

Електронне наукове фахове видання "Ефективна економіка" включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України від 11.07.2019 № 975) [www. economy.nayka.com.ua](http://www.economy.nayka.com.ua) | № 4, 2020 | 30.04.2020 р.

DOI: [10.32702/2307-2105-2020.4.19](https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.4.19)

УДК 007.5:004.89.330

*I. Г. Яненкова,
д. е. н., провідний науковий співробітник сектору цифрової економіки,
ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України», Київ
ORCID ID: 0000-0002-7007-4481*

ПЕРЕВАГИ ТА РИЗИКИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

*I. Yanenkova
Doctor of Economic Sciences, Leading researcher of the Digital economy Department,
State Organization «Institute for Economics and Forecasting», Kyiv*

ADVANTAGES AND RISKS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE USING IN UKRAINE AND IN THE WORLD

Обґрунтовано істотні зміни способу життя, упорядкування життєвого простору, організації праці, розподілу соціальних ролей у суспільстві внаслідок розширення сфери використання штучного інтелекту. Розкрито можливості та особливості застосування штучного інтелекту в економічній сфері. Удосконалено визначення поняття «штучний інтелект» через наголос на здатності автоматичних систем здобувати, використовувати, обробляти та створювати нове знання. Виявлено тенденцію відставання України від розвинених країн у напрямі просування до цифрової економіки через недоліки відповідної державної політики та слабкість внутрішнього ринку промислових інноваційних розробок та застосувань. Обґрунтовано перспективи та ризики використання штучного інтелекту, до яких, зокрема, належать: можливості робіт навчатися у взаємодії з мінливим середовищем із величезною кількістю змінних, досягнення у сфері медицини, особиста безпека, захист та конфіденційність інформації тощо.

Substantial changes in lifestyle, ordering of living space, organization of work, distribution of social roles in society due to expansion of the sphere of artificial intelligence use are grounded. The possibilities and features of the use of artificial intelligence in the economic sphere are revealed. The definition of "artificial intelligence" has been refined by emphasis at the ability of automatic systems to acquire, use, process and create new knowledge. Thus the term "artificial intelligence" is proposed to be defined as "the ability of automatic systems to acquire, use, process and create new knowledge." The tendency of Ukraine to lag behind from the developed countries towards the digital economy is revealed due to the shortcomings of the relevant state policy and the weakness of the internal market of industrial innovative developments and applications. Emphasis has been placed on the growth of artificial intelligence technology over the past few years and its spread in virtually every sector of the economy. Its main features, which are most in demand and find wide-ranging use, are the ability to share knowledge, to monitor and predict the evolution of a pandemic, to assist medical personnel, and to control the population.

Artificial intelligence has been shown to be an important tool in facilitating coordinated pandemic action. Examples of its use are given, and the presence of the limit of what can be achieved by this technology is noted. It is concluded that it is impossible to expect that artificial intelligence compensates for structural difficulties similar to those encountered by many medical institutions in the world. The perspectives and risks of using artificial intelligence, which include, in particular, the possibilities of robots to learn in interaction with a changing environment with a large number of variables, achievements in the field of medicine, personal security, protection and confidentiality of information, are justified.

Prospects for further research in this area may be to analyze the dynamics of artificial intelligence development by sectors and sectors of the economy, to evaluate the national artificial intelligence market, the legislative framework on artificial intelligence, and to compare it with foreign countries.

Ключові слова: *штучний інтелект; робот; машинне навчання; машинний зір; робототехніка; імітаційне навчання.*

Keywords: *Artificial intelligence; robot; machine learning; machine vision; robototechnic; imitation learning.*

Постановка проблеми. Потреби людини знаходити рішення в таких реаліях сучасного світу, як неточність, двозначність, невизначеність, нечіткість і необґрунтованість інформації зумовили актуальність інтелектуалізації обчислювальних систем. Необхідність підвищення швидкості й адекватності даного процесу стимулює створення обчислювальних систем, які через взаємодію з реальним світом засобами робототехніки, виробничого устаткування, приладів та інших апаратних засобів, можуть сприяти його здійсненню.

Обчислювальні системи, в основу роботи яких покладена виключно класична логіка – тобто алгоритми рішення відомих задач, стикаються з проблемами, зустрічаючи невизначені ситуації. На відміну від них, люди, хоча й програють у швидкості, здатні приймати успішні рішення в подібних ситуаціях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поняття штучного інтелекту було сформульовано у другій половині ХХ століття. Одне з перших визначень штучного інтелекту належить Джону МакКарті і було оприлюднене на конференції у Коледжі Дармуту (Нью Хемпшир) у 1956 р. як: «Спосіб примусити обчислювальну машину думати, як людина». Розуміння поняття інтелекту як придатності системи до навчання приводить науковців до ще одного з визначень штучного інтелекту: «здатність автоматизованих систем здобувати, адаптувати, модифікувати та поповнювати знання з метою пошуку рішень задач, формалізація яких ускладнена». [1]

Деякі дослідники сперечаються щодо визначення поняття «робот» або обговорюють, чи може визначення бути відносним або залежним від контексту ситуації, наприклад, коли йдеться про конфіденційність. [2-5] Це є обґрунтованим підходом, оскільки все більше правил і норм створюється навколо використання роботів в різних контекстах. Існують також дебати щодо того, чи включає термін «робот» інновації, такі як автономні транспортні засоби, безпілотні літаки та інші подібні машини. Вважаємо, що ці типи машин є класом мобільного робота.

Заслугує на увагу визначення штучного інтелекту від Міністерства підприємництва та технологій Польщі: технологія, яка може переконувати, навчати та спричиняти розширення можливостей людей та організацій. [6].

Формулювання цілей статті. Метою статті є визначення поняття «штучний інтелект», виявлення та обґрунтування його особливостей, переваг та ризиків використання в економіці.

Виклад основного матеріалу. Більшість роботів не є, та, ймовірно, не будуть гуманоїдами у найближчі роки. Оскільки роботи призначені для різного роду поведінки в безлічі середовищ, їх форми і фізичні здібності будуть відображати те, що найкраще підходить для цих характеристик. Винятком, ймовірно, будуть роботи, які надають медичну або іншу допомогу, наприклад, спілкування з людьми, і, можливо, робот-сервіс, який призначений для встановлення більш особистих і «гуманізованих» відносин.

Як і багато інноваційних технологічних областей сьогодні, робототехніка має вплив і в деяких напрямках керується технологіями машинного навчання. Огляд додатків машинного навчання в робототехніці дозволяє виділити п'ять ключових областей, де машинне навчання має значний вплив на роботизовані технології, як в даний час, так і на стадіях розробки для майбутнього використання:

1 - Машинне бачення

Незважаючи на те, що терміни пов'язані між собою, деякі стверджують, що правильний термін - це машинне бачення або бачення робота, а не комп'ютерне бачення, тому що «бачення роботів» передбачає більше, ніж просто комп'ютерні алгоритми; інженери та робототехніки також повинні враховувати апаратне

забезпечення камери, яке дозволяє роботам обробляти фізичні дані. Робоче бачення дуже тісно пов'язане з машинним зором, завдяки якому маємо роботів наведення і автоматичні інспекційні системи. Невелика різниця між ними може бути в кінематиці, що застосовується до зору робота, яка охоплює калібрування опорного кадру і здатність робота фізично впливати на навколишнє середовище.

Надходження великих даних, тобто візуальної інформації, доступної в Інтернеті (у тому числі фотографій та відео з анотованими / позначеними на екрані), сприяє вдосконаленню комп'ютерного зору, що, у свою чергу, допомагає подальшій структурованій техніці прогнозування на основі машинного навчання в університетах, таких як Карнегі-Меллон та інші країни, що призводить до застосування зору робота для ідентифікації та сортування об'єктів. Одним з таких прикладів є виявлення аномалій з неконтрольованим навчанням, наприклад, побудова систем, здатних знаходити і оцінювати несправності в кремнієвих пластинах із застосуванням згорткових нейронних мереж, розроблених дослідниками в лабораторії Biomimetic Robotics and Machine Learning Lab у Мюнхені. [7]

Екстрасенсорні технології, такі як радар, лідар і ультразвук, подібні до таких, як у Nvidia, також є рушійною силою розробки систем бачення на 360 градусів для автономних транспортних засобів і дронів.

2 - Імітаційне навчання

Імітаційне навчання тісно пов'язане з обсерваційним навчанням, поведінкою дітей і малюків. Імітаційне навчання також є «парасольковою» категорією для навчання з підкріпленням (тобто посиленого). Байєсові або ймовірнісні моделі є спільною рисою цього підходу до машинного навчання. Питання про те, чи можна використовувати імітаційне навчання для людиноподібних роботів ставилося ще в 1999 році.

Імітаційне навчання стало невід'ємною частиною польової робототехніки, в якій характеристики мобільності поза фабричною установкою в областях, таких як домени, будівництво, сільське господарство, пошуково-рятувальні, військові та інші, ускладнюють програмування роботи. Приклади включають обернені методи оптимального керування, або «програмування за допомогою демонстрації», які були застосовані організаціями в сфері гуманної робототехніки, що пересувається на ногах, та позашляхових пересувних навігаторів. Дослідники з США (*Institute for Learning and Brain Sciences*) розробили робота-гуманоїда, що використовує імітацію навчання, наприклад, для набуття різних методів захоплення предметів. [8]

Байєсові мережі переконань (Bayesian belief networks) також були застосовані до моделей форвардного навчання, в яких робот вчиться без апіорного пізнання його моторної системи або зовнішнього середовища. Прикладом цього є «моторний лепет» гуманоїдного робота в Університеті штату Іллінойс в Урбані-Шампейн (UIUC). [9]

3 - Самостійне навчання

Підходи до самостійного навчання дозволяють роботам генерувати власні навчальні приклади для підвищення продуктивності; це включає в себе використання апіорного навчання та даних, які були взяті з близького діапазону для інтерпретації «сенсорних даних неоднозначної дальності». Це вже вбудовано у роботів та в оптичні пристрої, які можуть виявляти і відхиляти об'єкти (пил і сніг, наприклад); ідентифікувати овочі та перешкоди на пересіченій місцевості; а також виконувати 3D-сценарний аналіз та моделювання динаміки транспортного засобу.

Watch-Bot - це конкретний приклад, створений дослідниками з університетів Корнелл і Стенфорд, який використовує 3D-датчик (Kinect), камеру, ноутбук і лазерний вказівник для виявлення «нормальної людської діяльності», яка є ознаками, які робот вивчає через ймовірнісні методи. [10] Watch-Bot використовує лазерний покажчик для націлювання на об'єкт як нагадування (наприклад, молоко, що залишили не в холодильнику). У початкових тестах бот міг успішно нагадати людям 60% часу (у нього немає уявлення про те, що він робить або чому), а дослідники розширили випробування, дозволивши своєму роботові дізнаватися про це з онлайн-відео.

Інші приклади методів самоконтролю навчання, що застосовуються в робототехніці, включають алгоритм виявлення шляхів у монокулярній камері переднього виду з моделлю дорожнього ймовірнісного розподілу і нечіткими векторами підтримки, розроблений для автономних транспортних засобів та інших мобільних дорожніх роботів.

Автономне навчання, яке є варіантом самонавчання, включає в себе глибоке навчання та методи навчання без нагляду, також було застосовано до робота та контрольні завдання. Команда Імперського коледжу в Лондоні, співпрацюючи з дослідниками з Кембриджського університету та Університету Вашингтона, створила новий метод для прискорення статистичного машинного навчання, який включає модель невизначеності (ймовірнісну модель) у довгострокове планування та контроль навчання, зменшуючи ефект модельних помилок при вивченні нової навички.

4- Асистентські та медичні технології

Робот-асистент - це пристрій, здатний сприймати, обробляти сенсорну інформацію та виконувати дії, які приносять користь людям з обмеженими можливостями та людям похилого віку (хоча розумні асистентські технології існують і для широкого кола людей, наприклад інструменти допомоги водіям). Рухо-терапевтичні роботи забезпечують діагностичну або терапевтичну користь. Обидві - це технології, які значною мірою (і на жаль) все ще обмежені лабораторіями, оскільки вони все ще великовитратні для більшості лікарень в США та інших країнах.

Попередні приклади асистентських технологій - робот DeVAR, настільний професійний робот-помічник, що був розроблений на початку 1990-х. Новіші приклади роботів-асистентів на основі машинного навчання - це машини з більшою автономією, такі, як робот-рука, яка спостерігає за світом за допомогою

сенсора. Змістовно - це більш складні, але розумніші роботи-асистенти, які легше адаптуються до потреб користувачів, але також потребують часткової автономії (тобто розподілу контролю між роботом і людиною).

У сфері медицини є швидкий прогрес у методології машинного навчання, що застосовується до робототехніки, хоча ці розробки поки не доступні для багатьох медичних установ. Співпраця через Центр автоматизації та навчання медичної робототехніки, між дослідниками кількох університетів та мережею лікарів призвела до створення Автономного робота розумної тканини (STARS). [11] Пілотний проект розпочато через Дитячу національну систему охорони здоров'я в штаті Колумбія. Використовуючи інновації в автономному навчанні та 3D-зондуванні, STARS здатний з'єднати тканини кишківника свині (використовуються замість людської тканини) з кращою точністю та надійністю, ніж кращі людські хірурги. Медики заявляють, що STARS не є заміною для хірургів, які в осяжному майбутньому залишатимуться поруч для лікування надзвичайних ситуацій - але пропонують великі переваги при виконанні подібних видів делікатних операцій.

5- Навчання мульти-агентів

Координація та переговори є ключовими компонентами навчання мульти-агентів, яке передбачає робіт на основі машинного навчання (ця методика широко застосовується для ігор), які здатні адаптуватися до змінного ландшафту інших роботів / агентів і знаходять «рівноважні стратегії». Приклади мульти-агентських підходів до навчання включають такі інструменти, як зважені алгоритми, які «підвищують» результати навчання у мульти-агентському плануванні та навчанні в ринкових розподілених системах управління. Більш конкретний приклад - алгоритм розподілених агентів або роботів, створений дослідниками з лабораторії MIT з питань інформації та систем прийняття рішень наприкінці 2014 року. [12] Роботи співпрацювали для створення поліпшеної та інклюзивнішої навчальної моделі, ніж це може зробити один робот (інформація оброблялася меншими частинами, а потім комбінувалася), спираючись на концепцію вивчення будівлі та розташування її кімнат і автономно будуючи базу знань. Кожен робот створив власний каталог, а в поєднанні з наборами даних інших роботів розподілений алгоритм перевершив стандартний алгоритм у створенні цієї бази знань. Цей підхід до машинного навчання, хоча і не є системно досконалим, дозволяє роботам порівнювати каталоги та набори даних, посилювати взаємні спостереження та виправляти упущення чи надмірні узагальнення і, безсумнівно є найближчим майбутнім для кількох робототехнічних програм, включаючи безліч автономних наземних та повітряних бортових транспортних засобів.

Окремо можна виділити наступні можливості та особливості застосування штучного інтелекту в економічній сфері:

- штучний інтелект має більшу здатність до кооперації, ніж люди (тестування алгоритму, що навчає комп'ютери пошуку взаємовигідних рішень показало, що два комп'ютери приймали взаємовигідні рішення у 100% випадків, а дві людини лише у 60%; [13])

- штучний інтелект і машинне навчання все частіше використовуються для аналізу поведінки людини з метою автоматичного передбачення побажань користувачів і часу, коли їм це потрібно. (Існують спеціальні додатки, які полегшують, наприклад, замовлення продовольчих товарів, перегляд фільмів і прослуховування музики.);

- штучний інтелект і машинне навчання знаходять використання у різних сферах промисловості (так, український стартап, виведений у промислове впровадження компанією SoftElegance (Київ), робить прогнозування споживання електроенергії з точністю 98%; робототехнічні комплекси в галузі зварювання компанії Triada-Welding (Запоріжжя); програмні модулі інформаційного забезпечення для управління ракетним підрозділом Molfar Technology (Суми) та інші).

На основі проведеного нами огляду джерел інформації, виявлення особливостей штучного інтелекту та узагальнення існуючих його тлумачень, пропонується визначати поняття «штучний інтелект» як «здатність автоматичних систем здобувати, використовувати, обробляти та створювати нове знання».

Навіть під час Великої депресії і Другої світової війни не було економічного спаду, аналогічного тому, що ми бачимо сьогодні в Китаї, США і Європі. На даний момент найкращий сценарій полягає в тому, що поточна криза виявиться більш масштабною, ніж в 2008-2009 роках, але при цьому більш короткостроковою. Це дозволить економіці повернутися до зростання у четвертому кварталі поточного року, а ринки почнуть відновлюватися, як тільки побачать світло в кінці тунелю.

Однак для реалізації даного сценарію необхідно виконання кількох умов. По-перше, США, Європа та іншим регіонам, які сильно постраждали від коронавірусу, доведеться розгорнути масштабні заходи боротьби з ним, що включають в себе тестування, відстеження заражених, лікування і карантин китайського типу. По-друге, центробанки, які менше, ніж за місяць взяли стільки ж стимулюючих заходів, скільки за три роки після світової фінансової кризи, повинні продовжувати боротися з кризою будь-якими нетрадиційними засобами. Вони включають: нульові або негативні ставки, докладний виклад плану дій, кількісне пом'якшення, а також придбання приватних активів з метою допомоги банкам, нефінансовим організаціям і навіть великим компаніям. По-третє, уряд має запуснути потужне фіскальне стимулювання, яке буде включати в себе і «скидання грошей з вертольота», тобто прямі бюджетні трансферти домогосподарствам. З огляду на масштаб економічного шоку, розвиненим країнам доведеться збільшити дефіцит бюджету з 2-3% від ВВП до 10% від ВВП і більше. Лише центральний уряд володіє балансом такого масштабу, який необхідний для запобігання колапсу приватного сектора.

Корисним та цікавим є огляд [14] Комітету зі штучного інтелекту (утворений Консульством Європи у вересні 2019 р. і має назву SANAI) щодо використання штучного інтелекту у протидії коронавірусу 19, де

штучний інтелект розглядається через призму вдалих бізнес-кейсів у багатьох аспектах, зокрема: внесок штучного інтелекту у пошук ліків, здібності для обміну знаннями, спостереження та передбачення еволюції пандемії, допомога медичному персоналу, інструмент контролю населення.

В умовах епідемії коронавірусу, дуже важливо мінімізувати контакти між людьми. США, Китай, Італія та деякі інші країни вже розробили та впровадили роботів, які здатні замінити медичний персонал у різних випадках.

Так, в Італії перші шість роботів-медиків працюють у лікарні міста Варезе у Ломбардії. [15] Людиноподібні механізми виконують частину роботи, щоб зменшити контакти лікарів з інфікованими: моніторять стан пацієнтів, беруть аналізи, забезпечують дистанційне спілкування лікарів з пацієнтами.

У США створили робота-медсестру, яка може брати кров для аналізу та встановлювати у судини катетери. Під час експериментів, робот засвідчив ліпші результати за реальних медсестер. У середньому, медсестри помиляються у 20% випадків, а якщо у людини погані вени, кількість помилок може доходити до 50%. Результати робота становили 3% та 13% відповідно. Завдяки інфрачервоній та ультразвуковій томографії він знаходить кровоносні судини, розпізнає тип судин, оцінює їх глибину. Штучний інтелект може працювати автономно, без допомоги людини та робити уколи не тільки людям, а й тваринам. [16]

Висновки і перспективи подальших досліджень. Поняття «штучний інтелект» пропонується визначати як «здатність автоматичних систем здобувати, використовувати, обробляти та створювати нове знання». Технологія штучного інтелекту за останні кілька років набула бурхливого розвитку та поширення практично в усіх сферах економіки. Основними її особливостями, що найбільше затребувані та знаходять масштабне застосування, є здібності для обміну знаннями, спостереження та передбачення еволюції пандемії, допомога медичному персоналу, інструмент контролю населення.

Також штучний інтелект є важливим інструментом для сприяння прийняттю скоординованих відповідних заходів у зв'язку з пандемією. Численні приклади його використання також показують межі того, що на цей час може бути досягнуто саме цією технологією. Так, не можна очікувати, що вона компенсує структурні складнощі, подібні до тих, з якими стикаються багато медичних закладів світу.

Перспективами подальших досліджень у цій царині можуть бути аналіз динаміки розвитку штучного інтелекту за галузями та секторами економіки, оцінка національного ринку штучного інтелекту, законодавчої бази з питань штучного інтелекту і порівняння із зарубіжними країнами.

Список літератури.

1. J. McCarthy et al.; Aug. 31, 1955. Dartmouth AI Project Proposal. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>
2. Definition of robot from the Oxford Advanced American Dictionary [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/american_english/robot
3. ROBOT - meaning in the Cambridge English Dictionary [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/robot>
4. Bernard Marr (2018) The Key Definitions Of Artificial Intelligence (AI) That Explain Its Importance.- Forbes.- 2018.- Feb, 14.
5. Timo Malm. Guidelines to make safe industrial robot systems: research report [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2017/VTT-R-01109-17.pdf>
6. Trans4mation forum (2019). Kyiv, 22.11.19. [Електронний ресурс].- Режим доступу: https://www.it.ua/news/trans4mation-forum_22
7. Biomimetic Robotics and Machine Learning at Technische Universität München [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://www.brml.org>
8. Imitation Learning in Humanoid Robots [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.cs.washington.edu/research/imitation-learning-humanoid-robots>
9. The University of Illinois at Urbana-Champaign [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://illinois.edu/research/index.html>
10. Evan Ackerman This Robot Uses Machine Learning to Take Care of Absent-Minded Humans //IEEE Spectrum.-2016.-May, 20.
11. The Substance and Treatment Research Service (STARS) [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.columbiapsychiatry.org/research-clinics/substance-treatment-and-research-service-stars>.
12. MIT Computer Science & Artificial Intelligence Lab [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.csail.mit.edu/>
13. Jacob W. Crandall Cooperating with machines // Nature Communications .- volume 9, Article number: 233 (2018).
14. ИИ и контроль коронавируса Ковид-19 [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://www.coe.int/en/web/artificial-intelligence/ii-i-kontrol-koronavirusa-kovid-19?fbclid=IwAR1NlmbG_mIA-jJ74kKQS_3qSOPcOiBonvPIGGLbGb5n42SJcOinWiGW3_4
15. В Италии врачей заменяют роботами. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://daily.ua/ru/v-ytalyu-vrachej-zamenyayut-robotamy.html>
16. Josh M. Leipheimer, Max L. Balter and others. First-in-human evaluation of a hand-held automated venipuncture device for rapid venous blood draws // TECHNOLOGY.- Vol. 07, No. 03n04, pp. 98-107 (2019).

References.

1. McCarthy, J. (1955), "Dartmouth AI Project Proposal", available at: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html> (Accessed 20 April 2020).
2. Oxford Advanced American Dictionary (2020), "Definition of robot", available at: https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/american_english/robot (Accessed 20 April 2020).
3. Cambridge English Dictionary (2020), "Robot", available at: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/robot> (Accessed 20 April 2020).
4. Marr, B. (2018), "The Key Definitions Of Artificial Intelligence (AI) That Explain Its Importance", Forbes, vol. Feb 14.
5. Malm, T. (2017), "Guidelines to make safe industrial robot systems: research report", available at: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2017/VTT-R-01109-17.pdf> (Accessed 20 April 2020).
6. IT-Enterprise (2019), "Trans4mation forum", available at: https://www.it.ua/news/trans4mation-forum_22 (Accessed 20 April 2020).
7. Technische Universität München (2020), "Biomimetic Robotics and Machine Learning", available at: <http://www.brml.org> (Accessed 20 April 2020).
8. Paul G. Allen School of Computer Science & Engineering (2020), "Imitation Learning in Humanoid Robots", available at: <https://www.cs.washington.edu/research/imitation-learning-humanoid-robots> (Accessed 20 April 2020).
9. The University of Illinois (2020), "At Illinois, our research drives life-changing innovations, permeates our classrooms and fuels our outreach", available at: <https://illinois.edu/research/index.html> (Accessed 20 April 2020).
10. Ackerman, E. (2016), "This Robot Uses Machine Learning to Take Care of Absent-Minded Humans", IEEE Spectrum, vol. May 20.
11. Columbia University Department of Psychiatry (2020), "The Substance and Treatment Research Service (STARS)", available at: <https://www.columbiapsychiatry.org/research-clinics/substance-treatment-and-research-service-stars> (Accessed 20 April 2020).
12. MIT Computer Science & Artificial Intelligence Lab (2020), "", available at: <https://www.csail.mit.edu/> (Accessed 20 April 2020).
13. Jacob W. (2018), "Crandall Cooperating with machines", Nature Communications, vol. 9, no. 233.
14. Council of Europe (2020), "AI and control of Covid-19 coronavirus", available at: https://www.coe.int/en/web/artificial-intelligence/ii-i-kontrol-koronavirusa-kovid-19?fbclid=IwAR1NlmBg_mIA-jJ74kKQS_3qSOPcOiBonvPIGGLbGb5n42SJcOinWiGW3_4 (Accessed 20 April 2020).
15. Ldaily (2020), "In Italy, doctors replace robots", available at: <https://ldaily.ua/ru/v-ytalyy-vrachej-zamenyayut-robotamy.html> (Accessed 20 April 2020).
16. Leipheimer, J. M. and Balter, M. L. (2019), "First-in-human evaluation of a hand-held automated venipuncture device for rapid venous blood draws", TECHNOLOGY, vol. 07, no. 03n04, pp. 98-107.

Стаття надійшла до редакції 20.04.2020 р.