція 4.0 – це перехід на повністю автоматизоване цифрове виробництво і обслуговування, що реалізується (управління і виконання) інтелектуальними системами в режимі реального часу при постійній взаємодії із зовнішнім середовищем і глобальною інтеграцією впродовж усього життєвого циклу продукції (речі чи послуги).

**Мета дослідження**

У роботі буде послідовно розглянуто усі три згадані фактори, їхні комбінації, виведено найбільш ймовірний наслідок і можливі варіанти реакції. Робота стимулювати шляхи пошуку варіантів співіснування, оскільки в умовах, коли у найближчі кілька десятиліть ШІ може в рази перевершувати можливості людини, така постановка проблеми є найкращим підходом. Але основною задачею є спроба накреслити напрямок до ситуації, в якій не люди (інший вид розумного) будуть перевершувати людей по основній якості людини, яка дозволила людині опинитися на вершині харчового ланцюжка.

**Викладення основного матеріалу дослідження**

Розглянемо ще одне визначення, яке є активним учасником "4-ї промислової революції":

Кіберфізична система (cyber physical system (CPS)) – це механізм, який контролюється або управляється комп'ютерним алгоритмом і є інтегрованим з Інтернетом і його користувачами.

Функції кіберфізичної системи подано в табл.2.

Таблиця 2

Кіберфізична система для виробництва

Рівень	Функції	Параметри (характеристики)
5	Конфігураційний рівень (машино-машинний інтерфейс)	– Функціональна стійкість системи (само конфігурація при пошкодженнях, збуреннях тощо); – Самоналаштування для різних компонентів системи;
4	Рівень пізнання (машино-людинний інтерфейс)	– Інтегрована симуляція і синтез; – Віддалена візуалізація для людини; – Спільна діагностика та прийняття рішень
3	Кібернетичний рівень	– Синхронна модель для компонентів і машини; – Часова машина для варіантів ідентифікації і пам'яті; – пошук подібності при аналізі даних (кластеризація, границі тощо)
2	Рівень трансформації даних в інформацію	– Розумний аналіз для компонентів машинного здоров'я; – Кореляція багатовимірних даних; – Передбачення втрати продуктивності та деградації систем.
1	Рівень розумного з'єднання	– Сенсорні мережі; – Безкоштовні / платні прив'язки; – Plug & play

На рівні "Підключення" пристрої можуть бути спроектовані для самостійного підключення та самоаналізу за поведінку. На рівні "Трансформації" дані, отримані від самостійних пристроїв та датчиків, вимірюють особливості критично важливих проблем із власними усвідомленнями, машини можуть використовувати цю інформацію для самостійного прогнозування своїх потенційних проблем. На рівні "Кібернетичний" кожна машина створює власного "близнюка", використовуючи інструментальні функції, і далі характеризує схему здоров'я машини на основі методології "Time-Machine". Встановлений "близнюк" в кібер-просторі може виконувати самостійне порівняння для однорангової продуктивності для подальшого синтезу. На рівні "Пізнання" результати самооцінки та параметри процесів будуть представлені користувачам. На рівні "Конфігурація" машина або виробнича система можуть бути переналаштовані на основі критеріїв пріоритету та ризику для досягнення стійкої продуктивності [19].

Оригінальна ідея моделі близнюка взята з [20], в якій фізична операція була пов'язана з віртуальною операцією за допомогою інтелектуального розумового агента. Детальна версія цієї концепції представлена в [21, 22].

Передбачається, що кіберфізичні системи будуть об'єднуватися в одну мережу, зв'язуватися одна з одною в режимі реального часу, самоналаштовуватися і навчатися новим моделям поведінки. Тобто якщо в умовах Третньої промислової людина все ще контролює і спрямовує дію автоматів, виправляє збої в роботі, то в Четвертій відкривається перспектива того, що це робитимуть самі "розумні" машини. Передбачено, що ці системи об'єднуватимуться в одну мережу за допомогою так званого інтернету речей, контактуватимуть між собою в режимі реального часу. Відтак вони вибудовуватимуть виробництво й постачання з меншою кількістю помилок, підтримуватимуть контакт із уже виробленими товарами й адаптуватимуться під нові потреби споживачів без участі людини. Наприклад, автомобіль Tesla, отримуючи оновлення через мережу й обмінюючись інформацією зі смартфоном користувача, вивчає його звички, адаптується до маршрутів, розраховує час виїзду залежно від планів у календарі й місця наступної зустрічі, прогріває салон перед розрахунковим часом виходу господаря з дому.

Однією з основних тем Всесвітнього економічного форуму в Давосі знову стала Четверта промислова революція – 27 засідань фонду у 2017 році були присвячені Індустрії 4.0.

Для ефективного прогнозування перебігу "промислової революції" розглянемо взаємозв'язки джерел енергії, винаходів та організації виробництва (табл. 3).

Таблиця 3

Взаємозв'язок сировини, енергії, організації виробництва

	Сировина	Джерела і способи передачі енергії	Організація виробництва і управління
1-а промислова революція	Вугілля і залізо	Головна технологія – паровий двигун: перетворення теплової енергії в механічну; металургія	Механізація окремих елементів.
2-а промислова революція	Вугілля,	Електроенергія, сталь і обробка металів, нафтова і хімічна промисловість, телефон і телеграф,	Конвеєр – об'єднання окремих механізованих елементів в один промисловий ланцюжок; Зародження теорії управління.
3-а промислова революція	Нафта, уран	Електроніка, цифрові технології (їх застосування у виробництві), атомна енергетика, відеотрансляція, Інтернет	Теорія автоматичного управління та кібернетика; Теорія людино-машинної взаємодії. Теорія автоматичного прийняття рішень; теорія перевиробництва.
4-а промислова революція	Відновлювальні джерела енергії.  Цифрова сировина	Технології: мережеві, адаптивні, переробки, 3D друку і синтезу матеріалів.  Технології синтезу з цифрової сировини.	Теорія машино-машинної взаємодії. теорія обробки великих даних;  Теорії: синтезу великих даних*, самонавчальних, самовідтворюваних, самовідновлюваних систем.

\* дані-продукти відомі нам усім – це перш за все результати пошуку в пошукових системах.

Першими кроками світу до нової промислової революції стали хмарні технології, розвиток способів збору і аналізу великих об'ємів даних, біотехнології, безпілотні автомобілі і медицина, заснована на 3D-друку.

Сьогодні, коли 4-а промислова революція – очевидна реальність – уже чітко видно, що вже у найближчому майбутньому (щонайбільше до 2030 року) в ланцюжку видобування сировини – виробництво – продаж – доставка – клієнт, людина може стати зайвою. Сьогодні, ми бачимо як руйнуються останні bastioni конкурентної переваги людства – творчість, розробка, дизайн, аналіз, планування тощо. Наразі це

виглядає лише як елементи яскравих картинок: комп'ютерний інтелект обіграв чемпіона гри в Го [8], чи самокеровані автомобілі планують маршрути і формують комфортні умови, чи боти які обслуговують Інтернет сервіси, чи роботи – офіціанти, покупка-продаж, проектування замовлень без участі людей тощо. Усі ці речі є поза конкуренцією хоча б тому, що у країнах двигунах планетарної економіки, робототехніка вже витіснила людей з виробництва та продовжує витісняти з інших галузей.

У цій тенденції еволюційних змін військові також не залишаються осторонь: самонавідна зброя, що покликана швидко реагувати на нові ситуації уже витісняє людей з ближнього бою [рої, лазерні системи перехоплення ракет, контр батареїні системи тощо]. Мова йде не тільки про повітряний чи морський простір, на землі прикладами є всюдихідні військові замовлення [9]. І чим швидшими ставатимуть такі системи, тим вище по ланцюжку прийняття рішень вони просуватимуться – адже, якщо по одну сторону рішення приймають роботи, то по іншу сторону їх теж повинні приймати швидко і без помилок. Інакше за долі секунди цієї іншої сторони просто не буде. Зростають швидкості і у військових вже немає часу на прийняття рішень – або рішення приймає комп'ютер або майбутнього немає. Прикладом, який можна представляти як класичний – може служити ситуація, коли час підльоту ядерної ракети США є меншим з ланцюжок прийняття рішень у Кремлі. Те саме стосується і ракет і літаків (тепер ще з'являться і рої ботів) – або комп'ютер приймає рішення, або ... фактично це вже змінило погляди на ведення воєн – зараз розвивається стратегія вигравання ядерної війни без ядерними засобами.

Альтернативна енергетика у 40% дозволяє передбачити повну незалежність таких систем від людей і їх думки про потребу таких систем. Самовідновлюваність таких систем із сучасними системами виробництва, навігації і доставки – не є проблемою. А попереду їх (ці автономні агенти) очікує ще 3D друк. А вертаючись до військових – друк роїв на потребу прямо на літаку – це зовсім не фантастична ілюзія.

Можна пообіцяти не створювати автономних роботів для використання у військових цілях (як це зробили Clearpath Robotics), але що робити, якщо таких випустять опоненти?

Ще важча для прогнозу ситуація із настанням точки сингулярності.



Рис. 1. Приклад трьохрівневої категоріальної архітектури.

### Висновки

Аналізуючи пройдені етапи та теперішній стан (Інтернет речей (IoT), Industrial Internet of Things (IIoT), Інтернет цінностей (IoV), Інтернет усього (IoE)) автор (враховуючи що він живе в Україні, а не в країні, що знаходиться на вістрі технологічних розробок), пробує дати прогноз на розвиток технологій у цій роботі, бачить результатом революції екстремальну автоматизацію у всіх сферах життя – методи штучного інтелекту будуть застосовуватися в усіх сферах людського життя. Зауважу, що результатом буде впровадження "слабкого ШІ" або систем та їх інтелектуальних компонентів, що вирішуватимуть локальні задачі.

Однак, такий висновок (зі слабким штучним інтелектом у всіх сферах життя) є цінним лише для класичних форм. Основна проблема може полягати у альтернативних рішеннях. Наприклад, гіпотеза про те, що інтелект і раціональна поведінка не виникають у нематеріальних (не впроваджених) системах, таких як системи доведення теорем або традиційних експертних системах. Інтелект є продуктом взаємодії певної багатопарової системи зі своїм оточенням (рис. 1). А інтелектуальна поведінка виникає із взаємодії архітектури, які організовані, з більш простих сутностей.

Головною ідеєю цього підходу є припущення, що „при побудові великих інтелектуальних систем представлення є неправильною одиницею абстракції”. Таким чином явні представлення світу можна реалізувати лише на нижчих рівнях інтелекту. Категоріальна архітектура передбачає побудову завершеної системи на кожному рівні програмної архітектури і забезпечити надійність її функціонування.

Отже, по завершенні "індустріальної революції" є висока ймовірність появи штучного інтелекту високого рівня.

#### Список використаної літератури

1. Klaus Schwab. The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond ((англ.)). World Economic Forum. E-ресурс: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond>;
2. Клаус Шваб. Четверта промислова революція: як до неї готуватися (переклад). Національний університет біоресурсів і природокористування України. E-ресурс: <http://nubip.edu.ua/node/23076>;
3. H. Kagermann, W.-D. Lukas, W. Wahlster. Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution ((нім.)). VDI nachrichten. E-ресурс: <http://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Gesellschaft/Industrie-40-Mit-Internet-Dinge-Weg-4-industriellen-Revolution>;
4. Фабіан Шмідт, Захар Бутирський. Ганноверський ярмарок: інтернет зливається з заводом. Deutsche Welle. E-source: <http://www.dw.com/uk/ганноверський-ярмарок-інтернет-зливається-з-заводом/a-16728837>;
5. Олександр Крамар. Погляд із периферії. E-source: <http://tyzhden.ua/Economics/162508>;
6. Mario Hermann, Tobias Pentek, Boris Otto. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. E-source: [http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4\\_0-Scenarios.pdf](http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf);
7. Klaus Schwab. The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. E-source: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>;
8. e-source: <https://hi-news.ru/games/algorithm-google-obygral-60-igrokov-v-go-bez-edinogo-porazheniya.html>;
9. Boston dynamic. E-source: <http://www.bostondynamics.com/>
10. Asilomar AI Principles. E-source: <https://futureoflife.org/ai-principles/>
11. Безумовний дохід. E-source: <http://ua.euronews.com/2017/02/21/universal-income-a-game-changer-or-futile>;
12. E-source: <http://www.businessinsider.com/bank-of-america-wonders-about-the-matrix-2016-9?IR=T>
13. Business Insider, <http://www.businessinsider.com/cyborgs-are-the-future-of-financial-advice-2017-2>;
14. <https://www.wsj.com/articles/how-ai-is-transforming-the-workplace-1489371060>
15. <http://science.sciencemag.org/content/354/6314/900>;
16. [https://www.buzzfeed.com/venessawong/the-computerized-lettuce-factory-of-the-future?utm\\_term=.ksDgr2oOq#.rtwBvDLwn](https://www.buzzfeed.com/venessawong/the-computerized-lettuce-factory-of-the-future?utm_term=.ksDgr2oOq#.rtwBvDLwn);
17. <https://futureoflife.org/ai-principles/>
18. Nick Bostrom. Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies.// Oxford. – 2014. – 411p.
19. Lee, Jay; Bagheri, Behrad; Kao, Hung-An (January 2015). "A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems". Manufacturing Letters. **3**: 18–23. doi:10.1016/j.mfglet.2014.12.001.
20. Lee, Jay (January 1998). "Teleservice engineering in manufacturing: challenges and opportunities". International Journal of Machine Tools and Manufacture. **38**: 901–910. doi:10.1016/S0890-6955(97)00135-1.
21. Lee, Jay (1993). "Analysis of machine degradation using a neural network based pattern discrimination model". Journal of Manufacturing Systems. **12**: 379–387. doi:10.1016/0278-6125(93)90306-E.
22. [https://en.wikipedia.org/wiki/Cyber-physical\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Cyber-physical_system)