

Четверта промислова революція заради Землі

Використання можливостей штучного
інтелекту на користь Землі

Січень 2018 р.



Про ініціативу «Четверта промислова революція заради Землі»

Всесвітній економічний форум співпрацює з компанією PwC (як офіційним консультантом проекту) та Вудсівським інститутом досліджень довкілля Стенфордського університету (Stanford Woods Institute for the Environment) у рамках роботи над крупною глобальною ініціативою щодо довкілля та Четвертої промислової революції. Тісно співпрацюючи з провідними експертами, які займаються вивченням цієї проблеми, та новаторами індустрії, що об'єднали свої зусилля в рамках Всесвітньої ради майбутнього з питань довкілля і безпеки природних ресурсів, яка працює під егідою Всесвітнього економічного форуму, та за підтримки фонду MAVA, ця ініціатива використовує платформи, мережі і організаційний потенціал Всесвітнього економічного форуму та його нового Центру Четвертої промислової революції, розташованого у Сан-Франциско. Крім того, вона об'єднує можливості передових дослідницьких підрозділів Стенфордського університету і його тісні зв'язки з технологічною спільнотою Кремнієвої долини та світовий досвід і стратегічний аналіз у сфері бізнесу, технологій, інвестицій і політичних питань, які пропонує компанія PwC. Спільно з іншими зацікавленими сторонами це унікальне партнерство вивчає, у який спосіб інновації Четвертої промислової революції можуть стати каталізатором системних трансформацій в масштабах усього переліку заходів щодо довкілля та безпеки природних ресурсів.

Зміст

<i>Передмова</i>	1
Четверта промислова революція і Земля	1
<i>Вступ</i>	2
<i>Наша планета: виклик і можливість</i>	3
<i>Революція ШІ</i>	5
<i>Можливості для нашого довкілля, які відкриває ШІ</i>	8
<i>Кардинальні чинники штучного інтелекту заради блага Землі.</i>	16
<i>Некерований штучний інтелект: непередбачені наслідки для Землі</i>	24
<i>Висновки і рекомендації</i>	27
<i>Подяки</i>	31
<i>Додаток I:</i>	32
<i>Додаток II:</i>	33
<i>Додаток III:</i>	49
<i>Примітки та джерела інформації</i>	50

Передмова

Четверта промислова революція і Земля

Індустріалізація призвела до багатьох проблем з довкіллям, з якими стикнувся сучасний світ. Наприклад, до наслідків індустріалізації можна віднести зміну клімату, небезпечні рівні забруднення повітря, виснаження рибних запасів, токсини у річках і ґрунтах, надмірну кількість сміття на суші і в океані, зменшення біологічного різноманіття та вирубки лісів.

У міру того, як Четверта промислова революція набирає обертів, інновації стають швидшими, ефективнішими та значно доступнішими, ніж раніше. Крім того, посилюються взаємозв'язки у сфері технологій: зокрема, ми спостерігаємо за процесом злиття цифрового, фізичного та біологічного світів. Завдяки впливу на економіку, цінності, ідентичності та можливості для майбутніх поколінь нові технології уможливають соціальні зсуви.

Ми маємо унікальну можливість використати Четверту промислову революцію та викликані нею соціальні зсуви для того, щоб допомогти у вирішенні екологічних проблем та змінити підхід до використання нашого спільного глобального середовища. Разом з тим Четверта промислова революція може призвести до загострення існуючих загроз екологічній безпеці або створити цілковито нові ризики, які потрібно буде враховувати та управляти ними.

Для використання цих можливостей та активного управління згаданими ризиками потрібно буде трансформувати «сприятливе середовище», а саме: системи управління та протоколи правил, моделі інвестування і фінансування, ключові форми стимулювання розвитку технологій і принципи залучення суспільства. Така трансформація не відбудеться автоматично. Для цього знадобиться активна співпраця між політиками, вченими, громадянським суспільством, технологічними лідерами та інвесторами.

Якщо ми зробимо все правильно, це може призвести до революції у сфері стійкого розвитку.

Ця серія під назвою «Четверта промислова революція заради Землі» має на меті проілюструвати потенціал інновацій Четвертої промислової революції і їх використання для боротьби з найбільш загрозливими екологічними викликами світу. Вона дозволяє ознайомитися з новими можливостями і ризиками, а також акцентує увагу на ролях, які можуть зіграти різні учасники процесу для забезпечення ефективного використання і масштабування цих технологій. Разом з тим цю роботу слід розцінювати не як істину в останній інстанції, а радше як стимул до дискусії між різними зацікавленими сторонами, яка дозволила б закласти підвалини для подальшої спільної роботи. У цьому документі розглядається штучний інтелект та Земля.

Вступ

Швидке поширення штучного інтелекту (ШІ) значною мірою впливає на суспільство, змінює те, як ми працюємо, живемо і взаємодіємо. Сьогодні ШІ допомагає світові діагностувати хвороби і розробляти клінічні протоколи. Крім того, він використовується для адаптації навчальних планів для учнів з різними освітніми проблемами. Ще одна сфера використання ШІ — співставлення здібностей і кваліфікації людей з наявними вакансіями. Разом з тим ШІ діє дедалі автономніше і використовується дедалі ширше, через що зростатиме й важливість безпеки ШІ. До найбільш активно обговорюваних ризиків належать необ'єктивність, приймання нераціональних рішень, низька прозорість, втрата робочих місць та зловмисне використання ШІ (наприклад, автономне озброєння).

Напевно, однією з найважливіших невирішених проблем сьогодення у сфері ШІ є розробка підходів для формування «дружнього до людини» штучного інтелекту. Оскільки масштаби впливу руйнування природного середовища на економіку та здоров'я людей зростають, дедалі актуальнішим стає розширення швидко зростаючої сфери безпеки ШІ з метою інтеграції «дружнього до Землі» штучного інтелекту. Разом з удосконаленням технологій потрібно буде краще розуміти їхній прями́й та опосередкований вплив на довкілля, щоб використовувати можливості водночас з оцінюванням потенційних ризиків та розробкою підходів, які б дозволили звести ризики до мінімуму. Наприклад, можна розробити штучний інтелект, який би допомагав у створенні розподілених, «автономних» джерел води та енергії, сприяв поліпшенню моделювання клімату чи плануванню заходів з підвищення стійкості до стихійних лих. Для реалізації цієї стратегії важливе значення матиме постійна співпраця між урядами, розробниками технологій, інвесторами та громадянським суспільством.

Оскільки штучний інтелект є руйнівною силою Четвертої промислової революції, використання його потенціалу могло б допомогти у досягненні стійких результатів, сприятливих для людства і планети, на якій ми живемо.

Як свідчить цей звіт, штучний інтелект відкриває перед нашою планетою широкі можливості. Оскільки штучний інтелект розвивається надзвичайно стрімкими темпами, щороку дедалі більше речей будуть оснащуватися ШІ. До того ж з кожним роком штучний інтелект теж вдосконалюватиметься. Він ставатиме не просто продуктивнішим — він розвиватиме розумові здібності, відсутні у сучасних людей, прискорюючи процес навчання людей та створення інновацій. Розмірковуючи про переваги, вигоди і нові рішення, які це створює для націй, компаній і повсякденного життя, ми повинні також подумати над тим, як максимізувати виграші для суспільства і нашого довкілля.

Ми живемо у неймовірні часи: зараз можна побороти деякі з найбільших проблем світу за допомогою нових технологій, таких як штучний інтелект. Час змусити ШІ працювати на користь планети.



Селін Хервейєр (Celine Herweijer)
Партнер, PwC UK
Лідер з інновацій та стійкого розвитку



Домінік Уоррей (Dominic Waughray)
Керівник приватно-державного
партнерства і член виконавчого комітету
Всесвітнього економічного форуму

Наша планета: виклик і можливість

Виклик

Зараз посилюється науковий консенсус з приводу того, що системи Землі перебувають у стані безпрецедентного стресу. Модель розвитку людини та економіки, що постала в результаті попередніх промислових революцій, була створена значною мірою за рахунок планети. Протягом 10 000 років відносна стабільність Землі забезпечувала процвітання цивілізацій. Разом з тим за короткий відрізок часу індустріалізація поставила цю стабільність під загрозу.

Науковці ідентифікували дев'ять «процесів і систем, (які) регулюють стабільність та стійкість Системи Земля», і внаслідок людської діяльності за чотирима з дев'яти параметрів (зміна клімату, порушення цілісності біосфери, зміна системи землекористування та порушені цикли хімії планети) граничні рівні вже перевищено.¹ Внаслідок цього зростає ризик того, що людська діяльність призведе до «погіршення добробуту людей у багатьох частинах світу, включаючи багаті країни».

Програма ООН «Цілі сталого розвитку» пропонує іншу точку зору на виклики, що постали перед людством. Шість із 17 цілей стосуються безпосередньо довкілля та впливу людства на нього: боротьба зі зміною клімату, розумне використання ресурсів морів та океанів, управління лісовим фондом, подолання опустелювання, зупинення процесу деградації земель, розвиток сталих міст і забезпечення чистою доступною енергією.²

У цьому звіті дві наведені точки зору використовуються для виділення шести ключових викликів, які потребують здійснення перетворень у 21-му столітті:

- **Зміна клімату.** Сучасний рівень парникових газів може бути найвищим за 3 мільйони років.³ Навіть за умови дотримання параметрів, передбачених чинною Паризькою угодою, прогнозована глобальна середня температура у 2100 році буде на 3 °C вищою за доіндустріальний рівень,⁴ що значно перевищує цільові показники, які б дозволили уникнути найгірших наслідків зміни клімату.
- **Біологічна різноманітність і збереження.** Земля втрачає свою біологічну різноманітність внаслідок масового вимирання. Кожен п'ятий біологічний вид на Землі зараз знаходиться під загрозою зникнення, і за оцінками науковців, якщо не вжити термінових заходів, цей показник до кінця століття зросте до 50 %.⁵ Через поточні темпи вирубки лісів у басейні Амазонки кількість атмосферних опадів у регіоні до 2050 року може зменшитись на 8 % і призвести до «саванізації» та значно масштабніших наслідків для циркуляційних систем атмосфери Землі.⁶

- **Чисті океани.** Хімія океанів зараз змінюється швидше, ніж будь-коли за останні 300 мільйонів років, оскільки вода поглинає парникові гази антропогенного походження.⁷ Наслідком цього є ацидифікація океану та потепління, що призводять до безпрецедентної шкоди рибним запасам і коралам.⁸
- **Безпека водопостачання.** Внаслідок забруднення та зміни клімату до 2030 року нестача прісної води, необхідної для підтримання світової економіки, може сягнути 40 %.⁹
- **Чисте повітря.** Приблизно 92 % населення планети мешкають у місцях, що не відповідають вимогам Всесвітньої організації з охорони здоров'я (ВООЗ) до якості повітря.¹⁰ За даними ВООЗ щороку близько 7 мільйонів людей помирає внаслідок забруднення повітря, що у світовому масштабі є причиною кожної восьмої смерті.¹¹
- **Стійкість до стихійних лих і погоди.** У 2016 році в усьому світі зареєстровано 772 випадки «природних збитків» через вплив геофізичних, метеорологічних, гідрологічних та кліматологічних чинників. Це втричі більше, ніж у 1980 році.¹²

Разом ці шість проблем становлять найбільший глобальний виклик. За прогнозами, населення планети, що зараз становить близько 7 мільярдів, до 2050 року зросте до 9,8 мільярда. Це призведе до збільшення потреби у їжі, матеріалах, транспорті та енергії і, як наслідок, до підвищення ризику деградації довкілля та негативного впливу на людське здоров'я, життєдіяльність і безпеку. Чи здатне людство зберегти планету для прийдешніх поколінь?

Можливість

Попри всю актуальність та екстраординарність цих викликів, вони збігаються в часі з ерою небачених досі інновацій і технологічних змін. Четверта промислова революція пропонує безпрецедентні можливості для подолання цих нових викликів.¹³

Вона, на відміну від попередніх, обумовлена сформованою цифровою економікою і спирається, серед іншого, на стрімкий поступ у сферах штучного інтелекту, Інтернету речей (IP), роботів, автономних автомобілів, біотехнологій, нанотехнологій та квантових обчислень.¹⁴ Її характерна особливість — комбінація цих технологій, які сприяють виграву в швидкості, інтелектуальних можливостях та ефективності.

Цей звіт зосереджується на ШІ — фундаментальній і найбільш першазивній новітній технології Четвертої промислової революції. ШІ — термін для позначення комп'ютерних систем, що здатні відчувати своє оточення, думати, навчатись і діяти з урахуванням своїх відчуттів та запрограмованих завдань.

Очікується, що серед усіх технологій Четвертої промислової революції саме ШІ матиме найсильніший вплив внаслідок поширення в усіх технологічних сферах та зростання його ролі в повсякденному житті. Разом зі зростанням кількості оснащених інтелектуальними системами пристроїв, додатків і взаємопов'язаних систем та завдяки поєднанню з іншими новими технологіями ШІ перетворюється на «рушійну силу» Четвертої промислової революції. На додачу до виграшу у продуктивності ШІ також відкриває перед людством не досяжні до цього можливості для збирання інформації, створюючи умови для нових відкриттів.

ШІ вже трансформує традиційні галузі промисловості та сфери повсякденного життя. Нові революційні досягнення, в основі яких лежить ШІ, часто є ефективними лише у поєднанні з іншими технологіями Четвертої промислової революції.¹⁵ У той час, як підприємці, компанії, інвестори та уряди шукають способи для впровадження і масштабування цих технологій з метою створення стратегічних переваг, існують також важливі можливості для подолання з їхньою допомогою першочергових і нагальних викликів для всієї Землі, а також для створення можливостей для сьогодення і майбутнього.

ШІ заради Землі

Хоча ШІ відкриває можливості для перетворень, здатних подолати екологічні проблеми, його безконтрольне застосування може прискорити деградацію довколишнього середовища.

Основна увага у цьому звіті приділяється використанню систем штучного інтелекту як зараз, так і по мірі їхнього подальшого удосконалення, задля максимізації позитивного впливу на нагальні проблеми у сфері екології. Він пропонує шляхи використання ШІ, які б сприяли трансформації традиційних секторів і систем з метою вирішення проблем, пов'язаних зі зміною клімату, постачанням продуктів харчування та безпекою водопостачання, захисту біологічної різноманітності та покращення добробуту людей. Ця проблема тісно пов'язана з питанням, актуальність якого дедалі зростає: як виключити можливість негативного впливу ШІ на добробут людей?

У контексті розробки «безпечного» ШІ кінцева мета — зробити його збалансованим, що дозволить реалізувати ідею світлого майбутнього, узгодженого з цінностями людства, і відкрити перспективи для застосування технологій, безпечного для людства.

З практичної точки зору це означає, що здоров'я природного середовища має бути фундаментальним мірилом системи стримувань і противаг, яка повинна забезпечувати «дружність» систем штучного інтелекту.



Революція ШІ

Чому саме зараз?

Перші практичні кроки у сфері штучного інтелекту були зроблені у 1940-х роках. Сьогодні ШІ використовується у нашому повсякденному житті, і завдяки шести одночасно діючим чинникам для нього настав історичний момент.

- **Великі дані.** Комп'ютери відкрили нам доступ до велетенських обсягів даних — як структурованих (бази даних і електронні таблиці), так і неструктурованих (текст, аудіо, відео і зображення). Усі ці дані використовуються для документування нашого життя і поліпшують розуміння світу людьми. По мірі встановлення трильйонів датчиків у побутову техніку, упаковку, одяг, автономні автомобілі і в інші місця «великі дані» тільки збільшуватимуться. Обробка цієї інформації з допомогою ШІ дозволяє нам використовувати ці дані для виявлення історично сформованих моделей, більш ефективного прогнозування, підготовки ефективніших рекомендацій тощо.
- **Обчислювальна потужність.** Технології прискорення, такі як хмарні обчислення та графічні процесори, зменшили вартість і прискорили швидкість обробки великих обсягів даних за допомогою систем на базі штучного інтелекту за рахунок паралельної обробки. У майбутньому мікросхеми з підтримкою «глибинного навчання», що перебувають у центрі уваги дослідників сьогодні, дозволять розширити можливості паралельних обчислень.
- **Планета на зв'язку.** Платформи соціальних медіа фундаментальним чином змінили формат взаємодії окремих людей. Розвиток комунікаційних можливостей прискорив поширення інформації і став стимулом до обміну знаннями, що призвело до виникнення «колективного інтелекту», який включає співтовариства, що працюють з відкритим вихідним кодом і займаються розробкою інструментів ШІ та поширенням прикладних програм.
- **Програмне забезпечення і дані з відкритим вихідним кодом.** Програмне забезпечення і дані з відкритим вихідним кодом прискорюють демократизацію та використання ШІ, про що свідчить популярність стандартів і платформ машинного навчання з відкритим вихідним кодом, таких як TensorFlow, Caffe2, PyTorch і Parl.ai. Підхід з опорою на відкритий вихідний код може призвести до зменшення витрат часу на рутинне написання коду, сприяти стандартизації промисловості та поширенню новітніх інструментів ШІ.
- **Удосконалені алгоритми:** Дослідники досягли значного успіху в багатьох сферах ШІ, зокрема — у царині «глибинного навчання», що передбачає

застосування багатосарових нейронних мереж, архітектура яких надихана підходом людського мозку до обробки інформації. Ще одна нова сфера досліджень — «глибинне навчання з підкріпленням»: цей напрямок передбачає навчання агента штучного інтелекту в умовах відсутності або обмеженого обсягу вихідних даних. Навчання здійснюється методом проб і помилок, а для оптимізації результатів використовується функція винагороди.

- **Прискорення віддачі:** Розвитку штучного інтелекту сприяв тиск з боку конкурентів: компанії використовували удосконалені алгоритми та програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом для поліпшення своїх конкурентних переваг та підвищення прибутковості шляхом подальшої індивідуалізації споживчих продуктів або використання інтелектуальної автоматизації для підвищення продуктивності.

Конвергенція цих чинників допомогла штучному інтелекту перейти з етапу «in vitro» (з дослідницьких лабораторій) на етап «in vivo» (у повсякденне життя). Зараз досягнення штучного інтелекту можуть використовувати на практиці як усталені корпорації, так і молоді підприємства. Насправді багато людей уже зараз використовують оснащені штучним інтелектом системи для навігації в містах, покупок в Інтернеті, пошуку рекомендацій щодо розваг, фільтрації небажаних повідомлень електронної пошти або спільних поїздок на роботу, причому вони можуть навіть не здогадуватись про це.

Штучний інтелект вже тут, і багато керівників корпорацій усвідомлюють його потенційну важливість. За результатами щорічного опитування керівників найбільших компаній світу, яке у 2017 році проводила PwC, 54 % респондентів повідомили про значні інвестиції у ШІ, водночас із цим важливою проблемою був недостатній рівень комп'ютерної грамотності.¹⁶ Оскільки організації продовжують інвестувати в інструменти, оптимізацію даних, людські ресурси та інновації з підтримкою ШІ, прогнозується стрімке зростання реалізаційної вартості: за даними одного дослідження, річний дохід від систем з підтримкою ШІ збільшиться з 1,4 млрд доларів США у 2016 році до 59,8 млрд доларів США у 2025-му.¹⁷

Можливості ШІ: минуле, сучасність і майбутнє

Перелік різновидів ШІ також розширюється і на даний момент включає:

- **Автоматичні інтелектуальні системи,** які забезпечують автоматичне виконання повторюваних трудомістких завдань, що потребують застосування інтелекту. Як приклад можна навести роботу, здатного навчитись

сортувати придатні для повторної переробки побутові матеріали.

- **Напівавтоматичні інтелектуальні системи**, які перевіряють і виявляють моделі в історичних даних, таких як неструктуровані публікації у соціальних медіа, та допомагають людям швидше і краще виконувати завдання за допомогою відібраної інформації. Наприклад, такі методи, як глибинне навчання, обробка природного мовлення та виявлення аномалій, дозволяють виявляти випереджувальні індикатори ураганів та інших масштабних погодних явищ.
- **Системи підсилення інтелекту**, які використовують штучний інтелект, щоб допомагати людям розуміти і прогнозувати невизначене майбутнє. Наприклад, оснащені штучним інтелектом симулятори управління стануть у пригоді при дослідженні сценаріїв, пов'язаних з політикою у сфері клімату і викидів парникових газів. Першопрохідцем у цій сфері став співробітник Массачусетського технологічного інституту Джон Стерман (John Stermann).¹⁸
- **Автономні інтелектуальні системи**, які автоматизують процес прийняття рішень, виключаючи необхідність втручання людини. Прикладом можуть слугувати системи, здатні виявляти алгоритми роботи домашніх систем опалення, що призводять до надмірного споживання та фінансових витрат, та автоматично адаптувати режим експлуатації з метою економії коштів власника будинку.

Дослідження алгоритмів ШІ просувались швидко. Особливих успіхів вдалось досягти завдяки поєднанню великих даних зі статистичними алгоритмами машинного навчання.

Вузкоспеціалізовані, орієнтовані на виконання певних завдань методи штучного інтелекту, які вже використовуються з важливими цілями у промисловості, зараз працюють з великими даними, що дозволить забезпечити розпізнавання закономірностей в неструктурованому тексті та зображеннях. По мірі того, як комп'ютери стають швидшими, а великі дані набирають дедалі більшого поширення, продовжує зростати потенціал глибинного навчання з використанням архітектури нейронних мереж, сприяючи підвищенню продуктивності у таких сферах, як переклад та автономні автомобілі.

Останні досягнення компанії DeepMind у сфері неконтрольованого глибинного навчання з підкріпленням в рамках проекту AlphaGo Zero свідчать, що у певних ситуаціях штучний інтелект може демонструвати вражаючі результати навіть без вхідних даних чи ярликів.¹⁹ Якщо порівнювати з іншими методами, у ситуаціях з відомими граничними умовами методика навчання з підкріпленням потребує значно менших витрат часу та обчислювальних потужностей. Крім того, в рамках цього дослідницького проекту було розроблено нову, невідому людям різновидність інтелекту, яка дозволила прискорити здійснення природних інтелектуальних циклів відбору у машинах. До цього

часу навчання з підкріпленням використовувалось головним чином ігровими агентами штучного інтелекту, проте ця технологія має стати в пригоді у сфері корпоративного стратегічного аналізу, для оптимізації процесів та в багатьох інших напрямках діяльності, правила і стан речей у яких добре відомі. Однак для багатьох систем, що зустрічаються у реальному світі, це часто далеко не так, і головний пріоритет полягає у визначенні тих систем реального світу, для яких навчання з підкріпленням принесе найбільшу користь.

Експерти очікують, що межі між контрольованим і неконтрольованим методами навчання будуть поступово розмиватися і такі гібридні методи створять можливості для взаємного навчання у ланці «людина — машина», а штучний інтелект зможе розвивати ще досконаліші здібності, подібні до людських.

Однією з умов прискорення прогресу у сфері штучного інтелекту може стати розробка нових методів, які допоможуть подолати виклики, актуальні для машинного навчання в цілому і, зокрема, глибинного навчання, та вирішити проблеми у цій сфері. Двома такими методами є створення синтетичних даних і перенесення знань (передавання моделі, вивченої на одному завданні у певній сфері, та її застосування до пов'язаної проблеми у цій сфері). Обидва методи дозволяють штучному інтелекту «навчатись» швидше і вирішувати ширший перелік проблем, у тому числі й завдання, для яких наявні менші обсяги історичних даних.



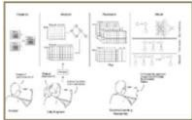

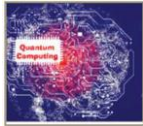








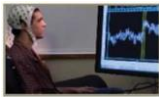
Крім того, зсув у напрямку «пояснюваного штучного інтелекту», мета якого полягає у створенні комплексу методів машинного навчання, здатних продукувати більше пояснених моделей зі збереженням високих рівнів продуктивності, дозволить створити умови для ширшого впровадження методів машинного навчання і потенційно стати кращим методом або навіть задати напрямок для формування нормативно-правових вимог.

Врешті-решт, кульмінацією цього процесу стане пошук загального штучного інтелекту (artificial general intelligence, AGI), і на цьому етапі ШІ почне набувати здібностей до осмислювання, абстрагування, комунікації та формулювання і розуміння знань. Саме тут цілком очевидно стає критична потреба підвищення безпеки штучного інтелекту. Для цього необхідно буде створити алгоритми, в основі яких лежатимуть міркування безпеки.

Для подальшого розвитку штучного інтелекту знадобляться поліпшені обчислювальні можливості (зараз для виконання обчислень, які один відсоток людського мозку здійснює за одну секунду, приблизно 83 000 процесорів повинні працювати 40 хвилин),²⁰ тож ключове значення буде мати прогрес у сфері квантових і розподілених обчислень та мікросхем з підтримкою «глибинного навчання». Крім того, глибше розуміння складніших когнітивних та емоційних завдань допоможе знайти нові методи практичного застосування.

Малюнок 1. Історія розвитку ШІ

У контексті штучного інтелекту минуле — не пролог

Вузькоспеціалізований ШІ (на основі правил, мовлення)	Вузькоспеціалізований ШІ — з великими даними (В-2-С, пошук, е-комерція)	Демократизація та персоніфікація ШІ	Колаборативний ШІ на базі нового апаратного забезпечення ШІ	Загальний штучний інтелект
Персоналізація: 76 897 мікрожанрів 	Глибинне навчання — обробка зображень 	Спеціаліст з обробки даних «все-в-одному» 	Співпраця людина — машина 	Квантові обчислення 
Рішення на основі правил 	Розпізнавання рукописного введення і голосу 	Домашні і сервісні роботи 	Нейроморфні обчислення 	Емоційні роботи 
Промислові роботи 	Обробка природного мовлення і статистичне навчання з використанням великих даних 	Безпілотні автомобілі 	Інтерфейси «мозок — комп'ютер» 	
90-і	00-і	Наступні 5 років	Наступні 20 років	
Минуле	Сучасність			Майбутнє

Джерело: дослідження PwC

Можливості для нашого довкілля, які відкриває ШІ

Найважливішим міркуванням у ході розробки штучного інтелекту має бути, ймовірно, забезпечення його користності для людства, а для цього він має бути водночас «дружнім до людини» і «дружнім до Землі».

На мал. 2 виділені ключові пріоритети для шести найбільш нагальних екологічних викликів світу та ключові напрямки діяльності для їх успішного подолання:

Малюнок 2. Ключові напрямки діяльності для подолання викликів, які загрожують Землі



Джерело: дослідження PwC

У процесі вирішення цих проблем відкривається широкий простір для інновацій та інвестицій. Зокрема, гігантський потенціал для пошуку рішень пропонує штучний інтелект. Більше того, у додатку міститься короткий огляд результатів вивчення понад 80 практичних прикладів використання штучного інтелекту в інтересах довкілля, які ми виявили у ході дослідження різноманітних матеріалів та інтерв'ю з численними учасниками процесу, що знаходяться в авангарді впровадження штучного інтелекту в промисловості, високотехнологічних галузях, бізнесі, дослідницькій та урядовій діяльності.

У наступному розділі ми детально зупинимось на широкому переліку нових варіантів застосування у відповідних сферах діяльності з розподілом за видами викликів для довкілля. Як видно з мал. 3, штучний інтелект пропонує безліч шляхів для подолання кожного з ключових викликів для Землі.

Ці короткі переліки не є вичерпними, проте вони дозволяють отримати повноцінне уявлення про найважливіші інновації та ознайомитися зі стислим оглядом.

На даний час більшість цих варіантів зосереджені на застосуванні автоматизованих та напівавтоматичних інтелектуальних систем з метою використання можливостей великих неструктурованих масивів даних реального часу. У майбутньому, ймовірно, збільшиться кількість систем з функцією автономного прийняття рішень, у яких штучний інтелект діятиме самостійно, створюючи нові можливості і ризики. Завдання новаторів, інвесторів та органів державного управління полягає у виявленні та масштабуванні цих революційних інновацій. Крім того, для активізації розвитку штучного інтелекту та розширення можливостей для його використання ключове місце повинні займати міркування щодо сталого розвитку.

Зміна клімату



Джерело: дослідження PwC

Штучний інтелект має потенціал, достатній для трансформації методів боротьби зі зміною клімату. Наприклад, у сфері чистої енергії машинне навчання використовується для коригування в реальному часі обсягів генерування енергії з урахуванням потреби, що дозволяє більш повно реалізувати потенціал «інтелектуальних мереж», підвищити прогнозованість, ефективність і збалансованість споживання і зберігання отриманої з відновлюваних джерел енергії.²¹ Зокрема, компанія Agder Energi²² використовує в Норвегії штучний інтелект та хмарні технології для прогнозування змін у структурі споживання енергії та підготовки до цього, що особливо актуально з огляду на стрімке поширення електромобілів. До того ж такий підхід дозволяє зменшити потребу в «резервних» потужностях. Також триває розробка нейронних мереж для роботи з відновлюваною енергією, що дозволить підвищити ефективність її використання та надійність

енергопостачання. Наприклад, компанія DNV GL використовує інформацію, що надходить від встановлених на сонячних електростанціях та вітроенергетичних установках датчиків, для контролю за процесом машинного навчання, дистанційної перевірки об'єктів, прогнозування потреби в технічному обслуговуванні та розрахунку обсягів енергетичних ресурсів.²³ У результаті підвищується рівень контролю та ефективність обслуговування, що сприяє зменшенню собівартості енергії сонця і вітру.

У сфері управління будівлями впровадження алгоритмів машинного навчання для аналізу даних мільйонів розумних датчиків та вимірювальних пристроїв дозволяє прогнозувати споживання енергії та витрати.²⁴ Крім того, з метою оптимізації споживання енергії штучний інтелект використовується для створення систем освітлення і опалення зі звуковим управлінням як у будівлях, так і на вулицях, а компанія JTC²⁵ з Сінгапуру використовує

штучний інтелект для моніторингу, аналізу та оптимізації енергоефективності будівель. Алгоритми машинного навчання також використовуються на етапі проектування для моделювання енергоефективних будівель, що відкриває додаткові можливості для оптимізації рівня ефективності будівель під час зведення та, що значно важливіше, на етапі експлуатації.²⁶

У сфері розумного транспорту алгоритми машинного навчання, що використовують інформацію автомобіля, вже широко використовуються для оптимізації навігації (зокрема, сервіси Waze та Google Maps) і підвищення рівня безпеки, а також дозволяють уникати заторів та оптимізувати потоки транспорту (наприклад, сервіс Nexar).^{27,28} На міському рівні ці можливості трансформуються у здатність інтегрувати громадський та приватний транспорт задля створення ефективного сервісу міської мобільності шляхом виявлення закономірностей у транспортних потребах, оптимізації маршрутів та підвищення ефективності і рівня безпеки.²⁹ Керовані штучним інтелектом автономні автомобілі (AA), у яких використовуються,

зокрема, алгоритми автоматичного аналізу відеоінформації та методи глибоких нейронних мереж, дозволять протягом наступних років і десятиліть здійснити перехід до мобільності за запитом.³⁰ Підключені автономні автомобілі відкривають потенціал для значного зниження викидів парникових газів, що утворюються в результаті функціонування громадського транспорту: до прикладів можна віднести оптимізацію маршрутів, що сприяє скороченню пробігу та зменшенню кількості заторів, впровадження екоалгоритмів, орієнтованих у першу чергу на підвищення енергоефективності, програмоване формування «колон» автомобілів у потоці транспорту, а також створення автономних сервісів спільних поїздок, що сприяють зменшенню пробігу автомобілів та зниженню експлуатаційних витрат.³¹ До ключових міркувань, що дозволять максимізувати позитивні наслідки для довкілля, належать генерування синергії з рішеннями для громадського транспорту та формування парків автономних автомобілів, які складаються виключно з транспортних засобів з нульовим рівнем викидів.

Біологічна різноманітність і збереження

- Прецизійний моніторинг екосистем
- Прогнозування місць проживання та напрямків міграції птахів
- Моделювання взаємодії тварин з середовищем їх проживання
- Виявлення випадків втрати середовища проживання та їх моніторинг
- Використання мініатюрних безпілотників для запилення
- Оптимізація селекції рослин
- Реєстрація і торгівля біологічними та біоміметичними активами
- Визначення видів рослин
- Автоматизоване машинне картування землекористування з прив'язкою до платежів за екосистемні послуги



- Виявлення несанкціонованого вилування тварин
- Виявлення випадків нелегальної торгівлі дикою флорою і фауною за допомогою аналізу зображень
- Прогнозування маршрутів руху браконьєрів та контроль за переміщенням тварин з категорії підвищеного ризику
- Оптимізація харчових ланцюжків
- Моніторинг ланцюжків постачання та відстеження походження
- Прогнозування поширення забруднень та їх відстеження
- Аналіз проблемних питань у сфері міських стоків

- Автоматизований машинний аналіз біологічної різноманітності
- Інтелектуальні пастки для москітів
- Виявлення та ідентифікація захворювань рослин

Джерело: дослідження PwC

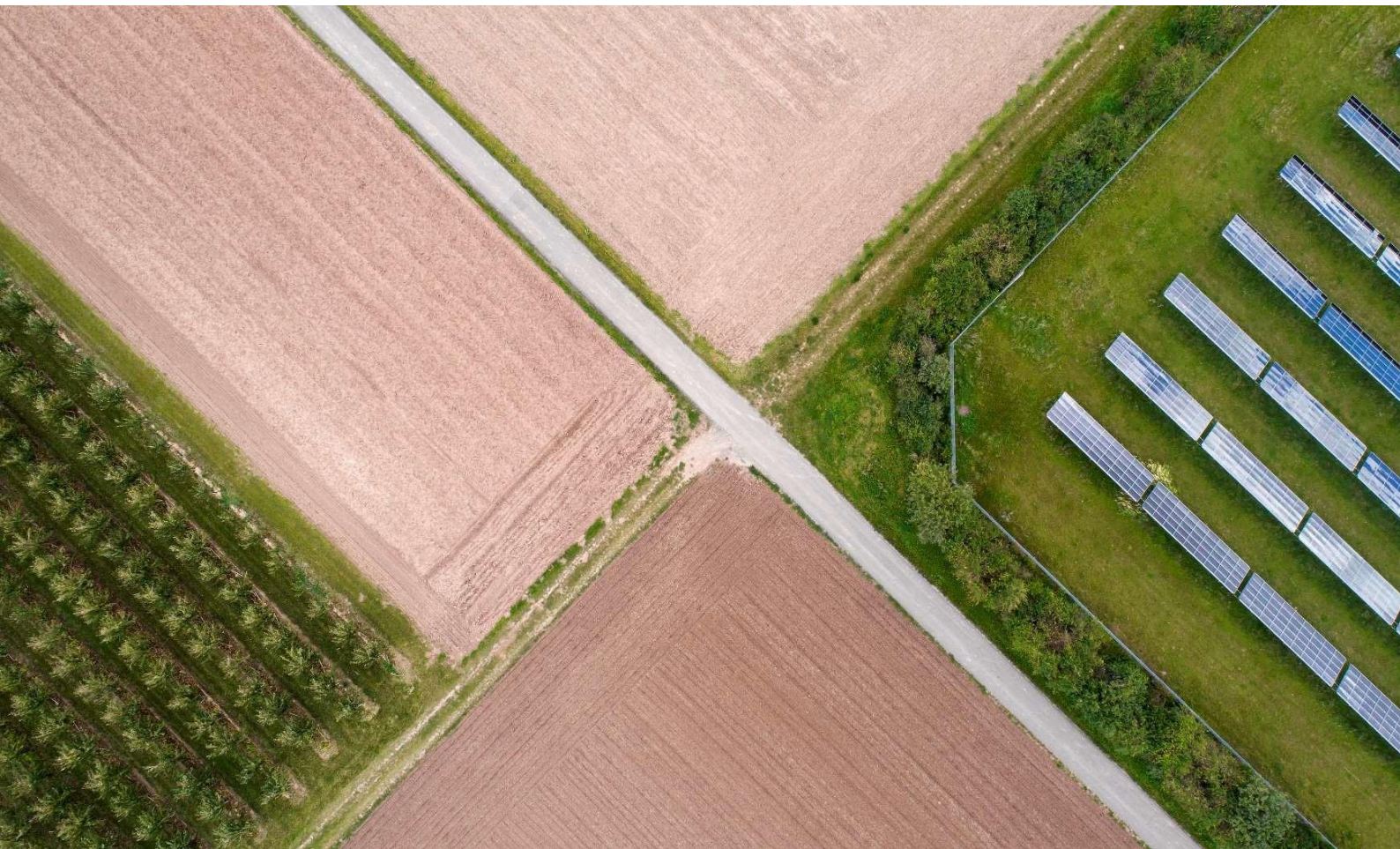
Штучний інтелект має потенціал, достатній для трансформації методів моніторингу та збереження середовищ проживання. Наприклад, штучний інтелект може виступати як основоположний елемент технологій, які в поєднанні з супутниковими знімками дозволяють автоматично виявляти зміни в землекористуванні, аналізувати стан рослинного

покриву, лісів і зелених насаджень, а також проводити моніторинг повеней. Наприклад, аналітичні матеріали PlanetWatchers, отримані шляхом ретельного моніторингу ландшафтів, слугують джерелом інформації для управління лісовими середовищами проживання і дозволяють боротися з проблемами, що викликані пов'язаними зі зміною клімату чинниками, такими як шкідники, руйнування, посухи та пожежі.³²

Для моніторингу та контролю за інвазивними видами використовуються машинне навчання і комп'ютерний аналіз відеоінформації. Ці методи дозволяють визначати наявність інвазивних видів і захворювань рослин, відстежувати і знищувати їх. Наприклад, компанія Blue River Technology використовує комп'ютерний аналіз відеоінформації та можливості штучного інтелекту для виявлення та ідентифікації змін у біологічному різноманітті, зокрема — визначення наявності інвазивних рослин³³.

Захист флори і фауни від незаконної торгівлі

реалізується шляхом поєднання можливостей штучного інтелекту зі зйомками з безпілотною. Наприклад, компанія Neurala спільно з організацією Lindbergh Foundation відстежують на території Африки переміщення диких тварин, таких як носороги і слони, та запобігають їх знищенню шляхом виявлення потенційних браконьєрів³⁴. Технологія дозволяє ідентифікувати у потоках сенсорної інформації об'єкти, що становлять інтерес, і допомагає людям, фільтруючи терабайти відео в реальному часі та виявляючи тварин, автомобілі і браконьєрів як у денний, так і в нічний час.



Чисті океани



Джерело: дослідження PwC

Технології на основі штучного інтелекту відкривають різноманітні нові способи захисту і сталого управління океанами.³⁵ Системи, що використовують штучний інтелект у поєднанні з іншими методами для збирання інформації у важкодоступних частинах океану, допомагають у безпечний для довкілля спосіб відстежувати походження видів та стежити за рибом, забезпечувати захист окремих видів і середовищ проживання та здійснювати моніторинг наслідків зміни клімату.

Крім того, штучний інтелект відкриває нові можливості для боротьби з нелегальним рибальством. Зокрема, вперше стало можливим використання методів машинного навчання для підготовки точніших графіків патрулювання. Також робляться перші кроки у напрямку створення технології накладання алгоритмічних шаблонів руху суден на інформацію супутникових систем у поєднанні з даними автоматичної ідентифікаційної системи (Automatic Identification System, AIS) щодо суден для моніторингу діяльності, пов'язаної з нелегальним рибальством (наприклад, сервіс Global Fishing Watch).³⁶ Завдяки таким методам стеження органи влади зможуть запобігати надмірному вилову риби та контролювати рибний промисел.

З метою захисту біологічних видів деякі системи використовують технології аналізу зображень та

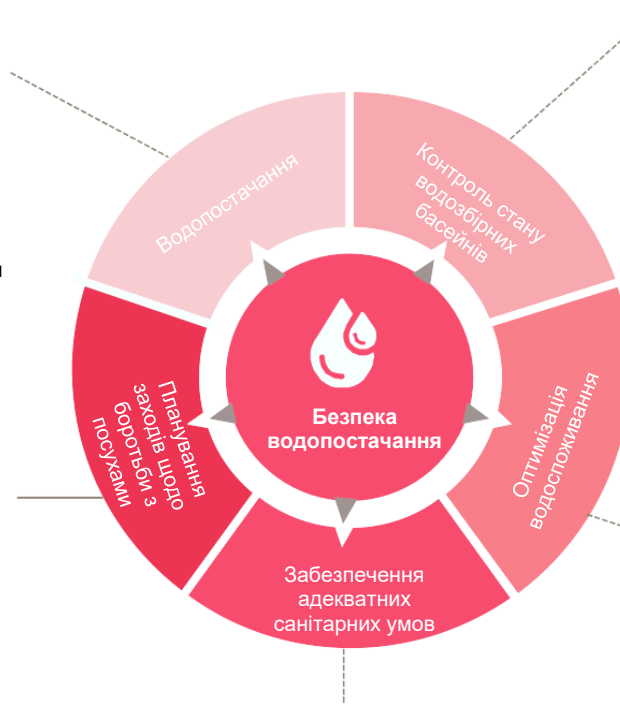
машинне навчання, що дозволяє відстежувати кількість і місцезнаходження інвазивних видів. У рамках партнерства некомерційної організації Ocean Alliance з промисловими підприємствами безпілотні апарати використовуються для відбирання зразків слизу китів вздовж берегів Патагонії, Мексики та Аляски та збирання даних ДНК. Науковці використовують штучний інтелект для перевірки здоров'я савців і паралельно мають змогу в реальному часі оцінювати стан океанського середовища, у якому живуть кити.³⁷

Для спостереження за станом океану можна також використовувати роботів зі штучним інтелектом, які здатні визначати рівень забруднення і відстежувати коливання температури і рівня рН в океанах внаслідок зміни клімату. Більше того, НАСА використовує супутникові знімки та комп'ютерне моделювання з використанням можливостей машинного навчання для оцінки поточного і прогнозування майбутнього стану фітопланктону у світовому океані.³⁸ Також триває робота над створенням автономних технологій дослідження океану, основу яких становитимуть передові досягнення у сфері штучного інтелекту, робототехніки і нанотехнологій. Ці розробки допоможуть провести вивчення ложа океану з високою роздільною здатністю з метою ідентифікації біологічних видів, складання мап та управління природними ресурсами.³⁹

Безпека водопостачання

- Моніторинг та управління водопостачанням
- Ситуаційне моделювання якості води та попереджень про зміну даних
- Фільтрація води з функцією самоадаптації
- Обслуговування і ремонт інфраструктури у разі критичного зростання витрати води та обсягів стічних вод

- Передбачення посух
- Ситуаційне моделювання для планування заходів щодо боротьби з посухами
- Оцінювання впливу посух



- Виявлення місць масового розвитку шкідливих водоростей та спостереження за ними
- Прогнозування руслового стоку
- Створення автоматизованої інфраструктури, розрахованої на протидію повеням

- Моніторинг та управління використанням води для населення
- Оптимізація використання води для промислових цілей
- Прогнозне технічне обслуговування систем водопостачання
- Створення системи раннього попередження на об'єктах інфраструктури водопостачання
- Виявлення підземних протікань у системах постачання питної води
- Інтелектуальні лічильники в будинках

- Моніторинг якісного стану річок у реальному часі з використанням безпілотних апаратів та штучного інтелекту
- Забезпечення адекватного санітарного стану водних запасів
- Моніторинг у реальному часі та управління побутовим водопостачанням

Джерело: дослідження PwC

Вода відіграє ключову роль у забезпеченні їжею, енергією, а також у питаннях довкілля та міської проблематики. Використовуючи можливості штучного інтелекту в поєднанні з прогнозами погоди, науковці та інженери можуть моделювати ефективність резервуарів і розраховувати споживання води в окремому регіоні, що дозволяє приймати більш поінформовані рішення. Тим часом, компанія Valor Water Analytics використовує штучний інтелект у поєднанні з даними промислової аналітики та можливостями оперативної взаємодії для управління масивами «розумних» лічильників.⁴⁰ Такий підхід дозволяє виявляти протікання, у реальному часі оцінювати потоки води та контролювати справність лічильників. У свою чергу, компанія Water Smart Software пропонує засновану на можливостях машинного навчання платформу для аналізу даних, яка надає комунальним підприємствам інформацію та стратегії дій і дозволяє контролювати потоки води та виявляти аномалії.⁴¹ Ще одна компанія, Flo Technologies, використовує машинне навчання для надання у реальному часі інформації про якість води з можливістю надсилання сповіщень на смартфони користувачів.

У місті Сірак'юс (Syracuse), штат Нью-Йорк, система на базі штучного інтелекту використовується для аналізу стану старіючої інфраструктури водопостачання з метою виявлення ділянок трубопроводів, що потребують ремонту через ризик протікання.⁴² Розроблена компанією Water Planet система IntelliFlux використовує штучний інтелект для аналізу даних датчиків тиску та визначення оптимальної продуктивності систем фільтрації, що дозволяє мінімізувати втрати води.⁴³

На додачу до оптимізації постачання та продуктивності штучний інтелект, використовуючи дані супутників, може допомагати у прогнозуванні погодних умов та аналізувати стан ґрунтів і поверхневих вод. Це дозволить передбачати посухи та інформувати населення і відповідні галузі господарства.⁴⁴ Використовуючи можливості машинного навчання у поєднанні з фізичними моделями, науковці можуть розробляти плани водних ресурсів і визначати обсяги капіталовкладень, розробляти плани дій у кризових ситуаціях і оцінювати потенційні наслідки рішень у сфері планування водних ресурсів.

Чисте повітря

- Оптимізовані системи очищення повітря, оснащені датчиками
- Уловлювання, зберігання та використання вуглецю

- Удосконалення конструкції батарей та паливних елементів
- Удосконалення компонентів батарей
- Прогнозування забруднень для цілей управління транспортною інфраструктурою



- Моніторинг та моделювання рівня забруднення повітря у реальному часі
- Виявлення джерел забруднення повітря

- Підготовка прогнозів рівня забруднення на 2–10 днів
- Попередження про якість повітря

Джерело: дослідження PwC

Перші приклади рішень у сфері боротьби за чисте повітря зосереджені на питаннях фільтрації та вловлювання. Що стосується фільтрації, пристрої для очищення повітря (наприклад, ARCADYA) використовують машинне навчання для запису інформації про якість повітря і даних про стан навколишнього середовища у реальному часі та коригування ефективності фільтрації.⁴⁵ Для використання штучного інтелекту з метою моніторингу якості у реальному часі також відкриваються нові можливості: наприклад, компанія AirTick використовує камери смартфонів як своєрідні датчики забрудненості повітря. Для цього використовуються технології розпізнавання зображень та машинні алгоритми, що дозволяють аналізувати зображення з усього міста з невеликими фінансовими витратами.⁴⁶ Крім того, стартап AirVisual та компанії IBM і Microsoft займаються розробкою інструментів для прогнозування рівня забруднення повітря для таких міст, як Пекін.⁴⁷ Ініціатива Green Horizons компанії IBM передбачає об'єднання можливостей машинного навчання та Інтернету речей для підготовки прогнозів на строк від 2 до 7–10 днів. Для цього використовуються дані станцій контролю якості повітря та інформація з більш поширених джерел, таких як системи управління дорожнім рухом, метеосупутники і метеостанції, а також дані про

промислову діяльність, топографічні мапи і навіть соціальні мережі.⁴⁸ В інструментах від IBM та Microsoft традиційні моделі хімії атмосфери, засновані на фізичних властивостях, та дані про погоду поєднуються з моделями машинного навчання.

Що стосується попереджень про якість повітря, такі системи на базі штучного інтелекту здатні прогнозувати діяльність, що призводить до інтенсивного використання ресурсів та спричиняє забруднення. Модельні експерименти, що проводяться за допомогою штучного інтелекту, дозволяють мешканцям міських територій, таких як Пекін, отримувати попередження про якість повітря.⁴⁹

Більше того, використання штучного інтелекту у нових підключених платформах, що використовують інформацію автомобілів, радарних датчиків та камер для оптимізації транспортних потоків у містах, також сприяє покращенню якості повітря за рахунок зниження кількості автомобілів, що стоять нерухомо або рухаються у режимі «старт-стоп».⁵⁰ Якщо говорити про мобільність, штучний інтелект також використовується для оптимізації конструкції досконалих акумуляторних батарей з метою підвищення ефективності та продуктивності електромобілів, дедалі ширше використання яких сприятиме подальшому поліпшенню якості повітря.

Стійкість до стихійних лих і погоди



Джерело: дослідження PwC

Значна кількість нових варіантів практичного застосування у сфері забезпечення стійкості до впливу погоди і стихійних лих зосереджена на здатності прогнозувати екстремальну погоду і стихійні лиха. Використання прогнозової аналітики, заснованої на можливостях штучного інтелекту, у поєднанні з Інтернетом речей, безпілотними апаратами, технологією «блокчейн» та досконаліми сенсорними платформами, допоможе органам влади і науковим спільнотам у реальному часі здійснювати моніторинг землетрусів, повеней та ураганів, відстежувати зміни рівня моря та інші небезпечні природні явища, а також визначати порогові значення певних параметрів для автоматичних систем оголошення евакуації. На території Індонезії працює веб-портал PetaBencana.id, який використовує інформацію з численних загальнодоступних датчиків, можливості штучного інтелекту і повідомлення громадян у соціальних мережах для відображення у реальному часі мапи повеней на території столиці країни — Джакарти.⁵¹ Крім того, штучний інтелект у поєднанні з технологіями аналізу зображень використовується для складання прогнозів погоди на основі опублікованих користувачами знімків і повідомлень. Такий проект, зокрема, реалізує IBM, спираючись на розробку придбану нею компанією The Weather Company.⁵² Агротехнологічна компанія The Yield⁵³ з Тасманії використовує датчики, аналітичні інструменти і додатки для надання інформації про погоду в реальному часі, допомагаючи аграріям приймати поінформовані рішення з метою зниження витрати води та інших ресурсів.

Значна кількість метеорологічних служб,

технологічних компаній (наприклад, IBM, Palantir), страховиків та комунальних підприємств також використовують результати аналізу великих даних та можливості штучного інтелекту у поєднанні з більш традиційними методами моделювання, що спираються на закони фізики, для прогнозування впливу екстремальних погодних явищ на інфраструктуру і системи, а також для розробки обґрунтованих стратегій управління ризиками стихійних лих. Ці моделі можуть використовуватись для прогнозування як прямих збитків, так і додаткових втрат, пов'язаних з ризиками призупинення комерційної діяльності внаслідок перебоїв з постачанням електроенергії чи переривання транспортного сполучення. Створені за допомогою штучного інтелекту моделі використовуються також для оцінювання життєздатності стратегій протидії стихійним лихам.

На додачу до прогнозування екстремальних погодних явищ і стихійних лих технології обробки природного мовлення і машинного навчання дедалі ширше використовуються для надання інформації про стихійні лиха на запити громадян. Більше того, для планування заходів з реагування у реальному часі алгоритми глибокого навчання та аналізу зображень можуть використовувати дані про сейсмічну активність, інформацію про конструктивні особливості будівель (вік споруди, особливості будівельних матеріалів тощо), дані соціальних мереж та супутникові зображення. Це дозволить координувати і визначати пріоритетність заходів з ліквідації наслідків стихійних лих, а також визначати, які частини міст можуть постраждати найбільше, та контролювати переміщення людей і ресурсів.⁵⁴

Кардинальні чинники штучного інтелекту заради блага Землі

На додачу до активізації поточних зусиль, спрямованих на боротьбу з проблемами у сфері екології, зараз існують надзвичайно широкі можливості щодо формування кардинальних чинників, які завдяки використанню можливостей штучного інтелекту, здебільшого — у поєднанні з іншими технологіями Четвертої промислової революції, мають потенціал для напрацювання трансформаційних рішень.

Наведений нижче перелік потенційних кардинальних чинників має п'ять характерних особливостей:

1. Трансформаційний вплив (здатність повністю порушити або змінити поточні підходи).
2. Потенціал впровадження (потенційна чисельність популяції має значення).
3. Центральна роль штучного інтелекту в рішенні (штучний інтелект виконує ключову функцію у рішенні).
4. Системний вплив (чинник здатен забезпечити реальний прогрес в антропогенних системах).
5. Доступне для розуміння сприятливе середовище, у тому числі за політичною та соціальною динамікою (сприятливе середовище, яке можна ідентифікувати і підтримувати).

Індивідуальні описи деяких потенційних кардинальних чинників наведено нижче. Але часто міжгалузеві комбінації цих чинників несуть в собі найбільший потенціал для фундаментальної трансформації антропогенних систем. Наприклад, автономні електромобілі могли б працювати в поєднанні з розподіленими енергетичними мережами: у результаті зарядні станції і, власне, автомобілі зможуть живитись від децентралізованої та оптимізованої мережі постачання відновлюваної енергії і навіть виконувати функцію джерел енергії у цій мережі.



Нові кардинальні чинники штучного інтелекту



1. Автономні та підключені електромобілі

Штучний інтелект буде відігравати ключову роль у повсюдному переході на використання автономних підключених електромобілів, що врешті-решт дозволить змінити підхід до поїздок на короткі відстані водночас зі зниженням викидів парникових газів та зменшенням рівня забрудненості повітря. Автономні електромобілі з підтримкою технології машинного навчання поліпшать ефективність транспортних мереж, адже такі автомобілі обмінюються інформацією між собою та з транспортною інфраструктурою задля виявлення небезпеки, поліпшення навігації та підвищення ефективності мережі. Завдяки використанню програмного забезпечення для реагування на попит з використанням можливостей великих даних (наприклад, Auto Grid) заряджання електромобілів стане доступнішим. Екологічно чистий, «розумний», підключений транспорт для спільних поїздок на короткі відстані з дедалі більшою автономністю буде поєднувати штучний інтелект з іншими технологіями Четвертої промислової революції, такими як Інтернет речей, безпілотні апарати та удосконалені матеріали (зокрема, у батареях новітньої конструкції).

Через підвищений попит на транспорт вигреш в ефективності може настати дещо пізніше, проте в цілому можна очікувати, що «розумна» транспортна система на базі штучного інтелекту сприятиме зниженню рівня шкідливих викидів. Підвищена ефективність може також стати стимулом до спільного використання автомобілів та зменшення кількості власників авто, що, своєю чергою, теж сприятиме подальшому зменшенню викидів, пов'язаних з виробництвом і експлуатацією автомобілів.

Разом з тим, перехід до використання автономних підключених автопарків у містах здійснюватиметься поступово і буде мати свої особливості у кожній країні. Можуть пройти десятиліття, перш ніж повністю автономні міські автопарки стануть нормою. Окрім власне розробки технології необхідно буде вирішити ряд проблем, пов'язаних зі сприйняттям громадськістю, питаннями юридичної та страхової відповідальності, а також створенням зарядної інфраструктури. До того ж, цикл заміни автомобілів триває приблизно 15–20 років.

І якщо до впровадження 5-го рівня автономності автомобілів (повна відсутність потреби у втручанні

людини) мають пройти цілі десятиліття, випробування автономних автомобілів 4-го рівня (високий рівень автономності з можливістю втручання водія) на дорогах можуть розпочатись вже у 2021 році. Починаючи з цього рівня, автомобілі можуть рухатись у містах і використовуватись для надання послуг у сфері мобільності на вимогу. Крім того, почнуть проявлятися додаткові переваги, пов'язані з відчутним зниженням рівня шкідливих викидів.



2. Розподілені енергетичні мережі

В енергетичній індустрії дедалі ширше впроваджуються енергетичні мережі з підтримкою технологій машинного навчання, у тому числі й глибинного. У сфері захисту довкілля застосування штучного інтелекту з метою масштабного впровадження розподілених мереж має ключове значення, оскільки це дозволить забезпечити декаarbonізацію енергетичної мережі, розширити використання відновлюваних джерел енергії і їх ринок збуту, а також підвищити ефективність споживання енергії. Штучний інтелект здатен покращити прогнозування попиту і постачання відновлюваних джерел енергії, поліпшити умови зберігання енергії та управління навантаженням, забезпечити підтримку інтеграції відновлюваних джерел енергії і їх надійність, а також створити умови для динамічного ціноутворення і торгівлі, які слугуватимуть ринковими стимулами. Оснащені штучним інтелектом «віртуальні електростанції» можуть інтегрувати й агрегувати сонячні панелі, мікромережі, установки для зберігання енергії та інші об'єкти, а також оптимізувати їх використання. Розподілені енергетичні мережі можна розширювати з метою включення до їхнього складу нових джерел, таких як автомобільна інфраструктура на базі сонячних елементів, отриманих методом напилення або фарбування, і створити умови для розширення мережі «сонячних доріг», їх підключення та подальшої оптимізації. У випадку з сонячними дорогами штучний інтелект може, наприклад, «навчити» дорогу нагріватися для забезпечення танення снігу, або коригувати навантаження на смуги руху залежно від потоку транспорту.

«Розумні» мережі зможуть використовувати й інші технології Четвертої промислової революції, у тому числі — Інтернет речей, технологію «блокчейн» (для пірингової торгівлі енергією) та новітні матеріали (для збільшення кількості розподілених джерел енергії та оптимізації її зберігання).

Усе це потребуватиме належного законодавчого регулювання для забезпечення безпеки і цілісності програмного забезпечення, володіння і контролю над правами інтелектуальної власності (що, своєю чергою, може відкрити нові можливості для інвестицій та інновацій), управління матеріально-технічними засобами з підтримкою технологій машинного навчання та відповідальності за їх функціонування, а також розробки нормативно-правової бази щодо передавання і продажу енергії, часто — віртуального. Оскільки цілі економіки та окремі населені пункти поступово відмовляються від «важкої інфраструктури»

на користь «розумної» інфраструктури з низьким рівнем негативного впливу на довкілля, децентралізована сутність розподілених енергетичних мереж означає, що вони мають потенціал для впровадження у глобальних масштабах.



3. «Розумне» сільське господарство

Передбачається, що прецизійне землеробство (включно з прецизійним відгодовуванням) потребуватиме дедалі ефективнішого автоматичного збирання даних та приймання рішень на рівні окремо взятої ферми. Це дозволить, наприклад, забезпечити оптимальну ефективність засівання, поливання та збирання врожаю сільськогосподарських культур, на ранній стадії виявляти хвороби рослин і інші проблеми, організувати годування худоби за графіком і в цілому оптимізувати витрати на сільське господарство та прибутки від нього. Це дає змогу сподіватися на підвищення ефективності використання ресурсів сільськогосподарської галузі, зменшити використання води, добрив і пестицидів, які зараз вимиваються в річки й океани та шкідливо впливають на популяції комах, призводячи до негативних наслідків для важливих екосистем.

Ключова роль тут відводиться технологіям Четвертої промислової революції у поєднанні з використанням праці оснащених штучним інтелектом роботів (наприклад, Blue River tech⁵⁵ та віртуальні співрозмовники з елементами штучного інтелекту), безпілотних апаратів, синтетичної біології (наприклад, для геномного аналізу сільськогосподарських культур) і новітніх матеріалів. Звичайне машинне та глибинне навчання будуть працювати у тандемі з Інтернетом речей та безпілотними апаратами. Датчики, що використовуються для вимірювання показників зволоження посівів, температури і складу ґрунтів, будуть забезпечувати штучний інтелект усіма даними, необхідними для автоматичної оптимізації виробництва та вживання важливих заходів (наприклад, підведення вологи).⁵⁶ Безпілотні апарати дедалі ширше використовуються для моніторингу умов та обміну інформацією з датчиками і системами, оснащеними штучним інтелектом.⁵⁷

Щоб йти в ногу зі стрімким технологічним прогресом у цій сфері, необхідно буде врегулювати порядок володіння даними, алгоритми ціноутворення на промислові товари та порядок транскордонного переміщення потоків даних. «Розумне сільське господарство» має потенціал для фундаментальної трансформації цієї галузі, причому у ще більших масштабах, ніж це вдалось завдяки впровадженню методів масового виробництва сільськогосподарської продукції у 20 столітті. До того ж, ці зміни можуть відбуватися значно швидше, ніж попередні.



4. Прогнозування погоди та моделювання клімату

Нова наука під назвою «кліматична інформатика» бурхливо розвивається вже зараз, використовуючи можливості штучного інтелекту для фундаментальної трансформації методів прогнозування погоди та передбачення природних катаклізмів, а також для поглибленого вивчення наслідків зміни клімату.⁵⁸ Цей напрямок є дуже багатообіцяючим, адже спільнота науковців, які займаються дослідженнями погоди і клімату, вже накопичила великі обсяги даних і продовжує їх збирання, і тому ця галузь є ідеальною експериментальною платформою для відпрацювання методів машинного навчання — як звичайного, так і глибинного. Донині використання цих часто оновлюваних масивів даних потребувало значних обчислювальних потужностей, що обмежувало їх доступність та можливість використання науковою спільнотою й інституціями, відповідальними за прийняття рішень. Штучний інтелект дозволяє подолати ці виклики, пропонуючи можливості для прискорення моделювання погоди і клімату, підвищення доступності цих даних і створення умов для їх використання при прийнятті рішень.

Державні установи, такі як метеорологічна служба Великобританії та НАСА, а також приватні компанії (зокрема, IBM і Microsoft) використовують штучний інтелект і машинне навчання для підвищення продуктивності та ефективності моделювання погоди і клімату.⁵⁹ Ці моделі передбачають обчислення складних фізичних рівнянь (наприклад, розрахунки гідрогазодинаміки для атмосфери та океанів) і використання евристичних методів для елементів, які неможливо з'ясувати повністю (наприклад, аспекти хімії атмосфери, такі як перетворення часточок льоду на воду). З огляду на складність визначальних рівнянь їх розв'язання потребує дорогих обчислень з високими витратами енергії. Проте мережі глибинного навчання можуть емулювати певні аспекти цих кліматичних моделей, що дозволяє значно прискорювати комп'ютерну обробку і включати в обчислення значно складніші параметри систем «реального світу». Методи штучного інтелекту також дозволяють коригувати відхилення у моделях, робити вибірки найбільш релевантних даних для запобігання їх деградації та оптимізувати ефективність обчислень. В усіх цих прикладах штучний інтелект під наглядом людини здійснює «контроль» для покращення ефективності моделювання. З часом дешевші і швидші моделі погоди і клімату, створені з використанням штучного інтелекту, дозволять знизити потребу у використанні ненажерливих суперкомп'ютерів, зменшити вартість досліджень і зробити сферу досліджень погоди і клімату доступною для більшої кількості науковців.

Ширше використання штучного інтелекту передбачає застосування простіших методів машинного навчання, а також поєднання моделей погоди і даних про побічний вплив для прогнозування наслідків маломасштабних погодних катаклізмів, таких як урагани чи повені, для антропогенних систем,

створюючи умови для покращеного управління ризиками. Разом з тим, якщо дивитися ширше, використання створюваних методів глибинного навчання з підкріпленням у кліматології та метеорології поки що є незвіданою територією. Для визначення фізичних систем реального світу, у яких ці нові інструменти принесуть найбільшу користь, знадобляться додаткові дослідження.

Ми вже можемо спостерігати, як більш якісні дані про погоду і клімат допомагають керівникам з державного і приватного секторів вживати заходів для покращення стійкості до впливу клімату. Зокрема, метеорологічна служба Великобританії розробила програму у формі віртуального співрозмовника, яка демонструє, наскільки легко можна отримувати дані або відповіді на запити зі складних об'ємних наборів даних. Для цього використовується досконалий штучний інтелект, який у реальному часі надає користувачам інформацію за допомогою простого інтерфейсу. Ще один приклад — віртуальні асистенти, що використовують дані прогнозів і допомагають приймати повсякденні рішення про те, який одяг обрати чи куди вирушити у подорож.

Деякі компанії вже співпрацюють між собою та з університетами і державними організаціями у сфері кліматичної інформатики. Зараз існує можливість для формалізації, організації та популяризації нової наукової дисципліни, пов'язаної з використанням можливостей штучного інтелекту в метеорології і кліматології, шляхом міжнародної координації зусиль (наприклад, з допомогою Всесвітньої метеорологічної організації та Міжурядової комісії з питань зміни клімату), адресного національного фінансування науково-дослідної діяльності та міжгалузевої співпраці.



5. Суспільна інформаційно-аналітична платформа для реагування на стихійні лиха

Від швидкості та ефективності реагування організацій і окремих людей на надзвичайні ситуації значною мірою залежать обсяги економічних збитків і ступінь людських страждань. Особливо це актуально під час масштабних катаклізмів. Проте часто виникають затримки, причинами яких є брак інформації, аналітичних даних та недостатня поінформованість про оптимальний порядок дій. Крім того, часто великі об'єми потрібної інформації існують у розпорошеному між різними організаціями вигляді, і тому вона здебільшого залишається недоступною для спільнот.

Покращене планування заходів із забезпечення стійкості також є важливим методом мінімізації наслідків майбутніх стихійних лих. Штучний інтелект можна використовувати для впорядкування багатоаспектних даних про певний регіон та визначення чинників, що є ключовими для забезпечення стійкості. Штучний інтелект може моделювати різні погодні явища і стихійні лиха у

регіоні та аналізувати їхні результати для пошуку вразливих місць і визначення планів забезпечення стійкості, які дозволили б забезпечити максимальний захист від цілого переліку різних видів явищ.

Нові гібридні системи правил та інструментів можуть використовувати дані і методи штучного інтелекту для формування «розподіленої громадської системи зберігання даних», яка б дозволила покращити підготовку до стихійних лих та усунення їхніх наслідків за рахунок координації можливостей з інформування про екстрені ситуації.⁶⁰ З настанням стихійного лиха активуються заздалегідь визначені алгоритми використання інформації, завдяки чому працівники екстрених служб отримують у своє розпорядження більш досконалі інструменти для з'ясування особливостей ситуації на місці та вжиття необхідних заходів. Наприклад, технологія машинного навчання у поєднанні з алгоритмами обробки природного мовлення дозволяє визначити кращі місця збору і маршрути руху для розподілу та евакуації, а також необхідні обсяги зусиль з надання допомоги та оптимальні графіки здійснення цих заходів. У таких ситуаціях штучний інтелект буде працювати в поєднанні з іншими технологіями Четвертої промислової революції, такими як безпілотні апарати та Інтернет речей. Свого часу методи глибинного навчання з підкріпленням можуть бути інтегровані в технологію моделювання катаклізмів з метою визначення оптимальних стратегій реагування. Зараз штучний інтелект використовується у подібний спосіб для визначення кращого ходу в іграх на кшталт AlphaGo.

Використання штучного інтелекту з метою покращеного реагування на стихійні лиха та планування потребуватиме створення приватно-державних партнерств. Наприклад, спільнота експертів з технічних, правових та фінансових питань повинна буде визначити ключові набори даних, визначити стандартні підходи та методологію використання прикладних програмних інтерфейсів і інструментів машинного навчання для безпечного і відповідального доступу до критично важливих даних, а також розробити правила та умови діяльності зацікавлених сторін у рамках системи.



6. Децентралізоване водопостачання

Машинне та глибинне навчання в змозі забезпечити якісні зміни у сфері оптимізації управління водними ресурсами. Штучний інтелект пропонує дедалі ширші потенційні можливості для створення розподілених «автономних» джерел води, інфраструктура яких буде подібною до децентралізованих енергетичних систем.

«Розумні» домашні лічильники здатні генерувати великі обсяги даних, які можна використовувати для прогнозування витрати води, виявлення відхилень та протікань. Наступним кроком має стати поєднання можливостей машинного навчання, Інтернету речей і технології «блокчейн» для створення дійсно децентралізованої системи водопостачання, у якій

суттєво зросте значення місцевих ресурсів та систем замкненого циклу очищення води. Водними ресурсами можна буде навіть торгувати з використанням технології «блокчейн».

Більше того, об'єднавши можливості машинного навчання, прогнозного моделювання і робототехніки, можна змінити нинішній підхід до будівництва й управління водною інфраструктурою та прискорити впровадження інновацій у сфері інженерного забезпечення охорони довкілля. Наприклад, відповідні інженерні рішення дозволяють забезпечити автономне регулювання швидкості перенесення осадів у річках. У комплексі з методикою ціноутворення, що спирається на можливості штучного інтелекту, такий підхід дозволяє оптимізувати використання води і стимулювати зміни споживчої поведінки шляхом заохочення економії води.



7. «Розумні», підключені та комфортні міста, спроектовані штучним інтелектом

На додачу до сфери автономних автомобілів штучний інтелект також пропонує можливості для покращеного планування міських територій, що дає змогу створювати стійкі антропоцентричні міста з мінімальним рівнем забруднення повітря та негативного впливу на довкілля. Крім цього, штучний інтелект можна використовувати для моделювання та автоматизованої розробки законодавства з питань зонування, будівельних норм і правил використання заплавлених річок. У поєднанні з технологіями доповненої та віртуальної реальності згенеровані штучним інтелектом дані можуть стати у пригоді містобудівникам, інфраструктурним інвесторам, а також представникам органів влади, що зможуть використовувати їх для підготовки до стихійних лих та відновлювальних робіт (при потребі).

«Розумні» лічильники, оснащені штучним інтелектом, та Інтернет речей також можуть допомогти у прогнозуванні й оптимізації генерування і споживання енергії в містах, причому як у масштабах цілих міст, так і на рівні індивідуальних будинків і споруд. Оптимізація енергоефективності в реальному часі за допомогою штучного інтелекту може забезпечити негайний відчутний вплив на споживання енергії. Наприклад, компанія Google на 40 % зменшила витрати енергії у своїх дата-центрах за рахунок оптимізації охолодження за допомогою алгоритмів глибинного навчання з підкріпленням компанії DeepMind.⁶¹ Оснащені штучним інтелектом «розумні» мережі також будуть відігравати критично важливу роль у нових містах, які швидко розростаються. На даний час перші проекти у цій сфері вже впроваджуються у різних країнах від Бразилії до Філіппін.

Об'єднавши отримувані у реальному часі дані про споживання і доступність енергії та води, потоки транспорту і людей та стан погоди в масштабах усього міста, можна створити «панель управління містом».

У поєднанні з можливостями штучного інтелекту це дозволить оптимізувати споживання води та енергії в місті та потенційно зменшити потребу у створенні дорогої додаткової інфраструктури водночас зі зниженням рівня забруднення та завантаженості транспортних артерій. Як наслідок, зменшиться негативний вплив міста на довкілля та підвищиться рівень комфорту.



8. Платформа океанічних даних

Моніторинг у реальному часі з використанням можливостей штучного інтелекту дозволяє покращити прийняття рішень у різних сферах — від контролю та захисту біологічних видів до управління природними ресурсами та забезпечення стійкості до впливу кліматичних чинників. До недавніх прикладів належить проект Ocean Data Alliance,⁶² який був започаткований з метою спільної розробки та впровадження рішень, заснованих на відкритих джерелах інформації і спрямованих на збирання необхідної для комплексного моніторингу океанських ресурсів інформації з різних джерел — від супутникових даних до інформації, отриманої шляхом впровадження технологій дослідження океанів. У разі повноцінної реалізації цей підхід надасть відповідальним за прийняття рішень особам можливість використання машинного навчання з метою моніторингу, прогнозування та реагування на мінливі умови, такі як незаконне рибальство, спалахи епідемій чи знебарвлювання коралів.

За рахунок надання органам влади і навіть громадськості доступу до засобів моніторингу рибальства, морських перевезень, видобутку корисних копалин в океані та іншої діяльності нові можливості обробки даних зможуть забезпечити прозорість у режимі, близькому до реального часу. Алгоритмічні шаблони руху суден дозволять виявляти випадки незаконного рибальства, біологічні датчики зможуть контролювати стан здоров'я коралових рифів, а спостереження за океанськими течіями дозволить поліпшити прогнозування погоди.

Один з головних викликів, який необхідно подолати для створення такої платформи, — забезпечення необхідних обчислювальних потужностей: за цим показником океанічне моделювання поступає лише астрофізиці. Проте зі зниженням вартості зберігання даних та їх обробки стануть доступними

нові можливості для моделювання людської діяльності і її впливу на наші океани. Для запобігання появі численних конкуруючих платформ, що може призвести до зниження ефективності та збільшення сукупних витрат на збирання, управління і використання океанічних даних, можна створити платформу з відкритим доступом, яка уможливила б постійне завантаження даних з різних джерел у стандартизованому форматі. Для забезпечення належного рівня довіри, управління і точності може знадобитись створення приватно-державних партнерств.

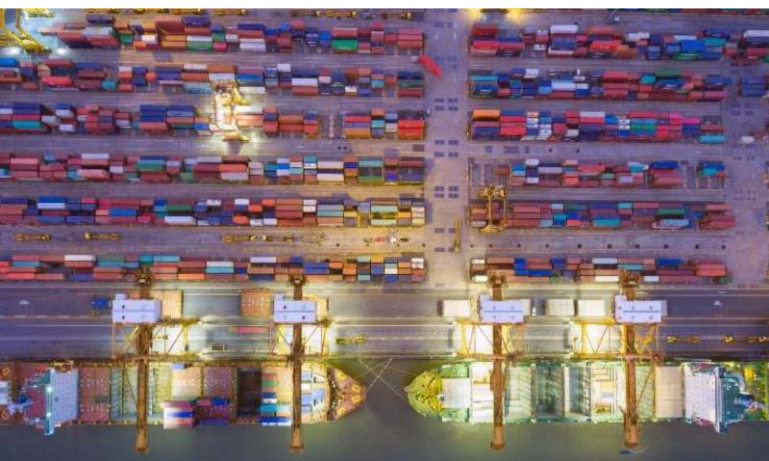


9. Проект Earth bank of codes

Біотехнологічні інновації (наприклад, ліки для нормалізації кров'яного тиску на основі гадючої отрути) мають на меті відтворення природних продуктів і процесів. Історично складалося так, що корінне населення і традиційні спільноти, від яких були отримані ці знання, не мали змоги користуватися вигодами від їх впровадження. Комбінація технології «блокчейн», штучного інтелекту, новітніх датчиків та Інтернету речей вперше в історії зробила можливим справедливе спільне користування благами і створила умови для значного збільшення фінансування заходів зі збереження довкілля.

У рамках ініціативи компанії Amazon під назвою Third Way⁶³ здійснюється реалізація проекту Earth Bank of Codes (ЕВС), мета якого полягає у створенні відкритої цифрової платформи, покликаної забезпечити глобальні суспільні блага. Проект дозволить реєструвати природні ресурси, фіксувати їх просторово-часове походження та систематизувати пов'язані з ними права і обов'язки. Його реалізація сприятиме впровадженню Нагойського протоколу Конвенції про біологічне різноманіття. Злиття штучного інтелекту та складних аналітичних систем буде мати критично важливе значення для об'єднання біологічних, біоміметичних і традиційних знань про місця з біологічною варіативністю задля одночасного підвищення їх економічної та природоохоронної цінності. Крім того, «біологічна пошукова машина» на базі штучного інтелекту допоможе користувачам глибше зрозуміти павутину життя планети. Своєю чергою, це дозволить оптимізувати процес наукових відкриттів і стане каталізатором для численних біотехнологічних інновацій, а також створить можливості для поліпшення результатів природоохоронної діяльності за рахунок створення нових джерел економічної вигоди. Перелік використовуваних технологій штучного інтелекту буде включати обробку природного мовлення, глибинне навчання, комп'ютерний аналіз відеоінформації, ймовірнісне програмування та комплекс методів статистичного машинного навчання.

Проект спрямований на формування коаліції зацікавлених сторін з метою спільної розробки і впровадження проекту ЕВС в басейні Амазонки (так званого Амазонського банку кодів, Amazonian Bank of Codes⁶⁴) з подальшим відтворенням та масштабуванням в інших біомах на суші і в океанах.



Перспективні кардинальні чинники штучного інтелекту

До 2030 року подальший розвиток штучного інтелекту та інших технологій Четвертої промислової революції може принести нам ще більше інновацій у сфері довкілля. До їх переліку можуть увійти:

1. Цифрова панель управління Землею в реальному часі

Цифрова геопросторова панель управління планетою в реальному часі з відкритим прикладним програмним інтерфейсом зможе забезпечити моніторинг, моделювання та управління природоохоронними системами у масштабах і на швидкостях, недоступних раніше. Перелік завдань такого комплексу буде охоплювати різні функції — від виявлення незаконних вирубок лісів, водовідбору, рибальства і браконьєрства до контролю забруднення повітря, реагування на природні катаклізми та здійснення «розумної» сільськогосподарської діяльності. У нас є необхідні для цього методи штучного інтелекту, проте нам потрібно частіше отримувати більше інформації з більшою роздільною здатністю. Головна проблема — створити справді якісно нове рішення, здатне забезпечити легке використання у реальному часі з можливістю відкритого доступу та достатнім рівнем щільності даних, а для цього потрібна висока роздільна здатність інформації, можливість її масштабування та наявність даних про вплив чинників довкілля і людської діяльності. Для цього знадобиться співпраця підприємців, промисловості, урядових установ та неприбуткових організацій.

До переліку державних і приватних систем, здатних допомогти у накопиченні необхідних даних, входять програма Copernicus Європейського космічного агентства⁶⁵, проект НАСА під назвою Earth Observing System та приватні компанії Planet, Digital Globe і Orbital Insights. Ці організації здатні забезпечити всебічне спостереження за Землею з космосу. Разом з тим ці дані необхідно буде агрегувати і відбирати в контексті, а для цього знадобляться інструменти для видобування та маркування релевантної інформації. Штучний інтелект здатен допомогти у вирішенні цієї проблеми. Для цього нам потрібно буде створити панель управління з придатними для використання даними, які мають включати шари з інформацією щодо навколишнього середовища, загроз та рівня впливу. Позитивний ефект для сфери управління природними ресурсами, що включає інвестиції, розробку стратегій та вирішення спорів, може бути досить значним.

Зараз діяльність у цьому напрямку проводиться у рамках щонайменше двох проектів. Зокрема, в рамках ініціативи Національного наукового фонду США під назвою EarthCube за допомогою машинного навчання та імітаційного моделювання створюється реалістична тривимірна модель усієї планети. А американська компанія Planet вивела на навколосезонну орбіту 180 мікросупутників для здійснення щоденних зйомок усієї земної суші з роздільною здатністю 3–5 метрів.⁶⁶ Платформи, подібні до цієї, здатні забезпечити

справжній прорив: компанія Planet планує використати можливості комп'ютерного аналізу відеоінформації та машинного навчання для формування індексу планети з можливістю відстеження у часі. Окремо варто відзначити, що ця компанія розробляє практичні методи видобування даних і спільно з некомерційними організаціями та урядами працює над створенням аналітичних інструментів для загального блага, які можна буде використовувати для управління системами Землі.

2. Автономне землеробство та оптимізована цілісна продовольча система

За допомогою штучного інтелекту фермерські господарства можуть стати майже повністю автономними. Фермери зможуть вирощувати різні культури в умовах симбіозу, використовувати можливості штучного інтелекту для виявлення або прогнозування проблем і вживати заходів для їх усунення за допомогою робототехніки. Наприклад, якщо виявиться, що посіви зернових потребують стимулюючої дози азоту, оснащена штучним інтелектом система зможе забезпечити доставку поживних речовин. Крім того, озброєні штучним інтелектом ферми зможуть автоматично коригувати площі посівів з урахуванням даних про попит і пропозицію. Такий метод виробництва може забезпечити покращену стійкість до життєвих циклів Землі.

Протягом наступних десятиліть ми зможемо покращити наші знання про харчові потреби людства шляхом вивчення даних про споживання їжі багатьма окремими людьми. Обробка цієї інформації з використанням методів машинного навчання дозволить генерувати персоналізовані плани харчування, оптимізовані для конкретних людей. Комплексне використання технологій автономного фермерства, автономних автомобілів доставки, домашніх роботів-кухарів та домашніх вертикальних ферм дозволить оптимізувати і повністю трансформувати системи постачання продуктів харчування за рахунок створення ланцюжків постачання з мінімумом відходів водночас із підвищенням врожайності. Аналогічні принципи можуть бути застосовані й до вирощування худоби.

3. Навчання з підкріпленням як шлях до нових відкриттів у сфері природничих наук

Подальший розвиток глибинного навчання з підкріпленням здатен уможливити його прикладне використання для вирішення проблем, над якими працюють науковці Землі. Це дозволить створити умови для наукового прогресу та відкриттів у тих сферах науки, де граничні умови системи відомі, але бракує вхідних даних, та/або з огляду на складність системи вона потребує доступу до недосяжної на даний момент обчислювальної архітектури.

З технічної точки зору на першому етапі слід з'ясувати, які саме природні та антропогенно-природні системи «реального світу» слід вважати оптимальними, щоб визначити для них граничні умови, необхідні для використання технології навчання з підкріпленням. З урахуванням труднощів, пов'язаних з визначенням граничних умов для проблем реального світу, найкращі результати, швидше за все, принесе гібридний підхід, який поєднує контрольовані і неконтрольовані методи навчання. Для визначення систем реального світу, придатних для упорядкування та оптимізації в цілях навчання з підкріпленням, знадобиться співпраця між основоположниками штучного інтелекту та експертами предметних областей — спеціалістами у сфері кліматології, матеріалознавцями, біологами й інженерами. Наприклад, співзасновник DeepMind Деміс Хассабіс (Demis Hassabis) запропонував використати наступну версію AlphaGo Zero для пошуку надпровідного при кімнатній температурі матеріалу — гіпотетичної речовини, що пропускає електричний струм без втрат енергії і відкриває нові можливості для створення надзвичайно ефективних енергосистем. Аналогічно до версії Go алгоритм міг би розпочати з комбінування різних вхідних даних (у даному випадку — атомного складу різних матеріалів та їхніх якостей) до виявлення чогось, пропущеного людьми.

4. Квантові та розподілені обчислення здатні значно збільшити обчислювальну потужність штучного інтелекту заради Землі

Замість банального збільшення обчислювальних потужностей штучного інтелекту новатори дедалі активніше досліджують інші можливості, такі як мікросхеми з підтримкою глибинного навчання, хмарні технології, а також можливість використання розподілених і квантових обчислень. Усі ці заходи щодо збільшення обчислювальних потужностей створять умови для масштабної оптимізації аналітики великих даних і штучного інтелекту, дозволять масштабувати і трансформувати методи їх практичного використання та вплив на боротьбу з проблемами довкілля. Поряд з цим, досягнення у сфері квантових обчислень створять кардинально нові можливості для наукових відкриттів. Класичні комп'ютери не здатні проводити обчислення так, як це робить природа, яка працює за принципами квантової механіки; їхні можливості обмежені створенням людиною двійковим кодом з одиниць і нулів, а не природною реальністю безперервних змінних. Іншими словами, за допомогою класичних комп'ютерів ми зараз моделюємо систему Землі у спосіб, який не має нічого спільного з її реальним функціонуванням.

Квантові комп'ютери відкривають можливості для розв'язання квантових задач, що існують в природі, та виявлення реальних механізмів функціонування системи Земля: від основних сфер застосування у квантовій хімії до квантової фізики і механіки. Це може призвести до відкриття нових високотехнологічних матеріалів, нових біологічних процесів (наприклад, передавання енергії, ріст клітин або динаміка екосистем) та прогресу у моделюванні фізики планет.

5. Домашній суперкомп'ютер та наукові асистенти на базі штучного інтелекту як засоби демократизації наукового прогресу

Наука про Землю на даний момент є однією з найбільш вимогливих до обчислювальних потужностей галузей науки: суперкомп'ютери набули широкого розповсюдження в масштабах усієї області, а для досліджень клімату використовуються одні з найбільших і найпотужніших систем сучасності. Вартість будівництва суперкомп'ютерів, а також доступу до них та користування ними стає на заваді дослідникам та обмежує темпи здійснення нових досліджень і експериментів з моделювання. Протягом найближчих десяти-двадцяти років обчислювальні потужності та розвиток алгоритмів штучного інтелекту, ймовірно, досягнуть рівня, коли пересічний домашній комп'ютер буде настільки ж потужним, як сучасні суперкомп'ютери.

Водночас із цим поширення технології машинного навчання дозволить створювати швидші і дешевші моделі системи Землі та клімату, а штучний інтелект поступово братиме на себе здійснення багатьох трудомістких завдань, що потребують значних витрат часу і зараз виконуються науковцями (наприклад, пошуки даних в архівах, конвертування файлів), виступаючи в ролі такого собі «наукового асистента на базі штучного інтелекту». У результаті значно збільшиться кількість науковців і спеціалістів-практиків, що мають доступ до обчислювальних потужностей та інструментів на базі штучного інтелекту, стане можливою демократизація прогресу у вивченні Землі та практичному застосуванні результатів досліджень, а це призведе до стимулювання наукової продуктивності з подальшим прискоренням відкриттів. Перелік таких відкриттів може включати революційні досягнення у розумінні пов'язаних з погодою ризиків, наслідків зміни клімату в локальних і регіональних масштабах, а також у значно складніших сферах, таких як кліматичні цикли зворотного зв'язку і точки фіксації.

Малюнок 4: Кардинальні чинники штучного інтелекту заради блага Землі Орієнтовна часова шкала



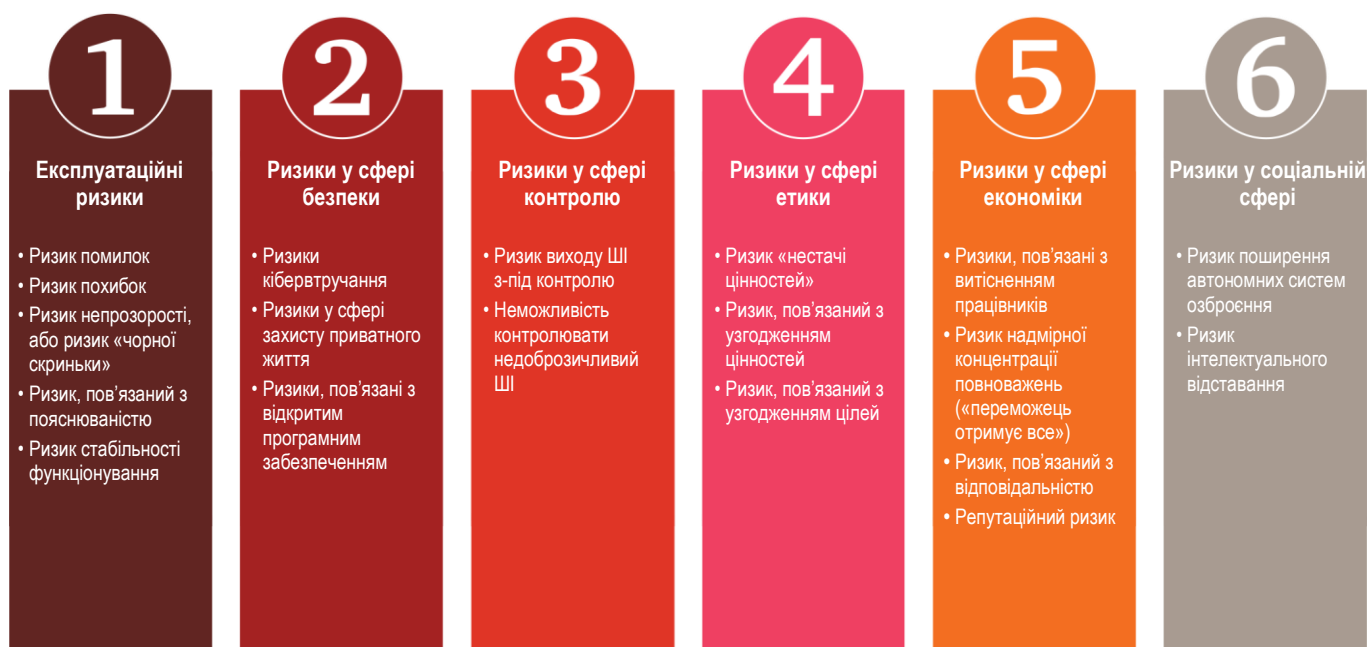
Джерело: дослідження PwC

Некерований штучний інтелект: непередбачені наслідки для Землі

Попри весь неймовірний потенціал штучного інтелекту в царині створення стійкої планети для наступних поколінь йому також притаманні короткострокові та довгострокові ризики. Загалом залежно від наслідків для окремих людей, організацій, суспільства і Землі в цілому ці ризики можна поділити на шість категорій.

Малюнок 5. Непрямі наслідки використання ШІ за категоріями

Ризики, пов'язані зі штучним інтелектом



Джерело: дослідження PwC

Експлуатаційні ризики

Здебільшого результати роботи систем на базі штучного інтелекту детермінуються «чорною скринькою» і через низький рівень їх прозорості можуть не викликати достатньої довіри. За своєю суттю алгоритми штучного інтелекту, що здатні до самонавчання та постійно адаптуються, важко піддаються поясненню, а в багатьох випадках людям їх пояснити взагалі неможливо. Неможливість зрозуміти обґрунтування результатів роботи штучного інтелекту також ускладнює оцінку точності чи бажаності цих результатів та ефективності роботи алгоритмів ШІ. Таким чином, у цій сфері існують значні потенційні ризики. Новий напрям досліджень у сфері пояснюваного штучного інтелекту (explainable AI, XAI) має на меті створення нових методів роботи штучного інтелекту, придатних для сприйняття людиною. Проте ця область усе ще перебуває у зародковому стані. Разом з тим зараз тривають дослідження, спрямовані на зменшення «похибки моделі», пов'язаної з похибками у навчальних даних, та поліпшення стабільності функціонування моделі. Одним із небажаних наслідків впровадження рішень на базі штучного інтелекту є надмірна довіра до алгоритмів ШІ зі змінною продуктивністю. Важливо, щоб люди пам'ятали про необхідність аудиту результатів роботи алгоритмів, оскільки це дозволить звести до мінімуму небажані похибки та більш глобальні експлуатаційні ризики.

Приклад: системи раннього попередження про стихійні лиха (повені тощо) навчаються з використанням історичних даних про погодні умови. Разом з тим у разі недостатнього розуміння чинників, що лежать в основі зроблених за допомогою моделі передбачень, існує значний ризик оголошення фальшивої тривоги або інших похибок. Особливо це актуально у ситуаціях, які не відображені у даних, що використовувались для навчання моделі на базі штучного інтелекту.⁶⁷

Ризики у сфері безпеки

Зловживання можливостями штучного інтелекту внаслідок неавторизованого доступу становить значний ризик, оскільки багато алгоритмів, розроблених з добрими намірами (наприклад, для автономних автомобілів), можна перепрофілювати для завдання шкоди (наприклад, для використання в автономних системах озброєння). Це тягне за собою нові ризики для глобальної безпеки. Для забезпечення пояснюваності, прозорості та контролю чинності алгоритмів, а також чіткого розмежування корисного і шкідливого штучного інтелекту потрібне належне управління. Моделі для машинного навчання, і особливо — для глибокого навчання, теж можна обманути з використанням шкідливих вхідних даних за допомогою методу, відомого як «змагальні атаки». Наприклад, можна підібрати комбінації вхідних даних, що призведуть до видачі моделями машинного навчання помилкових результатів і, фактично, до їх зламу.

Приклад: хакери можуть отримати доступ до

автоматизованих систем сповіщення, розподілених енергетичних мереж або платформ підключеного автономного транспорту і викликати дестабілізацію в регіональному масштабі. Для забезпечення дружності штучного інтелекту до людей та Землі і запобігання зловживанням потрібне належне управління. Зловживання штучним інтелектом також можливе у разі потрапляння системи в чужі руки. Наприклад, браконьєри можуть використати у своїх цілях створені на базі штучного інтелекту інструменти стеження за тваринами, яким загрожує винищення, розроблені для їх захисту.

Ризики у сфері контролю

Системи штучного інтелекту працюють автономно і взаємодіють між собою, створюючи машиноорієнтовані механізми зворотного зв'язку, які можуть призвести до непередбачуваних наслідків. Наприклад, чат-боти (віртуальні співрозмовники) у ході взаємодії один з одним створили свою власну мову, незрозумілу для людей. У 2010 році в результаті взаємодії численних ботів зі штучним інтелектом виникла фінансова криза: швидкісна торгівля, яку здійснювали боти, призвела до штучної інфляції на ринку. Щоб виявляти такі недоліки до того, як вони перетворяться на серйозну проблему, потрібні активний контроль, моніторинг та механізми захисту.

Приклад: інтелектуальна оптимізація енергетичних мереж на рівні будівель та інфраструктури в цілому призведе до виникнення взаємодії між суб'єктами, відповідальними за прийняття рішень щодо енергії як усередині кожної будівлі, так і на регіональному рівні. Кожна будівля зможе працювати індивідуально, оцінюючи загальні моделі споживання для визначення шляхів зниження витрат на споживання енергії. Залежно від конкретної ситуації рішення, які приймаються щодо індивідуальних будівель будуть взаємопов'язані з рішеннями регіонального рівня, а це відкриває можливості для зміни попиту в спосіб, що може призвести до краху регіональних енергетичних систем.

Ризики у сфері економіки

Впровадження компаніями штучного інтелекту може змінити конкурентний ландшафт завдяки появі переможців і переможених. Компанії, що зможуть найшвидше адаптувати свій процес прийняття рішень до можливостей, які відкриває штучний інтелект, дуже швидко відчують його переваги, тоді як компанії, що будуть переходити на нові технології повільніше, можуть перетворитись на аутсайдерів. Компанії, для яких перехід на використання штучного інтелекту виявиться проблемою, можуть бути вимушені обмежити обсяги інвестицій, а це негативно позначиться на їхніх показниках стійкості. Ще одну економічну загрозу становить розмивання бази оподаткування, оскільки чинна система, що спирається на будівлі, обладнання і національні держави, не встигає за глобалізованою цифровою економікою. Розмивання бази оподаткування може

спричинити зменшення обсягів витрат на суспільні потреби, у тому числі, наприклад, інвестицій у програми зменшення викидів парникових газів. Поточні системи оподаткування потрібно буде переглянути, адже автоматизація змінює робочі місця і потенційно може призвести до зменшення кількості наявних робочих місць.

Приклад: підвищення продуктивності в результаті автоматизації, зростання споживання внаслідок поліпшеної персоналізації, удосконалення дизайну продуктів та маркетингу з використанням можливостей штучного інтелекту можуть спричинити збільшення споживання ресурсів, обсягів відходів та попиту на енергію.

Ризики у соціальній сфері

Масштабна автоматизація може призвести до зменшення кількості працівників, зайнятих, серед іншого, у сферах транспорту, виробництва, сільського господарства і обслуговування. Збільшення рівня безробіття може призвести до посилення нерівності у суспільстві. Крім того, розробка алгоритмів певною підгрупою населення країни чи планети в цілому приховує в собі ризик мимовільної упередженості, що може призвести до маргіналізації меншин або інших груп населення. Автономні системи озброєння також становлять значний ризик для суспільства, оскільки створюють передумови для виникнення масштабніших і швидших конфліктів. У разі втрати контролю це може призвести до стрімкого і значного погіршення стану навколишнього середовища і навіть до розвитку подій за сценарієм «судного дня», згідно з яким озброєний штучний інтелект являє собою екзистенційну небезпеку для людства.⁶⁸

Приклад: автономні вантажівки та легкові автомобілі у поєднанні з енергоефективним виробництвом з використанням можливостей Інтернету речей пропонують численні переваги для довкілля і водночас

можуть призвести до значного зменшення кількості робочих місць. За оцінками компанії Goldman Sachs, тільки у США після насичення ринку автономними автомобілями кількість робочих місць щороку зменшуватиметься на 300 000.⁶⁹ У промислових містах та вздовж маршрутів руху вантажівок це може призвести до спаду регіональних економік і зростання соціальної нерівності та невдоволення.

Ризики у сфері етики

Для етичного і відповідального використання штучного інтелекту потрібні три головні елементи: використання великих даних, дедалі ширше використання алгоритмів для виконання завдань, формування уявлень та прийняття рішень, а також поступове обмеження участі людини у багатьох процесах. Разом ці вимоги викликають стурбованість щодо чесності, відповідальності, рівності та поваги до прав людини.⁷⁰ Крім того, у той час як помилкові результати роботи штучного інтелекту можуть призвести до серйозних проблем у сфері недоторканості приватного життя, багато висновків та рішень стосовно окремих осіб спираються на гадані характеристики групи або спільноти. З огляду на це, при визначенні шкоди, якої може завдати штучний інтелект, не слід обмежуватись індивідуальним рівнем. Потрібно визнати, що недоторканість приватного життя — не єдина проблема.

Приклад: автономні системи постачання продуктів харчування та засобів для подолання наслідків стихійних лих, для тренування яких використовувались метод навчання з підкріпленням або історичні дані про попит, під час стихійних лих будуть спрямовувати партії вантажів у конкретні регіони. Це може призвести до виникнення етичних дилем, пов'язаних з відповідальністю за погану організацію доставки, визначення пріоритетів та кінцеві результати.

Висновки і рекомендації

Висновки

Системи штучного інтелекту та їх здатність автоматично і дистанційно контролювати машини захопили увагу широких мас громадськості. Потенціал використання штучного інтелекту на благо людства та середовища його проживання дуже широкий. Виграш у можливостях для здобування інформації та продуктивності, який здатен забезпечити штучний інтелект, може відкрити нові методи вирішення найбільш нагальних екологічних проблем суспільства, таких як зміна клімату, збереження біологічної різноманітності, здоров'я океану, управління водокористуванням, боротьба із забрудненням повітря та стійкість до впливу зовнішніх чинників.

Разом з тим штучний інтелект потенційно може призвести до посилення і загострення багатьох ризиків, з якими ми стикаємось сьогодні. Щоб бути впевненими у розумному розвитку та управлінні штучним інтелектом, уряди і лідери промисловості повинні забезпечити безпеку, зрозумілість, прозорість і обґрунтованість використання штучного інтелекту. Всі урядові інституції, дослідники штучного інтелекту, технологічні новатори і поборники впровадження ШІ у промисловості повинні заохочувати розгортання рішень, які дозволили б зміцнити довіру та запобігти зловживанню суспільним договором.

Для досягнення цих цілей знадобляться спільні зусилля, здатні забезпечити узгодженість розвитку штучного інтелекту та пов'язаної з ним ідеї світлого майбутнього з людськими цінностями і можливість створення майбутнього, безпечного для людства в усіх аспектах — і для людей, і для планети.

Рекомендації

Використання технологій на базі штучного інтелекту не лише в інтересах бізнесу та для забезпечення зростання в короткостроковій перспективі, а й для досягнення сталого і стійкого розвитку, потребує рішучих заходів. Ключову роль у розробці рішень, забезпеченні якісного управління та подолання фінансових бар'єрів будуть відігравати діалог держави з громадськістю та приватно-державні партнерства.

Цей розділ включає об'єднані у категорії за групами зацікавлених сторін рекомендації, що дозволять прискорити інновації, звести до мінімуму ризики для довкілля та максимізувати переваги для навколишнього середовища від використання штучного інтелекту. Разом з тим три всеосяжні сфери мають особливо важливе значення для всіх учасників процесу.

- **Розробка «відповідального ШІ»:** дозволить забезпечити врахування принципів сталості та більш широких міркувань щодо безпеки, етики, цінностей і управління штучним інтелектом. Це

стосується рішень приватних компаній та державних установ щодо інвестицій у системи штучного інтелекту, принципів їх побудови та функціонування. Сюди також належать зусилля з удосконалення і забезпечення підконтрольності штучного інтелекту поряд із створенням керівних принципів, зокрема — стосовно даних та алгоритмів. Також знадобляться визначення і стандарти стосовно «зловживання штучним інтелектом», що повинні будуть включати норми щодо шкоди для довкілля та для людини. Партнерство у сфері штучного інтелекту є позитивним кроком у цьому напрямку.⁷¹

- **Співпраця з метою розробки міждисциплінарних рішень:** з часом виникне потреба у значно активнішій співпраці між технічними спеціалістами, політиками, експертами предметних областей і навіть філософами. Вона буде обумовлена необхідністю оптимізації дизайну та розгортання рішень на базі штучного інтелекту заради Землі як на загальному системному рівні, так і на рівні окремих варіантів практичного застосування. Академічні та дослідницькі інституції повинні будуть спільно розробити міждисциплінарні освітні і дослідницькі програми, які б відповідали такому багатогранному міждисциплінарному підходу.
- **Фінансування інновацій:** створення «дружнього до Землі» штучного інтелекту потребуватиме значних обсягів фінансування, здатних забезпечити підтримку масштабування та комерціалізації нових рішень. Для цього знадобляться, зокрема, базові інвестиції та інвестиції у прикладні розробки і дослідження, що поєднують технологічні та екологічні дисципліни, залучення інвестицій впливу, що будуть спрямовуватись на фінансування високотехнологічних рішень, залучення спеціалізованих венчурних капіталів та капіталів зростання, а також використання урядових фінансових інструментів, які стануть катализатором для інновацій у приватному секторі, наприклад, завдяки створенню акселераторів інновацій, механізмів підтримання цін та цільовому залученню довгострокових капіталовкладень.

Перелік пріоритетних заходів для кожної групи зацікавлених сторін включає:

Для компаній

- **Компанії з усіх секторів:** фірми повинні створювати групи для нагляду за штучним інтелектом, до яких мають входити представники керівної ланки, щоб гарантувати розуміння керівництвом компаній різних аспектів штучного інтелекту, таких як безпека, етика, цінності та контроль. Крім того, як для виявлення нових можливостей для ведення бізнесу, так і для

управління ризиками технологічні стратегії компаній повинні забезпечувати посилення та оптимізацію впливу штучного інтелекту на охорону довкілля.

- **Компанії — новатори технологій:** новостворені та сформовані технологічні компанії, що займаються розробкою штучного інтелекту, повинні закладати в його структуру міркування щодо захисту довкілля. Крім того, новатори технологій повинні мати можливість впровадження інновацій з метою реалізації потенціалу штучного інтелекту для навколишнього середовища. Нова програма компанії Microsoft під назвою «Штучний інтелект заради Землі» (AI for Earth)⁷² є прикладом спільного впровадження інновацій і передбачає виділення грантів підприємцям, що борються з проблемами Землі, з метою спрощення доступу до технологій штучного інтелекту, а також організацію тренінгів щодо штучного інтелекту для університетів та неурядових організацій, які займаються питаннями клімату, водопостачання, сільського господарства і біологічного різноманіття і працюють над створенням партнерств та залученням інвестицій, спрямованих на комерціалізацію нових перспективних рішень.⁷³
- **Лідерство у сфері «відповідального штучного інтелекту»:** відповідальні компанії у співпраці з урядами можуть взяти на себе функції лідерів у сфері впровадження сталих принципів і врахування більш широких аспектів, що стосуються безпеки, етики, цінностей і управління штучним інтелектом.
- **Підконтрольність штучного інтелекту:** для багатьох варіантів практичного застосування штучного інтелекту в інтересах довкілля важливе значення буде мати доступ до даних. Водночас із цим для завоювання довіри суспільства і забезпечення впевненості критичне значення будуть мати надійні, добре контрольовані системи захисту, обробки і використання даних та надання доступу до них. Дані (а подекуди й алгоритми) повинні будуть забезпечувати можливість перевірки, особливо це буде актуально у ході співпраці з державними установами. Важливу роль для посилення підконтрольності штучного інтелекту буде відігравати також промислова співпраця.
- **Промислова співпраця у сфері визначення стандартів штучного інтелекту:** створення загальногалузевих робочих груп із залученням представників регуляторних органів для сприяння розробці стандартів штучного інтелекту (наприклад, шляхом підписання протоколів на основі консенсусу та «розумних» контрактів, які включали б принципи ефективності або передбачали б необхідність спільного прийняття рішень та контролю).
- **Міждисциплінарні рішення:** багато нових рішень на основі штучного інтелекту можуть значною мірою вплинути на спосіб нашого життя і роботи, проте рішення, ініційовані представниками промисловості, можуть проектуватися і

розроблятися невеликою групою людей з обмеженими уявленнями. Тому дедалі більшою буде потреба у диверсифікації шляхів розробки і використання штучного інтелекту. Для цього, зокрема, знадобиться більш активна взаємодія між спеціалістами-практиками, експертами предметних областей, фахівцями у вузькоспеціалізованих сферах, філософами, правниками, психологами тощо, яка дозволить розробляти і впроваджувати інноваційні комплексні механізми і рішення на базі штучного інтелекту.

Для урядів

З урахуванням можливих руйнівних наслідків для суспільства і довкілля важливе значення буде мати розробка досконалих національних та міжнародних структур управління новою цифровою економікою, що використовує можливості штучного інтелекту. Ці механізми управління у співпраці з промисловістю та громадянським суспільством допоможуть забезпечити підтримку штучним інтелектом збалансованого зростання у відповідності до положень програми ООН «Цілі сталого розвитку». У цих рамках необхідно забезпечити врахування таких політичних міркувань:

- **Інвестиції у сферу досліджень і розробки:** скоординовані і цілеспрямовані масштабні фінансові зобов'язання зможуть стати стимулом для досліджень та фінансування співпраці над напрямком «ШІ заради добра», об'єднавши промислові, академічні та урядові дослідницькі агенції. Пріоритети у дослідженнях мають бути розставлені таким чином, щоб заохочувати міждисциплінарні дослідження — об'єднання технологічних, соціальних та екологічних дисциплін буде мати ключове значення. Для цього слід передбачити фінансування нових спеціалізованих програм та спільних міжнародних дослідницьких проектів, наприклад, щодо використання штучного інтелекту для прогнозування погоди і моделювання клімату під керівництвом Всесвітньої метеорологічної організації та національних метеорологічних і кліматологічних служб.
- **Політика відповідальних технологій:** розробка політики «відповідальних технологій» дозволила б визначити чіткі параметри для новаторів технологій та забезпечити узгодження з людськими цінностями і міжнародними рамковими угодами, такими як програма «Цілі сталого розвитку». Це дозволило б зацікавленим сторонам розробити визначення і стандарти щодо зловживання штучним інтелектом і забезпечити врахування міркувань соціального та екологічного характеру у національних цифрових стратегіях.
- **Кращі дані — надійні дані:** створення кращих середовищ даних, у тому числі з точки зору доступу до даних та навичок роботи з даними, дозволило б максимізувати використання машинного навчання у сфері орієнтованих на сталий розвиток рішень. Зусилля можна було б зосередити на покращенні систем і протоколів, що встановлюють порядок

визначення і збирання даних, а також доступу до них та маніпуляцій з цими даними. Сюди входять урядові ініціативи щодо відкритих публічних даних, співпраця урядів з промисловістю у рамках проектів щодо верифікації даних та програмних кодів або проведення аудитів і розробки нормативної бази (чи угод) з метою надання доступу до стратегічних даних конкретним користувачам за умови здійснення відповідних застережних заходів, щоб уможливити використання штучного інтелекту задля блага суспільства і довкілля.

- **Забезпечення якості та прозорості алгоритмів:** уряди виконують певну роль у врегулюванні використання моделей штучного інтелекту на базі «чорних скриньок» у сферах, пов'язаних з високим ризиком та значним впливом на довкілля, таких як автономні автомобілі. Регуляторні заходи можуть здійснюватись у комплексі з безперервним процесом оцінювання стійкості алгоритмів («контролю якості алгоритмів»).
- **Алгоритмічні похибки:** нормативна база повинна буде забезпечувати підтримку технологічних компаній, інших галузей промисловості та дослідників у сфері роботи з можливими системними похибками в алгоритмах та формувати підтримку штучного інтелекту в суспільстві. Зібрані методом краудсорсингу неструктуровані дані, які компанії використовують у своїх алгоритмах, зазвичай відображають хибні думки та упередження, характерні для суспільства в цілому. Для забезпечення балансу між стурбованістю щодо несправедливості та дискримінації у великих даних, зібраних силами спільноти, і технічними та етичними викликами у сфері моніторингу та потенційної цензури даних знадобиться відповідна нормативна база.
- **Інноваційні механізми фінансування і види партнерств:** існує потреба в забезпеченні балансу між стимулами і ризиками, пов'язаними з інноваціями у приватному секторі економіки, та масштабуванні варіантів використання штучного інтелекту в інтересах захисту довкілля. Крім того, необхідна буде підтримка на ранніх етапах комерціалізації. Для цього можна використовувати підтримувані урядами інкубатори інновацій, акселератори, фонди і призи, механізми підтримання цін, а також цільове залучення довгострокових/пільгових капіталів, що дозволить забезпечити масштабування технологічних рішень для блага суспільства та навколишнього середовища.

Для інвесторів

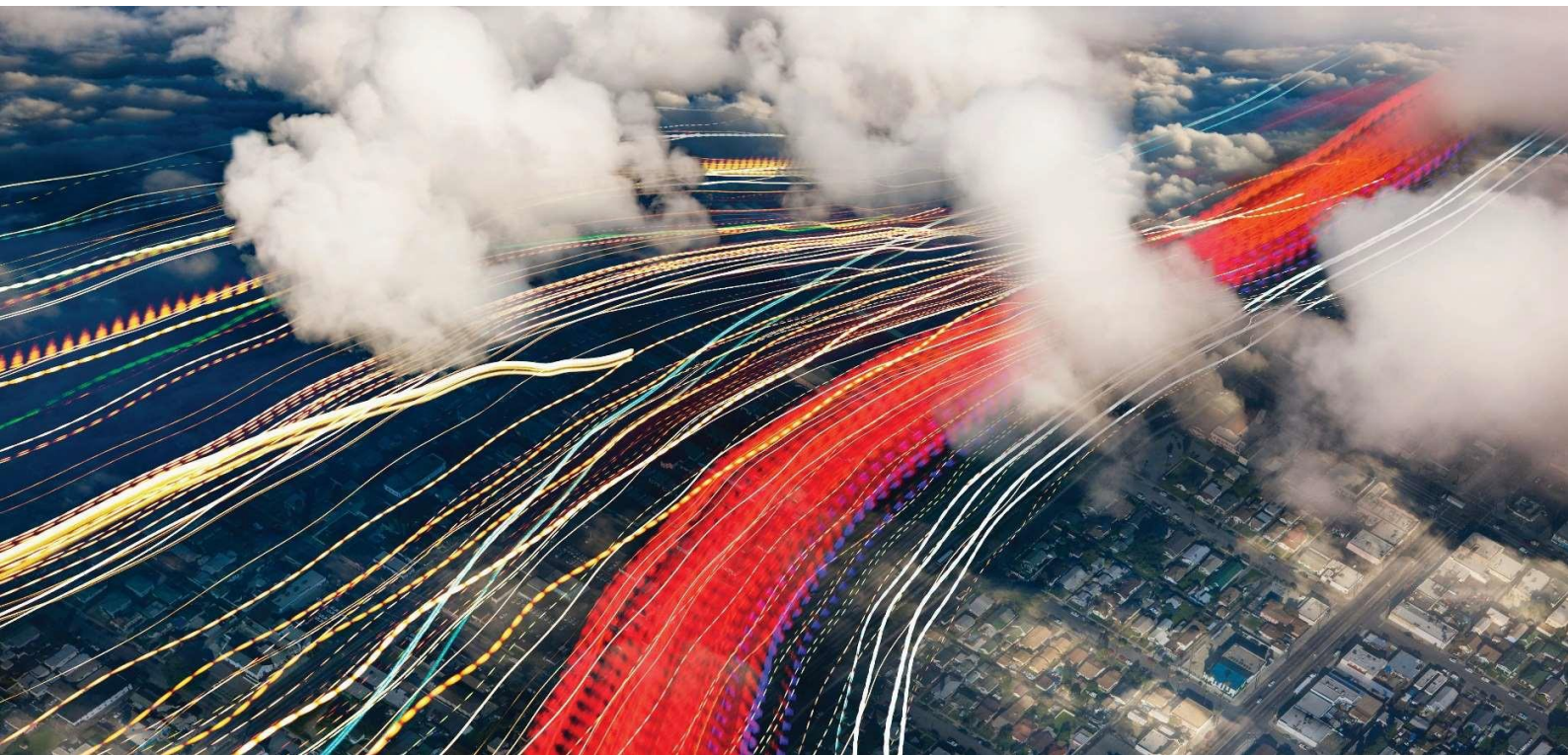
- **Портфоліо сталих компаній:** інвестори-меценати, венчурні інвестори, акселератори та інвестори впливу повинні створити і підтримувати портфоліо компаній Четвертої промислової революції, у сферу інтересів яких входить вирішення проблем з довкіллям. Такий підхід дозволить спільноті інвесторів впливу доповнити діяльність традиційних проектів розвитку зусиллями, спрямованими на прискорення трансформаційного впливу та розширення комерційних можливостей інвестицій у технології Четвертої промислової революції.
- **Критерії інвестицій:** крупні інституційні інвестори та розпорядники активів повинні інтегрувати міркування щодо сталого розвитку в інвестиційні портфоліо технологій штучного інтелекту та інших технологій Четвертої промислової революції.

Для дослідницьких закладів

- **Дослідження похибок та пояснюваного штучного інтелекту:** ідентифікація алгоритмічних похибок та пошук шляхів поліпшення пояснюваності штучного інтелекту потребує подальших досліджень. Особливої уваги при цьому потребують проекти у сфері довкілля та можливість застосування їхніх результатів для підтримки зусиль урядів і компаній у сфері використання штучного інтелекту в інтересах Землі. Оскільки у кожній галузі вплив даних та алгоритмічних похибок на систему відрізняється, існує потреба у подальшому вивченні ризиків, пов'язаних з впливом на довкілля.
- **Міждисциплінарні програми:** дослідницькі інституції повинні сприяти у реалізації міждисциплінарного підходу шляхом подальшої

розробки і поширення освітніх програм, які б об'єднували вчених-екологів, фахівців у сфері технологій/обробки даних і спеціалістів-практиків, водночас привертаючи увагу до особливостей використання штучного інтелекту, його наслідків та ризиків для довкілля.

- **Освітні партнерства:** повинні забезпечувати готовність випускників професійних шкіл та університетів до виходу на ринок праці з практичними інструментами, що включають навички у сфері цифрових технологій та захисту довкілля. Партнерства за участі академічних кіл, урядових інституцій та приватних компаній зможуть підтримувати інтеграцію тем, що стосуються довкілля, суспільства та організації управління, у програми підготовки фахівців з питань штучного інтелекту, обробки даних та комп'ютерних наук, і навпаки.



Подяки

Компанія PwC хотіла б подякувати за цінний внесок у розробку цього документу таким людям:

Провідні автори

Селін Хервейєр (Celine Herweijer), PwC Великобританія, Бенджамін Комбс (Benjamin Combes), PwC Великобританія, Піа Рамчандані (Pia Ramchandani), PwC США, Джаснам Сідху (Jasnam Sidhu), PwC Великобританія.

Інші співавтори

Ананд Рао (Anand Rao), PwC США, Нішан Дегнарейн (Nishan Degnarain), Центральний банк Республіки Маврикій, Хуан Карлос Кастілья Рубіо (Juan Carlos Castilla Rubio), Space Time Ventures, Альберто Аррібас (Alberto Arribas), Метеорологічна служба, П'єр-Філіп Матьє (Pierre-Philippe Mathieu), Європейське космічне агентство, Лукас Джоппа (Lucas Jorppa), Microsoft, Ллойд Трейнш (Lloyd Treinish), IBM, Еріка Лі (Erica Lee), DeepFarm, Катрін Хсяо (Katherine Hsiao), Palantir, Девід Хант (David Hunt), Sainthus, Девід Хантер (David Hunter), Optimal Labs, Уїлл Маршал (Will Marshall), Planet Labs, Чедвік Менінг (Chadwick Manning), ElectrIQ Power, Ендрю Шоєрман (Andrew Scheuermann), Arch Systems, Кайла Колбін (Kaila Colbin), SingularityU Australia Summit, Майкл Гарднер (Michael Gardner), Аґаїх, Роб МакКаргоу (Rob McCargow), PwC Великобританія, Енді Таунсенд (Andy Townsend), PwC Великобританія, Ліззі Фітцджеральд (Lizzy Fitzgerald), PwC Великобританія, Мері Дейвіс (Mary Davies), PwC Великобританія, Джулія Волла (Giulia Volla), PwC Великобританія, Уільям Гофман (William Hoffman), Всесвітній економічний форум, Кей Фірт-Баттерфілд (Kay Firth-Butterfield), Всесвітній економічний форум, Джада Суонборо (Jahda Swanborough), Всесвітній економічний форум.

Ініціатива «Четверта промислова революція заради Землі»

Група консультантів

Селін Хервейєр (Celine Herweijer), PwC Великобританія, Домінік Уогрей (Dominic Waughray), Всесвітній економічний форум, Стів Ховард (Steve Howard),

об'єднання We Mean Business, Джим Ліп (Jim Leape), Стенфордський університет, Аша Рао-Монарі (Usha Rao-Monari), Global Water Development Partners.

Колектив проекту

Бенджамін Комбс (Benjamin Combes), PwC Великобританія, Гаєя Фельбер (Gaia Felber), Всесвітній економічний форум, Сара Франклін (Sarah Franklin), PwC США, Джеріка Лі (Meridian Lee), Всесвітній економічний форум, Вікторія Лі (Victoria Lee), Всесвітній економічний форум, Джада Суонборо (Jahda Swanborough), Всесвітній економічний форум.

Про серію «Четверта промислова революція заради Землі»

«Четверта промислова революція заради Землі» — серія публікацій, зосереджена на можливостях для розв'язання найбільш нагальних екологічних проблем за допомогою технологічних інновацій і з використанням можливостей, які дають нові ефективні підходи до управління, фінансування та багатосторонньої співпраці.

Про Всесвітній економічний форум

Всесвітній економічний форум — міжнародна організація, діяльність якої спрямована на розвиток державно-приватного співробітництва та поліпшення стану світу. Форум залучає провідних лідерів бізнесу, політики та інших сфер суспільства до формування глобального, регіонального та індустріального порядку денного.

Про компанію PwC

Компанія PwC, в офісах якої у 158 країнах працює понад 236 000 фахівців, належить до провідних мереж з надання професійних послуг у світі. Ми допомагаємо організаціям і приватним особам створювати цінності, яких вони прагнуть, шляхом надання якісних послуг у сфері страхування, оподаткування та консультування.

Додаток І

Словник термінів щодо ШІ

Термінологія щодо ШІ

Штучний інтелект складається з кількох сфер і включає, серед іншого, такі:

<i>Основні сфери ШІ</i>	<i>Опис</i>
Крупномасштабне машинне навчання	Розробка алгоритмів навчання та масштабування існуючих алгоритмів для використання з надзвичайно великими наборами даних.
Глибинне навчання	Модель, що складається з вхідних даних, таких як зображення чи звук та кілька прихованих шарів моделей нижчого рівня, які слугують вхідними даними для наступного рівня і забезпечують кінцевий результат у вигляді вихідних даних чи активації функції.
Навчання з підкріпленням	Область машинного навчання, яка вчить комп'ютери визначати оптимальну поведінку в різних середовищах за допомогою функції накопичувальної винагороди.
Обробка природного мовлення	Алгоритми, які обробляють людське мовлення і конвертують його у придатну для розуміння форму.
Колаборативні системи	Моделі та алгоритми, які допомагають створювати автономні системи, здатні працювати спільно з іншими системами і людьми.
Комп'ютерний аналіз відеоінформації (аналіз зображень)	Процес видобування релевантної інформації з зображення чи наборів зображень для поглибленої класифікації та аналізу.
Алгоритмічна теорія ігор та обчислювальний суспільний вибір	Системи, що працюють з економічними і соціальними аспектами обчислень, які виконуються штучним інтелектом, і вирішують завдання на кшталт порядку дій у разі виявлення потенційно незбалансованих стимулів, у тому числі — особливостей роботи з учасниками-людьми чи фірмами, що мають корисливі мотиви, та автоматизованими агентами на базі штучного інтелекту, що виступають від їх імені.
М'яка робототехніка (роботизована автоматизація процесів)	Автоматизація повторюваних завдань та поширених процесів, таких як обслуговування клієнтів у сфері інформаційних технологій та здійснення продажів без потреби у трансформації існуючих map IT-систем.

Додаток II

У цьому додатку ми детально розглянемо понад 80 прикладів практичного використання штучного інтелекту в інтересах Землі в межах одного й того ж переліку проблем та сфер діяльності. Приклади використання були виявлені в ході нашого дослідження, що включало як вивчення матеріалів, так і інтерв'ю з численними представниками зацікавлених сторін, що знаходяться в авангарді впровадження штучного інтелекту в промисловості, високотехнологічних галузях, стартапах, дослідницькій та урядовій діяльності.

Зміна клімату

Сфера діяльності	Напрямок використання ШІ	Опис ролі ШІ	Потенційні наслідки для довкілля
Чиста енергія	<i>Оптимізоване прогнозування енергетичних систем</i>	Аналіз моделей споживання електроенергії з використанням методів машинного навчання та глибинного навчання для прийняття у реальному часі інтелектуальних рішень з метою забезпечення максимальної ефективності використання енергії (численні практичні приклади).	Підвищення ефективності виробництва, краще використання ресурсів та зменшення впливу на довкілля.
	<i>«Розумні» мережі з «розумними» лічильниками</i>	Аналіз даних мільйонів «розумних» лічильників за допомогою алгоритмів машинного навчання для розробки заснованих на методах прогнозування аналітики рішень для «розумних» мереж (наприклад, Grid4C).	Постачальники мають можливість визначити періоди пікових навантажень і простою на більш тонкому рівні та використовувати ці дані для оптимізації постачання енергії в цілому.
	<i>«Розумні» мережі з управлінням на основі даних</i>	Штучний інтелект використовується для глибшого аналізу даних, зібраних в електромережах, і дозволяє комунальним підприємствам прогнозувати та задовольняти потреби, що постійно змінюються, й попит на електроенергію (наприклад, використання компанією Agder Energi хмарного сервісу Microsoft).	Підвищення ефективності, надійності та автономності електромережі водночас зі стимулюванням клієнтів до споживання більших обсягів енергії з відновлюваних джерел.
	<i>Оцінювання сонячних електростанцій та вітроенергетичних установок</i>	Датчики, встановлені на сонячних електростанціях та вітроенергетичних установках датчиків, надають інформацію, яка використовується для контролю за процесом машинного навчання, дистанційної перевірки об'єктів, прогнозування потреби в технічному обслуговуванні та розрахунку обсягів енергетичних ресурсів (наприклад, DNV GL).	Підвищення ефективності контролю та обслуговування, що сприяє зменшенню собівартості енергії сонця і вітру.

Зміна клімату

Сфера діяльності	Напрямок використання ШІ	Опис ролі ШІ	Потенційні наслідки для довкілля
.....	<i>Прогнозування спалахів на Сонці</i>	Використання алгоритмів машинного навчання для прогнозування спалахів на Сонці (наприклад, величезних обсягів даних космічного апарата Solar Dynamics Observatory).	Прогнозування спалахів на Сонці дозволить зменшити кількість перебоїв у функціонуванні енергетичних мереж та супутників.
Розумні міста і будинки	<i>Енергоефективна конструкція будівель</i>	Моделювання споживання енергії на етапі проектування будинків за допомогою машинного навчання для забезпечення енергоефективності конструкції будівель та їх експлуатації (наприклад, модель Energy-Plus).	Створення можливостей для розробки планів будівель з оптимізованим рівнем споживання енергії.
	<i>Енергоефективність будівель, що експлуатуються</i>	Створення інтелектуальних екосистем на базі штучного інтелекту, що передбачають інтеграцію різних систем і забезпечують можливість дистанційного моніторингу, аналізу та оптимізації систем будівель (численні практичні приклади, у тому числі JTC).	Підвищення енергоефективності в масштабах систем та окремих будівель.
Інтелектуальні транспортні системи	<i>Інтелектуальне управління потоками транспорту</i>	Вуличні ліхтарі оснащуються системами на основі штучного інтелекту, алгоритми яких використовують дані від радарних датчиків та камер для визначення наявності транспорту та розробки графіку роботи вуличного освітлення, який дозволяє максимізувати ефективність потоків транспорту (наприклад, Surtrac) або інформує про оптимальну навігацію в потоці транспорту (наприклад, Nexar).	Керовані штучним інтелектом вуличні ліхтарі та автомобільні навігаційні системи, що працюють у реальному часі, сприяють зменшенню кількості заторів та зниженню рівня забруднення повітря.
	<i>Реагування на потреби у транспорті</i>	Штучний інтелект можна використовувати для аналізу інформації (наприклад, даних про погоду та поведінку користувачів) та підготовки аналітичних даних для інформування керівництва транспортних мереж міста, що дозволить підвищити ефективність надання послуг із забезпечення мобільності.	Підвищена ефективність використання транспорту. Кінцевий результат — створення можливості для впровадження автономних підключених автопарків, що дають переваги у сфері енергоспоживання.

Зміна клімату

Сфера діяльності	Напрямок використання ШІ	Опис ролі ШІ	Потенційні наслідки для довкілля
.....	<i>Оснащені ШІ автономні автомобілі</i>	Штучний інтелект і, зокрема, алгоритми автоматичного аналізу відеоінформації та методи глибоких нейронних мереж мають критичне значення для створення умов для впровадження автономних автомобілів та поступового збільшення їх частки в загальній кількості автотранспорту. Численні практичні приклади використання технологічними компаніями, стартапами та автомобільними компаніями.	Підключені автономні автомобілі відкривають потенціал для зниження споживання енергії: до прикладів можна віднести оптимізацію маршрутів, впровадження екоалгоритмів, орієнтованих у першу чергу на підвищення енергоефективності, програмоване формування «колон» автомобілів у потоці транспорту, а також створення автономних сервісів спільних поїздок, що сприяють зменшенню пробігу автомобілів та зниженню експлуатаційних витрат.
	<i>Оснащені ШІ електромобілі</i>	Використання даних про час та параметри руху електромобіля (погодні умови, щільність потоку транспорту, зношеність шин та поведінка водія) і можливостей машинного навчання для прогнозування потреби в енергії під час поїздки з підвищеною точністю (наприклад, програмне забезпечення EV Technology).	Дані прогнозів щодо поїздок можуть використовуватись для підвищення ефективності споживання енергії між заряджанням автомобіля та збільшення запасу ходу автомобіля.
Стале землекористування	<i>Зменшення витрат у ланцюжку постачання</i>	Машинне навчання дозволяє краще прогнозувати обсяги продуктів, необхідні для забезпечення щоденної потреби продуктових магазинів та споживачів, і мінімізувати обсяги відходів (численні практичні приклади).	Забезпечення підтримки компаній та споживачів у процесі управління ланцюжками постачання та їх моніторингу з метою зменшення обсягів витрат і відходів.
	<i>Раннє прогнозування врожайності</i>	Інформація, отримана методом дистанційного зондування, та наземні дані використовуються у моделях глибокого навчання для прогнозування урожайності з високою просторовою роздільною здатністю (на рівні округів) за декілька місяців до збирання врожаю (численні практичні приклади).	Можливість визначення необхідних обсягів резервних запасів продуктів харчування, визначення регіонів з низькою врожайністю, запобігання марнуванню ресурсів та покращене управління ризиками у сфері вирощування зернових.

Зміна клімату

Сфера діяльності	Напрямок використання ШІ	Опис ролі ШІ	Потенційні наслідки для довкілля
.....	<i>Прецизійне сільське господарство</i>	Автоматизація безпілотних апаратів з використанням методів машинного навчання та оснащення датчиками для цілодобового моніторингу стану полів (здоров'я рослин, стан ґрунту, температура і вологість), що дозволить фермерам і робітникам, які працюють у полях, негайно вживати заходів для усунення аномалій, зафіксованих датчиками.	Покращене управління сільськогосподарськими культурами та використанням ресурсів за рахунок гнучкої раціоналізації. Можливість вжиття заходів для вирішення конкретних завдань, пов'язаних з відповідним середовищем.
	<i>Сільське господарство на основі даних</i>	Застосування штучного інтелекту спрощує отримання інформації від різних датчиків, камер та безпілотних апаратів і дозволяє передавати ці дані фермерам з метою підвищення врожайності (численні практичні приклади, у т. ч. спільний проект Microsoft FarmBeats).	Рішення на основі даних, що сприяють збільшенню врожайності.
	<i>Глобальний моніторинг рослинництва</i>	Використання супутникових даних та інформації про погоду у поєднанні з методами машинного навчання з метою моделювання складних систем, таких як лісівництво та землеробство (наприклад, Descartes Labs).	Надання високоточних прогнозів з високою роздільною здатністю для інформаційного забезпечення діяльності з управління сільськогосподарськими культурами і постачанням та підвищення врожайності.
	<i>Гіперлокальне прогнозування погоди</i>	Супутникові знімки, дані про ґрунти та гіперлокальну (місцеву) погоду дозволять генерувати гіперлокальні прогнози погоди, завдяки чому фермери зможуть приймати поінформовані рішення про те, коли доцільніше засівати, підживлювати, оприскувати і поливати культури та збирати врожай (наприклад, HydroBio).	Надання аналітичних даних, які дозволять максимізувати врожайність та звести до мінімуму використання ресурсів (наприклад, інформація про потребу в поливі дозволить звести до мінімуму марнування води).
	<i>Раннє виявлення проблем з сільськогосподарськими культурами</i>	Раннє виявлення проблем з сільськогосподарськими культурами за допомогою штучного інтелекту з метою збільшення врожайності та доходів фермерів (наприклад, DeepFarm).	Раннє виявлення проблем у сфері рослинництва сприятиме більш сталому веденню сільського господарства.

Зміна клімату

Сфера діяльності	Напрямок використання ШІ	Опис ролі ШІ	Потенційні наслідки для довкілля
Стале виробництво і споживання	<i>Моніторинг ланцюжка постачання і забезпечення його прозорості</i>	Використання інструментів обробки природного мовлення для аналізу та інтерпретації даних про глобальні ланцюжки постачання, що стосуються навколишнього середовища, соціальної сфери та управління. До прикладів належать дані про споживання води, енергоефективність, умови на робочому місці (зокрема, eRevalue).	Моніторинг постачальників та створення умов для поінформованого управління ланцюжками постачання з метою підвищення їх ефективності та зменшення рівня знецінення.
	<i>Контроль стану здоров'я поголів'я худоби</i>	Використання технології розпізнавання облич для відстеження окремих корів у великих черадах, перетворення візуальної інформації у придатні для використання дані (наприклад, Cainthus).	Підвищення ефективності виробництва продуктів харчування та покращення стійкості ланцюжків постачання.
	<i>Інтелектуальні системи переробки відходів</i>	Використання нейронних мереж на сміттєпереробних заводах для збирання потоків інформації в реальному часі з метою сортування і відбору потрібних предметів зі стрічки транспортера.	«Розумні» сміттєві баки забезпечать можливість ідентифікації багатьох видів продуктів харчування та картонної упаковки від напоїв і дозволять відокремлювати придатні для переробки продукти від непридатних.

Біологічна різноманітність і збереження

Сфера діяльності	Напрямок використання ШІ	Опис ролі ШІ	Потенційні наслідки для довкілля
Охорона і відновлення середовища проживання	<i>Виявлення випадків втрати середовища проживання та їх моніторинг</i>	Просторове моделювання використовує архітектуру штучної нейронної мережі для відстеження змін лісового покриву в часі та створює мапу зон високого ризику знеліснення.	Створення умов для поінформованого прийняття рішення у сфері землекористування та визначення першочергових заходів щодо збереження.
	<i>Прецизійне картування угідь</i>	Генерування точних моделей землекористування за допомогою геоінформаційної системи та моделей машинного навчання, а також моделювання впливу різних видів землекористування та висадження рослинності (наприклад, співпраця Microsoft та ESRI з організацією Chesapeake Conservancy).	Створення карт землекористування з урахуванням різних варіантів висадження рослинності дозволяє оптимізувати заходи зі збереження з метою захисту і відновлення місцевих середовищ проживання.
	<i>Прогнозування місць проживання та напрямків міграції птахів</i>	Обробка отриманих методом краудсорсингу звітів про спостереження за птахами та даних дистанційного зондування за допомогою машинного навчання з метою прогнозування зміни місць проживання певних біологічних видів та маршрутів міграції птахів (наприклад, модель eBird).	Прогнозування маршрутів допоможе особам, відповідальним за прийняття рішень, визначити оптимальні шляхи захисту місць проживання птахів.
	<i>Моделювання взаємодії тварин з середовищем їх проживання</i>	Використання методів машинного навчання для моделювання поведінки тварин у відповідь на різні види змінних умов.	Моделювання взаємодії може допомогти людям у визначенні форм активності тварин, що призводять до найбільшого дефіциту ресурсів.
	<i>Прецизійний моніторинг лісових середовищ проживання</i>	Моніторинг природних лісових середовищ проживання за допомогою супутникових датчиків, досконалих алгоритмів машинного навчання та хмарних обчислень, а також прогнозування впливу погоди і змін навколишнього середовища (наприклад, програма PlanetWatchers).	Прецизійний моніторинг надає ресурси для управління лісовими середовищами проживання з метою усунення проблем, що викликані пов'язаними зі зміною клімату чинниками, такими як шкідники, руйнування, посухи та пожежі, та поліпшення загальної продуктивності лісів.
Контроль за інвазивними видами та санітарно-епідеміологічний нагляд	<i>Виявлення та ідентифікація захворювань рослин</i>	Використання систем на базі штучного інтелекту для аналізу зібраних методом краудсорсингу зображень дозволяє ідентифікувати і запобігати захворюванням рослин, а також визначити заходи для їх лікування (наприклад, Plantix).	Підтримка оптимальних методів лікування та поливу рослин, що сприяє зменшенню зайвих витрат матеріалів та води.

Біологічна різноманітність і збереження

Сфера діяльності	Напрямок використання ШІ	Опис ролі ШІ	Потенційні наслідки для довкілля
.....	<i>Автоматизований машинний аналіз біологічної різноманітності</i>	Технологія комп'ютерного аналізу відеоінформації та штучний інтелект використовуються для виявлення та ідентифікації біорізноманіття, а також для прийняття управлінських рішень щодо відповідного середовища проживання. Один з прикладів — виявлення наявності інвазивних рослин (Blue River Technology).	Створення умов для значної економії пестицидів, що використовуються для боротьби з бур'янами, водночас із оптимізацією використання добрив для сільськогосподарських рослин.
	<i>Інтелектуальні пастки для москітів</i>	Використання систем машинного навчання, що можуть розрізняти види москітів, яких потрібно ловити, для створення більш ефективних та продуктивних пасток (наприклад, Microsoft).	Виявлення інфекційних захворювань у середовищі до виникнення смертоносних спалахів вірусних інфекцій чи інших небезпечних хвороб.
Контроль забруднень	<i>Прогнозування поширення забруднень та їх відстеження</i>	Моделювання з використанням можливостей штучного інтелекту застосовується для більш точного прогнозування поширення забруднень у складних умовах навколишнього середовища.	Зменшення обсягів надходження хімічно активного азоту в природні екосистеми з метою зменшення ризиків для рослинного різноманіття.
	<i>Аналіз проблемних питань у сфері міських стоків</i>	Створення моделей різноманітних надзвичайно мінливих фізичних явищ у воді, точне прогнозування біохімічної потреби в кисні, рівня амонійного азоту, нітратного азоту та ортофосфату фосфору.	Нейронні мережі можуть здійснювати моніторинг рівня забрудненості зливових стічних вод у містах, створюючи можливості для удосконалення методів управління водними ресурсами.
Оцінювання природного капіталу	<i>Оптимізація селекції рослин</i>	Використання методів машинного навчання для аналізу поведінки сільськогосподарських рослин в умовах різного клімату з метою підготовки прогнозів щодо генів, які з найбільшою ймовірністю зможуть призвести до формування корисних рис у рослин.	Визначення генетичних послідовностей, що мають стосунок до якостей рослин, які сприяють більш ефективному використанню води, поживних речовин, адаптації до зміни клімату та стійкості до захворювань.
	<i>Моніторинг біологічних видів</i>	Бази даних відкритих ресурсів, де методи розпізнавання закономірностей на фотознімках використовуються для відстеження окремих тварин. Один з прикладів — спостереження за китовими акулками (наприклад, Wildbook).	Автоматизоване розпізнавання біологічних видів та моніторинг з підвищеною точністю для прийняття поінформованих рішень щодо збереження.

Біологічна різноманітність і збереження

Сфера діяльності	Напрямок використання ШІ	Опис ролі ШІ	Потенційні наслідки для довкілля
	<i>Картування біологічного різноманіття</i>	Відкритий ресурс, який використовує зібрані методом краудсорсингу дані щодо біорізноманіття та можливості машинного навчання для точної ідентифікації та відстеження біологічних видів (наприклад, iNaturalist).	Класифікація нових видів та моніторинг кількості і місцезнаходження видів, яким загрожує зникнення, прийняття поінформованих рішень щодо їх збереження.
	<i>Визначення видів рослин</i>	Використання глибинного навчання для ідентифікації вирівняних, засушених і змонтованих на аркушах гербаріїв рослин з метою сприяння оцифруванню колекцій музеїв природознавства.	Оцифрування даних про біорізноманіття минулого і сучасності для створення цінного ресурсу, який можна буде використовувати в майбутньому для організації заходів зі збереження.
	<i>Автоматизоване машинне картування землекористування</i>	Виявлення міських зон на супутникових знімках з використанням різних методів машинного навчання (контрольованого, неконтрольованого та напівконтрольованого) з подальшим перетворенням зображень з високою роздільною здатністю на карти рослинного покриву.	Надання інформації про зміни у землекористуванні урядам для прийняття поінформованих рішень про оптимальний час, місце і методи реалізації заходів зі збереження.
Стала торгівля	<i>Інтелектуальне поповнення запасів свіжих продуктів</i>	Машинне навчання дозволяє роздрібним продавцям автоматизувати процеси, які до цього виконувались вручну, і значно підвищити точність прогнозів щодо покупок клієнтів та замовлень.	Дозволяє вирішити поширену проблему неефективного планування обсягів запасів свіжих продуктів, яка призводить до значних збитків, та зменшити кількість їх відходів.
	<i>Виявлення несанкціонованого вилову тварин</i>	Технології машинного навчання і розпізнавання закономірностей дозволяють фіксувати вилов тварин за допомогою оснащених датчиками камер (наприклад, проект Protection Assistant for Wildlife Security (PAWS)).	Заповідники зможуть ефективніше захищати своїх тварин та боротися з нелегальною торгівлею тваринами у світовому масштабі.
	<i>Виявлення випадків нелегальної торгівлі дикою флорою і фауною за допомогою аналізу зображень</i>	Додатки, що використовують програмне забезпечення для розпізнавання зображень і закономірностей, дозволяють користувачам візуально перевіряти таксономічні категорії на різних таксономічних рівнях.	Це сприяє боротьбі з нелегальною торгівлею дикою флорою і фауною та створює можливості для ефективного моніторингу легальної торгівлі.
	<i>Прогнозування маршрутів руху браконьєрів та контроль за переміщенням тварин з категорії підвищеного ризику</i>	Машинне навчання дозволяє відстежувати і прогнозувати маршрути переміщення як тварин з категорії ризику, так і браконьєрів, які полюють на них (наприклад, Neugala).	Інформація використовується для протидії та реагування на випадки браконьєрства (зокрема, в Африці).

Чисті океани

Сфера діяльності	Напрямок використання ШІ	Опис ролі ШІ	Потенційні наслідки для довкілля
Стале рибальство	<i>Виявлення вилову риби незаконними способами</i>	Програмні пристрої використовують машинне навчання для інформування вчених та регуляторних органів про те, вилов яких видів здійснюється, що дозволяє отримати повне уявлення про законний вилов та виявляти випадки незаконної діяльності.	Моніторинг законного і незаконного вилову з метою сприяння сталому рибальству.
	<i>Запобігання надмірному вилову риби і забезпечення контролю</i>	Алгоритми роботи повністю автоматизованого програмного забезпечення, яке робітники використовують під час рибальства, дозволяють ідентифікувати рибу і класифікувати її за видами.	Зменшення кількості випадків помилкового вилову видів, що знаходяться під охороною (наприклад, акул і черепахи), у ході лову тунця.
	<i>Автоматичне встановлення квот на вилов риби</i>	Дані відеозйомки процесу вилову використовуються для попереднього розпізнавання видів риби за допомогою штучних нейронних мереж, одночасно здійснюється підрахунок кількості та розпізнавання форми з метою приблизного визначення допустимих норм вилову.	Створюються можливості для більш точного оцінювання кількості риби, кращого розуміння морських систем та прийняття поінформованих рішень про розміри квот на вилов риби.
	<i>Моніторинг нелегального рибальства</i>	Дані автоматичної ідентифікаційної системи (Automatic Identification System, AIS), що використовується на судах, у поєднанні з іншими наборами даних та методами машинного навчання використовуються для моніторингу нелегального рибальства (наприклад, проєкт Google Fishing Watch) ¹ .	Дозволяє практично у реальному часі прогнозувати діяльність, пов'язану з комерційним рибальством, і допомагає виявляти судна з відключеними транспондерами системи AIS, сприяючи здійсненню правоохоронної діяльності на ділянках морської акваторії, що перебувають під захистом.
Наслідки зміни клімату (включаючи ацидифікацію)	<i>Моніторинг температури океану та рівня рН у реальному часі</i>	Роботи зі штучним інтелектом використовуються для визначення рівня забрудненості та відстеження коливань температури і рівня рН в океанах.	Такий метод дозволяє отримувати точні дані про рівень забрудненості океану та рівень рН, які в подальшому використовуються для розробки планів заходів щодо збереження біорізноманіття.
	<i>Відстеження та прогнозування розподілу біопланктону</i>	Машинне навчання використовується для вивчення особливостей розподілу фітопланктону в океанах. Супутникові знімки та комп'ютерне моделювання дозволяють оцінювати поточний і прогнозувати майбутній стан фітопланктону у світовому океані (наприклад, НАСА).	Джерело цінної інформації для дослідників, що займаються вивченням наслідків змін кількості CO ₂ в атмосфері нашої планети.

¹ Лаят Кларк (Clark, Liat), «Проект Global Fishing Watch компанії Google маніпулює даними» («Google's Global Fishing Watch is using 'manipulated' data»), Wired, листопад 2014 р., матеріал доступний за посиланням: <http://www.wired.co.uk/article/global-fishing-watch-false-data-windward>.

Чисті океани

Сфера діяльності	Напрямок використання ШІ	Опис ролі ШІ	Потенційні наслідки для довкілля
Запобігання забрудненням	<i>Прогнозування забруднення моря відходами</i>	Методи на основі штучного інтелекту використовуються для визначення загальних категорій відходів, що трапляються на пляжах, та визначення періодичності забруднень (наприклад, дослідники з Туреччини).	Швидке і достовірне визначення категорій сміття дозволяє ефективно досліджувати ситуацію та визначати пріоритети в управлінні пляжами.
	<i>Використання риб-роботів для боротьби з забрудненнями</i>	Технологія передбачає використання оснащених штучним інтелектом риб-роботів для виявлення потенційно небезпечних забруднень у воді, зокрема, внаслідок протікання підводних трубопроводів (приклад — дослідження, що фінансується Європейською комісією).	Забезпечує ранню ідентифікацію наявних у воді забруднень, що, у свою чергу, дозволяє вживати заходів з реагування до зростання рівня забрудненості.
	<i>Використання безпілотних апаратів для аналізу здоров'я китів</i>	Використання можливостей штучного інтелекту та безпілотних апаратів для отримання й аналізу слизу, що виділяється китами, які сплили на поверхню води, під час дихання (наприклад, компанія Intel співпрацює з компанією Parley for the Oceans у рамках ініціативи SnotBot) ² .	Прийняття поінформованих рішень щодо збереження морського середовища.
Захист середовищ проживання	<i>Картування коралових рифів</i>	Автономні безпілотні апарати, оснащені штучним інтелектом, використовують методи машинного навчання для картування коралових рифів та автоматичного фільтрування даних з метою відстеження змін у формі рифів.	Постійний моніторинг рифів являє собою цінний ресурс для організації їх збереження.
	<i>Моніторинг змін у морських середовищах проживання</i>	Безпілотні апарати використовуються для отримання детальних зображень морських середовищ проживання, у подальшому ці дані обробляються за допомогою алгоритмів машинного навчання з метою виявлення оптимальних місць для висаджування рослин та визначення видів, які найкраще підходять для певної зони.	Безпілотні апарати використовуються для відновлення деградованих екосистем з мінімальними витратами коштів (наприклад, шляхом висаджування мангрових дерев).
Захист біологічних видів	<i>Прогнозування поширення інвазивних видів</i>	Система використовує технології аналізу зображень та машинне навчання для відстеження кількості і місцезнаходження інвазивних видів.	Відстеження кількісних показників інвазивних видів для прийняття поінформованих рішень про заходи щодо контролю.
	<i>Запобігання незаконному переміщенню дикої флори і фауни</i>	Інструменти на основі машинного навчання використовуються для обробки даних з так званого «темного Інтернету» («dark web») для проникнення в організовані злочинні угруповання з метою захисту морської флори і фауни (наприклад, DeepDive).	Надання інструментів для протидії незаконному переміщенню дикої флори і фауни.

² Елісса Джільберт (Gilbert, Elissa), «Науковці, у розпорядженні яких є безпілотники SnotBot, використовують досконалі програми на основі штучного інтелекту для дослідження китів, океанів і навіть людського здоров'я» («Scientists equipped SnotBots — drones using sophisticated AI programs — to learn about whales, oceans and even human health»), серпень 2017 р., матеріал доступний за посиланням: https://iq.intel.com/whale-snot-hold-secret-ocean-health/?cid=sem43700027467499372&intel_term=parley+for+the+oceans&gclid=EAIaIQobChMlh06LzPqW2AIVAtVkCh1kMgRSEAAAYAiAAEg L5p_D_BwE&gclid=CKuCpfP6ltgCFVIFgQodTewB-g.

Безпека водопостачання

Сфера діяльності	Напрямок використання ШІ	Опис ролі ШІ	Потенційні наслідки для довкілля
Забезпечення адекватних санітарних умов	<i>Моніторинг якісного стану річок у реальному часі з використанням безпілотних апаратів</i>	Алгоритми, що використовують отримані за допомогою безпілотних апаратів результати моніторингу для автоматизації надання звітів про якість води (наприклад, Торонтський університет).	Моніторинг водойм з використанням оригінальних методів та надання рекомендацій щодо управління водними артеріями.
	<i>Забезпечення адекватного санітарного стану водних запасів</i>	Для прогнозування рівня рН у різних точках системи постачання питної води були розроблені і схвалені моделі на основі штучних нейронних мереж.	Моніторинг якості питної води у міських регіонах.
	<i>Моніторинг у реальному часі та управління побутовим водопостачанням</i>	Проста у користуванні система на основі хмарних технологій для моніторингу в реальному часі та управління побутовим водопостачанням. Наприклад, компанія Flo Technologies створює інтелектуальні системи моніторингу та управління водопостачанням для будинків на одну сім'ю.	Зменшення обсягів стічних вод та забезпечення постачання високоякісної води.
	<i>Виявлення місць масового розвитку шкідливих водоростей та спостереження за ними</i>	Методи машинного навчання дозволяють навчити смартфон або планшет методам виявлення наявності синьо-зелених водоростей на невеликих за розмірами ділянках поверхні прісної води.	Зменшення масштабів цвітіння води, що спричиняють шкідливі наслідки для здоров'я людини і водних екосистем.
Контроль стану водозбірних басейнів	<i>Прогнозування руслового стоку</i>	Використання методів машинного навчання для моделювання нелінійних гідрологічних станів з метою підготовки короткострокових і довгострокових прогнозів щодо об'ємів руслового стоку та автоматизації інфраструктури для контролю за станом водозбірних басейнів.	Короткострокове прогнозування у реальному часі (наприклад, щогодини і щодня) сприяє надійному функціонуванню систем протидії повеням. Підготовка тижневих, місячних і річних прогнозів має важливе значення для функціонування і планування резервуарів, генерування гідроелектроенергії, транспорту наносів та прийняття рішень у сфері іригації.
Планування заходів щодо боротьби з посухами	<i>Точне планування заходів щодо боротьби з посухами</i>	Технологія машинного навчання створює можливості для точного прогнозування посух з урахуванням численних параметрів — даних про атмосферні опади, супутникових даних про значення вегетаційного індексу рослинного покриву та вихід води на поверхню (численні практичні приклади).	Можливість планування заходів щодо боротьби з посухами на термін 3–6 місяців, що може мати критично важливе значення для планування сільського господарства, управління резервуарами та розподілу водних ресурсів органами влади.
Оптимізація водоспоживання	<i>Моніторинг використання води для населення</i>	Використання алгоритмів машинного навчання для виявлення неточностей або відхилень у показаннях лічильників води (наприклад, Valor Water Analytics).	Моніторинг витрати води у реальному часі для забезпечення максимальної ефективності її споживання.
	<i>Виявлення підземних протікань</i>	Виявлення підземних протікань у системах постачання питної води шляхом аналізу супутникових знімків та використання методів машинного навчання (наприклад, Utilis).	Виявлення більшої кількості протікань та зменшення втрат води.

Безпека водопостачання

Сфера діяльності	Напрямок використання ШІ	Опис ролі ШІ	Потенційні наслідки для довкілля
	<i>Оптимізація використання води для промислових цілей</i>	Аналіз розрізаних даних щодо води за допомогою алгоритмів машинного навчання з метою розробки оптимальних протоколів управління та контролю з їх подальшим використанням комунальними підприємствами та промисловими споживачами (наприклад, Pluto AI).	Автоматичне визначення оптимальних способів управління водними ресурсами для забезпечення ефективного водокористування та економії енергії.
	<i>Прогнозне технічне обслуговування систем водопостачання</i>	Використання можливостей машинного навчання для швидкого та ефективного аналізу сотень змінних, що визначають ймовірність виходу труби з ладу.	Оцінка поточного рівня корозії та зношення труби для забезпечення високих стандартів якості води.
	<i>Раннє попередження про необхідність обслуговування інфраструктури водопостачання</i>	Використання моделей машинного навчання, що визначають ступінь ризику для окремих трубопроводів на мапі.	Аналіз допоможе розробникам планів міст визначити трубопроводи, що потребують обслуговування і заміни у першу чергу.
Водопостачання	<i>Фільтрація води з функцією самоадаптації</i>	Технологія машинного навчання постійно аналізує дані датчиків витрати і тиску з метою визначення оптимальної продуктивності системи фільтрації у середовищах з нестабільною якістю води. Приклад сфери використання — нафтогазовий сектор (зокрема, програмне забезпечення IntelliFlux компанії Water Planet).	Фільтр забезпечує ефективне та високоякісне очищення води у системах, де якість вхідної води коливається, сприяючи мінімізації втрат води.
	<i>Моделювання якості води</i>	Числові моделі використовуються для моделювання потоків і якості води у прибережних районах, причому основний акцент традиційно робиться на використанні алгоритмічних процедур для вирішення конкретних проблем. Штучний інтелект дозволив інтегрувати відповідні технології у системи числового моделювання з метою усунення недоліків (численні практичні приклади).	Оптимізація прийняття рішень у сфері управління водними ресурсами.
	<i>Обслуговування інфраструктури водопостачання</i>	Системи дозволяють враховувати при створенні комп'ютерних моделей вимоги планів місцевої влади, заходи політичного характеру та особливості прийняття рішень, а також використовувати дані динамічного зворотного зв'язку з місць для модифікації моделей і прийняття рішень.	Збільшення строку служби інфраструктури водопостачання, зменшення кількості протікань та обсягів стічних вод і втрат води.

Чисте повітря

Сфера діяльності	Напрямок використання ШІ	Опис ролі ШІ	Потенційні наслідки для довкілля
Чисті види палива	<i>Прогнозування забруднень для цілей управління транспортною інфраструктурою</i>	Штучний інтелект використовує дані щодо забруднень (зокрема, двоокису вуглецю та оксидів азоту) та параметрів навколишнього середовища (вологість, рівень сонячної радіації і температура) для прогнозування інтенсивності забруднення повітря викидами транспорту в міських районах (численні практичні приклади).	Дані прогнозів забруднень використовуються для управлінського реагування з метою зведення до мінімуму негативних наслідків (наприклад, введення оплати за в'їзд у певні частини міста, обмеження руху).
	<i>Удосконалення конструкції батарей та паливних елементів</i>	Новітні технології моделювання матеріалів з використанням штучного інтелекту створюють можливості для удосконалення електромобілів на акумуляторних батареях та автомобілів на паливних елементах (приклад — Toyota).	Удосконалення технології виробництва електромобілів на акумуляторних батареях та автомобілів на паливних елементах з метою здешевлення технології та створення умов для переходу на використання парків електромобілів.
Раннє попередження	<i>Прогнозування рівня забруднення</i>	Прогнозування рівня забруднення повітря шляхом поєднання даних кількох різних моделей. Наприклад, на даний час компанія Microsoft надає міністерству захисту навколишнього середовища Китаю прогноз для Пекіна на наступні 12 годин з точністю 60 відсотків.	Управління якістю повітря для захисту здоров'я населення.
Фільтрація і вловлювання забруднень	<i>Оптимізовані системи очищення повітря, оснащені датчиками</i>	Інтеграція датчиків якості повітря у планшети. Використання машинного навчання для аналізу якості повітря з урахуванням особистих уподобань для коригування якості фільтрації (наприклад, система очищення повітря ARCADYA).	Забезпечення чистоти повітря, що відповідає індивідуальним потребам.
Моніторинг і профілактика	<i>Моніторинг рівня забруднення повітря у реальному часі</i>	Інструмент машинного навчання для оцінки забрудненості повітря за допомогою фотознімків (наприклад, AirTick).	Надання точних оцінок якості повітря у районі перебування користувача для забезпечення можливості відповідного коригування поведінки.
	<i>Виявлення джерел забруднення повітря</i>	Призначені для використання у приміщеннях «розумні» системи моніторингу якості повітря використовують алгоритми нейронних мереж для встановлення зв'язку між забруднюючим агентом і джерелом у відповідному середовищі.	Надання інформації про джерела забруднень у реальному часі для забезпечення можливості відповідного реагування з боку користувачів.

Чисте повітря

Сфера діяльності	Напрямок використання ШІ	Опис ролі ШІ	Потенційні наслідки для довкілля
Системи раннього попередження	<i>Прогнозування екстремальних погодних явищ</i>	Використання інструментів машинного навчання для поліпшення якості прогнозування різних типів екстремальних погодних явищ, таких як грози і смерчі (наприклад, Національне управління океанічних і атмосферних досліджень США, Метеорологічна служба Великобританії).	Поліпшення якості раннього прогнозування екстремальних погодних явищ для забезпечення можливості належної підготовки.
	<i>Використання можливостей соціальних мереж під час заходів реагування на стихійні лиха</i>	Моделі машинного навчання, що передбачають використання даних про катаклізми з соціальних мереж (наприклад, повідомлення у Twitter) для надання інформації про певні кризові ситуації та інформаційного забезпечення заходів з реагування на катастрофи (наприклад, Катарський інститут комп'ютерних досліджень (Qatar Computing Research Institute, QCRI)).	Забезпечення підтримки під час стихійних лих, визначення пріоритетних напрямків роботи екстрених служб.
	<i>Інформування про стихійні лиха у режимі реального часу</i>	Використання передових веб-технологій, хмарних обчислень, обробки природного мовлення і технологій штучного інтелекту для інформування громадськості про стихійні лиха у режимі реального часу (наприклад, IBM та Weather Company).	Обробка та аналіз стрічок соціальних мереж у режимі реального часу для покращення моніторингу повеней і їх прогнозування, підтримка заходів з підготовки до повеней, відновлення та реагування.
Фінансові інструменти	<i>Швидкий аналіз ризиків з використанням багатьох джерел інформації</i>	Алгоритми машинного навчання сканують веб-сторінки для генерування часто оновлюваних, об'єктивних та практичних оцінок ризиків, у тому числі — соціальних, геополітичних та кліматичних (наприклад, GeoQuant).	Інформаційне забезпечення політики у сфері клімату та екстремальних погодних явищ та створення умов для прийняття поінформованих рішень щодо інвестицій.
	<i>Інтелектуальні рішення щодо інвестицій</i>	Машинне навчання використовується для фільтрування та обробки ресурсів з усієї мережі Інтернет (новини, академічні журнали, прес-релізи) з метою надання клієнтам консультацій з питань інвестування коштів з урахуванням екологічних чинників (наприклад, NewsConsole).	Підтримка оцінки рішень про інвестування за різних сценаріїв (наприклад, в умовах зміни клімату).

Чисте повітря

Сфера діяльності	Напрямок використання ШІ	Опис ролі ШІ	Потенційні наслідки для довкілля
Передбачення і прогнозування	<i>Передбачення ризику екстремальних погодних явищ та забезпечення підготовки</i>	Використання штучного інтелекту у поєднанні з більш традиційними методами моделювання, що спираються на закони фізики, для прогнозування впливу екстремальних погодних явищ на інфраструктуру, у тому числі зі зменшенням масштабів (численні практичні приклади використання метеорологічними службами, комунальними підприємствами і технологічними компаніями).	Прогнозування та кількісне вираження ризиків для інформаційної підтримки прийняття рішень щодо підготовки до стихійних лих спільнотами, компаніями та урядами.
	<i>Прогнозування погоди на маршрутах польотів</i>	Підготовка прогнозів погоди вздовж маршрутів польотів з використанням загальнодоступної інформації та даних з датчиків літаків (наприклад, Panasonic).	Авіакомпанії отримують можливість коригувати свої маршрути для зменшення витрат палива та підвищення безпеки польотів.
	<i>Прогнозування погоди у реальному часі</i>	<i>Рішення для машинного навчання, що використовують датчики та засоби аналізу даних для підготовки даних про погоду в реальному часі (наприклад, The Yield, Метеорологічна служба Великобританії).</i>	Сільгоспвиробники отримують можливість приймати більш продумані рішення, які дозволяють зменшити витрати води й інших ресурсів та збільшити врожайність.
Планування заходів з підвищення стійкості та реагування на стихійні лиха	<i>Інформування про підвищений ризик</i>	<i>Використання технології обробки природного мовлення та інструментів на основі штучного інтелекту для інформування населення про стихійні лиха (наприклад, IFIS Knowledge Engine).</i>	Користувачі можуть отримувати відповіді на свої запитання щодо повеней (наприклад, рівень повеней, прогноз, ступінь ризику) для зведення до мінімуму ризику стихійних лих.
	<i>Прогнозування реакції систем Землі</i>	<i>Створення реальної тривимірної моделі усієї планети за допомогою технологій машинного навчання. Величезні об'єми даних дозволяють моделювати різні умови та прогнозувати реакцію систем Землі (наприклад, Національний науковий фонд США та проект EarthCube, Planet Labs).</i>	Підтримка діяльності науковців, спрямованої на уникнення масштабних катаклізмів або підготовку планів дій у разі невідворотних явищ (наприклад, повеней) до їх настання.
	<i>Картування повеней у реальному часі</i>	<i>Інструменти, що комбінують дані загальнодоступних датчиків та повідомлення у соціальних мережах для створення мапи повеней у реальному часі з використанням можливостей машинного навчання (наприклад, проект PetaVencana.id у Джакарті).</i>	Надання точної та актуальної інформації щодо повеней урядам і місцевим мешканцям для планування дій під час повеней та заходів щодо реагування.

Чисте повітря

Сфера діяльності	Напрямок використання ШІ	Опис ролі ШІ	Потенційні наслідки для довкілля
<i>Стійка інфраструктура</i>	<i>Автоматизоване зменшення ризику повеней</i>	<i>Використання обчислювальних потужностей та можливостей машинного навчання для автоматичного контролю витрати води через протипаводкові шлюзи з урахуванням зміни поточних умов.</i>	<i>Будівництво та управління природними ландшафтами, що стимулюють біологічне різноманіття або зменшують ризик стихійних лих (наприклад, повеней).</i>
	<i>Прогнозування ушкоджень внаслідок землетрусів для конкретних будівель</i>	<i>Моделювання з використанням можливостей штучного інтелекту, даних про сейсмічну активність, інформації про конструктивні особливості будівель (вік споруди, особливості будівельних матеріалів тощо) для визначення частин міста, які можуть постраждати від землетрусу найбільше.</i>	<i>Забезпечення інформаційної підтримки заходів з реагування на землетруси для мінімізації їх наслідків.</i>

Додаток III

Ініціатива «Четверта промислова революція заради Землі»

Мета ініціативи «Четверта промислова революція заради Землі» полягає у підвищенні поінформованості та прискоренні прогресу у цій сфері для блага суспільства. На першому етапі проекту будуть проводитись детальний розгляд ключових напрямків діяльності у сфері захисту довкілля та вивчення можливостей щодо використання інновацій Четвертої промислової революції з метою оптимізації заходів з подолання найбільш нагальних екологічних проблем світу. Напрямки зосередження зусиль на початковому етапі:

- забруднення повітря;
- біологічна різноманітність;
- міста;
- зміна клімату і моніторинг парникових газів;
- системи продовольчого забезпечення;
- океани;
- водні ресурси та санітарні умови.

Виходячи з цих тематичних напрямків, за підтримки Стенфордського університету і компанії PwC (як консультанта проекту) та з урахуванням рекомендацій членів Всесвітньої ради майбутнього щодо питань майбутнього довкілля, безпеки природних ресурсів і конкретних технологічних кластерів Четвертої промислової революції, Всесвітній економічний форум

буде намагатись використовувати свої різноманітні мережі і платформи для реалізації таких завдань:

- **Розробка комплексу аналітичних документів**, у яких будуть детально розглядатись можливості Четвертої промислової революції та кожна з цих проблем.
- **Формування нових мереж спеціалістів-практиків** та підтримка їх діяльності, спрямованої на спільну розробку і впровадження інновацій в інтересах захисту довкілля у кожній з цих проблемних областей з використанням новітніх технологій і результатів досліджень, які пропонує Четверта промислова революція
- **Розробка приватно-державного акселератора дій**, який би дозволив об'єднати урядові, благодійні, дослідницькі організації та комерційні фонди і спрямувати їхні зусилля на масштабування інноваційних рішень Четвертої промислової революції на благо навколишнього середовища.
- Надання підтримки зацікавленим сторонам з числа урядових органів **у розробці та випробуванні необхідних заходів і протоколів**, які б допомогли забезпечити закріплення і подальший розвиток рішень Четвертої промислової революції у сфері захисту довкілля.

Керівництво ініціативою «Четверта промислова революція заради Землі» буде здійснюватися з Центру Четвертої промислової революції Всесвітнього економічного форуму у Сан-Франциско та інших офісів Форуму, розташованих у Нью-Йорку, Женеві і Пекіні.

Примітки та джерела інформації

1. Стокгольмський університет, Центр життєздатності та стійкості до змін (прес-реліз), «Межі можливостей планети — уточнення» («Planetary Boundaries — an Update»), січень 2015 р., матеріал доступний за посиланням: <http://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2015-01-15-planetary-boundaries---an-update.html>.
2. Програма ООН «Цілі сталого розвитку» («Sustainable Development Goals»), матеріал доступний за посиланням: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>. Цілі включають: 1. Ні бідності. 2. Ні голоду. 3. Міцне здоров'я та благополуччя. 4. Якісна освіта. 5. Гендерна рівність. 6. Чиста вода та належні санітарні умови. 7. Доступна і чиста енергія. 8. Гідна праця та економічне зростання. 9. Стала інфраструктура, промисловість та інновації. 10. Зменшення нерівності. 11. Сталі міста та спільноти. 12. Відповідальне споживання та виробництво. 13. Боротьба зі зміною клімату. 14. Збереження підводних екосистем. 15. Збереження екосистем суші. 16. Мир, справедливість та сильні інституції. 17. Активізація глобального партнерства заради досягнення цілей.
3. Всесвітня метеорологічна організація, «Рівні парникових газів досягли нових рекордних значень» («Greenhouse Gas Concentrations Surge to New Record»), жовтень 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/greenhouse-gas-concentrations-surge-new-record>.
4. Програма ООН з навколишнього середовища, «Доповідь про розрив у рівні викидів у 2017 р.» («The Emissions Gap Report 2017»), листопад 2017 р., матеріал доступний за посиланням: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22070/EGR_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
5. «На думку біологів, до кінця століття 50 % біологічних видів постануть перед загрозою зникнення», Р. МакКай (McKie, R., «Biologists think 50% of species will be facing extinction by the end of the century»), The Guardian, лютий 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.theguardian.com/environment/2017/feb/25/half-all-species-extinct-end-century-vatican-conference>.
6. (i) «Прискорене вимирання видів, спричинене сучасною людиною: наближаємось до шостого масового вимирання», Дж. Цебелос та ін., (Cebellos, G, et al., «Accelerated Modern Human-Induced Species Losses: Entering the Sixth Mass Extinction»), Science Advances, червень 2015 р., матеріал доступний за посиланням: <http://advances.sciencemag.org/content/1/5/e1400253>.
(ii) «На думку біологів, до кінця століття 50 % біологічних видів постануть перед загрозою зникнення», Р. МакКай (McKie, R., «Biologists think 50% of species will be facing extinction by the end of the century»), The Guardian, лютий 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.theguardian.com/environment/2017/feb/25/half-all-species-extinct-end-century-vatican-conference>.
7. Міжнародний інститут прикладного системного аналізу, Центр життєздатності та стійкості до змін та Стокгольмський університет, «Загальні надбання епохи антропоцену: розвиток світу на життєздатній та сталій планеті» («Global Commons in the Anthropocene: World Development on a Stable and Resilient Planet»), жовтень 2016 р., матеріал доступний за посиланням: https://www.iucn.org/sites/dev/files/global_commons_in_the_anthropocene_iiasa_wp-16-019.pdf (draft paper).
8. Центр передового дослідження у сфері вивчення коралових рифів Австралійської дослідницької ради при університеті імені Джеймса Кука, (прес-реліз), «Науковці оцінюють збитки внаслідок знебарвлення Великого бар'єрного рифу» («Scientists Assess Bleaching Damage on Great Barrier Reef»), жовтень 2016 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.coralcoe.org.au/media-releases/scientists-assess-bleaching-damage-on-great-barrier-reef>.
9. ООН: Програма оцінювання водних ресурсів світу, «Доповідь про стан водних ресурсів світу за 2015 р.» («World Water Development Report 2015»), березень 2015 р., матеріал доступний за посиланням: http://www.unwater.org/publication_categories/world-water-development-report/.
10. Всесвітня організація з охорони здоров'я, «Якість навколишнього (зовнішнього) повітря і здоров'я» («Ambient (Outdoor) Air Quality and Health»), вересень 2016 р., матеріал доступний за посиланням: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>.
11. Всесвітня організація з охорони здоров'я, «7 мільйонів передчасних смертей щороку пов'язані з забрудненням повітря» («7 Million Premature Deaths Annually Linked to Air Pollution»), березень 2014 р., матеріал доступний за посиланням: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>.
12. Дані отримано за допомогою сервісу NatCatService компанії Munich RE, переглянуто у грудні 2017 р, доступно за посиланням <http://natcatservice.munichre.com/>.
13. «Четверта промислова революція: що це означає і як реагувати», Клаус Шваб (Schwab, Klaus, «The Fourth Industrial Revolution: What It Means, How to Respond», Всесвітній економічний форум, 2016 р.
14. PwC, «Технологічний прорив як сучасна мегатенденція, як підготуватися до мегатенденції технологічних проривів та вісім технологій, з яких варто почати» («Tech Breakthroughs Megatrend, How to Prepare for the Technological Breakthroughs Megatrend, and the Eight Technologies to Start With»), матеріал доступний за посиланням: <https://www.pwc.com/gx/en/issues/technology/tech-breakthroughs-megatrend.html>.
15. PwC, 2017 р., «Інновації заради Землі: використання технологічних проривів для блага людей і планети» («Innovation for the Earth: Harnessing Technological Breakthroughs for People and the Planet»), січень 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.pwc.co.uk/sustainability-climate-change/assets/innovation-for-the-earth.pdf>.
16. PwC, 2017 р., «Глобальне дослідження цифрового IQ» («Global Digital IQ Survey»), матеріал доступний за посиланням: <https://www.pwc.com/us/en/advisory-services/digital-iq/assets/pwc-digital-iq-report.pdf>.
17. Tractica (прес-реліз), «Сфера застосування штучного інтелекту розширилась і налічує 215 окремих прикладів використання практично в усіх галузях промисловості» («Artificial Intelligence Implementations Have Expanded to Encompass 215 Discrete Use Cases Across Virtually All Industries»), 28 серпня 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.tractica.com/newsroom/press-releases/artificial-intelligence-implementations-have-expanded-to-encompass-215-discrete-use-cases-across-virtually-all-industries/>.
18. Інформація про проект моделювання клімату Джона Стермана (John Sterman) на веб-сайті Climate Interactive, доступна за посиланням: <https://www.climateinteractive.org/>.
19. «Вивчення гри Го без використання людських знань», Девід Сільвер та ін. (Silver, David, et al., «Mastering the Game of Go without Human Knowledge»), Nature, випуск 550, стор. 354–359, 19 жовтня 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.nature.com/articles/nature24270>. Також див. пост «AlphaGo Zero: вивчення з нуля» у блозі DeepMind («AlphaGo Zero:

- Learning from Scratch»), матеріал доступний за посиланням: <https://deepmind.com/blog/alphago-zero-learning-scratch/>.
20. «Суперкомп'ютер з 83 000 процесорів може зрівнятися тільки з 1 % вашого мозку», А. Фейнберг (Feinberg, A., «An 83,000-processor supercomputer can only match 1% of your brain»), Gizmodo, червень 2013 р., матеріал доступний за посиланням: <https://gizmodo.com/an-83-000-processor-supercomputer-only-matched-one-perc-1045026757>.
 21. Всесвітній економічний форум, «Топ-10 міських інновацій» («Top Ten Urban Innovations»), жовтень 2015 р., матеріал доступний за посиланням: http://www3.weforum.org/docs/Top_10_Emerging_Urban_Innovations_report_2010_2010.pdf.
 22. Домашня сторінка Agder Energi, переглянуто у грудні 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.ae.no/konsernet/om/english/>.
 23. DNV GL, «Застосовуємо інтелектуальний підхід до відновлюваних джерел енергії: переваги, ризики і майбутнє штучного інтелекту у сфері сонячної та вітрової енергетики» («Making Renewables Smarter: The benefits, risks, and future of artificial intelligence in solar and wind»), 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.dnvgl.com/publications/making-renewables-smarter-104362>.
 24. PwC, «Четверта промислова революція заради Землі: використання четвертої промислової революції у нових сталих містах» («Fourth Industrial Revolution for the Earth Harnessing the 4th Industrial Revolution for Sustainable Emerging Cities»), листопад 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.pwc.com/gx/en/sustainability/assets/4ir-for-the-earth.pdf>.
 25. Домашня сторінка JTC, переглянуто у грудні 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <http://www.jtc.gov.sg/Pages/default.aspx>.
 26. AI.Business, «Машинне навчання та енергоефективний дизайн будівель» («Machine learning and energy efficient building design»), березень 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <http://ai.business/2017/03/23/machine-learning-and-energy-efficient-building-design/>.
 27. Nexar, переглянуто у грудні 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.getnexas.com/>.
 28. Waze, переглянуто у грудні 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.waze.com/en-GB/>.
 29. PwC, «Четверта промислова революція заради Землі: використання четвертої промислової революції у нових сталих містах» («Fourth Industrial Revolution for the Earth Harnessing the 4th Industrial Revolution for Sustainable Emerging Cities»), листопад 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.pwc.com/gx/en/sustainability/assets/4ir-for-the-earth.pdf>.
 30. WEF, «Революція безпілотних автомобілів» («The driverless car revolution»), матеріал доступний за посиланням: <http://reports.weforum.org/digital-transformation/the-driverless-car-revolution/>.
 31. «Осмищення/Що означатимуть автономні автомобілі для сталого розвитку?», Дж. Парк (Park, J., «Sensemaking/What will autonomous vehicles mean for sustainability?»), Futures Centre, лютий 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://thefuturescentre.org/articles/11010/what-will-autonomous-vehicles-mean-sustainability>.
 32. PlanetWatchers, переглянуто у грудні 2017 р., <http://planetwatchers.com/>.
 33. Blue River Technology, переглянуто у грудні 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <http://www.bluerivertechnology.com/>.
 34. «Як високотехнологічна компанія використовує штучний інтелект для захисту слонів від браконьєрів», С. Лазаро (Lazzaro, S., «How a Tech Company Is Using Artificial Intelligence to Save Elephants From Poaching»), 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <http://observer.com/2017/05/artificial-intelligence-can-stop-elephant-rhino-poaching-in-africa/>.
 35. Всесвітній економічний форум, «Використання Четвертої промислової революції для блага океанів» («Harnessing the Fourth Industrial Revolution for Oceans»), листопад 2017 р., матеріал доступний за посиланням: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Harnessing_4IR_Oceans.pdf.
 36. Global Fishing Watch, переглянуто у грудні 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <http://globalfishingwatch.org/>.
 37. INTEL, «Parley Snotbot і технології штучного інтелекту Intel стали частиною місії з захисту світових океанів» («Parley 'Snotbots' and Intel AI technology part of a mission to protect the world's oceans»), червень 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://newsroom.intel.com/news/snotbots-intel-ai-technology-part-mission-save-worlds-oceans/>.
 38. «3 способи порятунку ситуації за допомогою штучного інтелекту», Е. Біба (Biba, E., «3 ways artificial intelligence will save the day»), GreenBiz, червень 2016 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.greenbiz.com/article/artificial-intelligence-knight-shining-armor>.
 39. Ініціатива X Prize Ocean , переглянуто у грудні 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.xprize.org/oceaninitiative>.
 40. Valor Water Analytics, огляд продуктів Valor, переглянуто у грудні 2017 р., матеріал доступний за посиланням <https://www.valorwater.com/solutions-overview/>.
 41. «Використання машинного навчання для оцінки потреб в оновленні інфраструктури та розумних і життєздатних міст», Л. Стенстедт (Stenstedt, L., «Using Machine Learning To Assess Infrastructure Replacement Needs, Smart and Resilient Cities»), жовтень 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.smartresilient.com/using-machine-learning-assess-infrastructure-replacement-needs>.
 42. «Як математики Чикаго борються з протіканнями води у Сірак'юс», Д. Бруно (Bruno, D., «How Mathematicians in Chicago Are Stopping Water Leaks in Syracuse»), журнал Politico, квітень 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.politico.com/magazine/story/2017/04/20/syracuse-infrastructure-water-system-pipe-breaks-215054>.
 43. Water Planet, «Кевін Костнер і Water Planet об'єднують зусилля для забезпечення повторного використання води за допомогою продуктів Smart Membrane», прес-реліз Newswire, березень 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.prnewswire.com/news-releases/kevin-costner-water-planet-team-up-to-advance-sustainable-water-reuse-with-smart-membrane-products-300427906.html>.
 44. «Використання методів машинного навчання у поєднанні з вейвлет-перетворенням для прогнозування посух на підставі гібридних метеорологічних даних та результатів дистанційного зондування», Р. Тан, М. Перковські (Tan, R. Perkowski, M., «Wavelet-Coupled Machine Learning Methods for Drought Forecast Utilizing Hybrid Meteorological and Remotely-Sensed Data»), міжнародна конференція Data Mining, матеріал доступний за посиланням: <http://worldcomp-proceedings.com/proc/p2015/DMI8051.pdf>.
 45. ARCADYA, відвідано у грудні 2017 р., матеріал доступний за посиланням <http://www.arcadya.io/>.
 46. «Штучний інтелект сканує зображення і оцінює рівень забрудненості міського повітря на підставі безлічі фотознімків», А. Руткін (Rutkin, A., «Pic-scanning AI estimates city air pollution from mass of photos»), New Scientist, лютий 2016 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.newscientist.com/article/2076562-pic-scanning-ai-estimates-city-air-pollution-from-mass-of-photos/>.
 47. «Штучний інтелект, великі дані та забруднення повітря: поєднання можливостей фізичних моделей і штучного інтелекту для прогнозування рівнів забруднення повітря у Пекіні і не тільки», Л. Латурсон (Laurson, L., «AI and Big Data vs. Air Pollution Physics simulations and AI combine to give pollution forecasts to city dwellers in Beijing and beyond»), 2016 р., IEEE Spectrum, матеріал доступний

- за посиланням: <https://docs.google.com/document/d/12q8oNk0l8ei67VGaUsud00NXcBukUEhMEhs6NxxF8bU/edit>.
48. IBM, 2017 р., проєкт Green Horizons, «Використання потужностей когнітивних обчислень та Інтернету речей для боротьби з забрудненням і зміною клімату» («Harnessing the power of cognitive computing and IoT to help fight pollution and climate change»), матеріал доступний за посиланням: <http://www.research.ibm.com/green-horizons/#fbid=dQJLQ99TYMS>.
 49. «Штучний інтелект, великі дані і забруднення повітря», Лукас Лаурсен (Laursen, Lucas, «AI and Big Data vs. Air Pollution»), IEEE Spectrum, 2016 р., матеріал доступний за посиланням: <https://spectrum.ieee.org/energy/environment/ai-and-big-data-vs-air-pollution>.
 50. Ньюкаслський університет, «Рух у режимі стоп-старт у центрах міст призводить до зростання рівня забруднення» («Stop-start driving in city centres creates higher pollution levels»), грудень 2014 р., матеріал доступний за посиланням: <http://www.ncl.ac.uk/press/news/legacy/2014/12/stop-startdrivingincitycentrescreateshigherpollutionlevels.html>.
 51. OECD, «Впровадження інновацій в урядових структурах: глобальні тенденції — практичний приклад PetaBencana.id» («Embracing Innovation in Government: Global Trends — Case Study PetaBencana.id»), матеріал доступний за посиланням: <https://www.oecd.org/gov/innovative-government/embracing-innovation-in-government-indonesia.pdf>.
 52. «Швидка класифікація пов'язаних з кризовими ситуаціями даних із соціальних мереж з використанням нейронних мереж на базі алгоритмів згортання», Д.Т. Нгуєн, А. Маннай, С. Джоті, Х. Саджад, М. Імран, П. Мітра, Катарський інститут комп'ютерних досліджень (Nguyen, D.T., Mannai, A. Joty, S. Sajjad, H. Imran, M. Mitra, P., «Rapid Classification of Crisis-Related Data on Social Networks using Convolutional Neural Networks»), 2016 р., НВКУ, Катар.
 53. Домашня сторінка The Yield, переглянуто у грудні 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.theyield.com/our-company/the-yield-story>.
 54. «Штучний інтелект може призвести до революції у сфері стихійних лих», С. МакЛахлін, Д. Ларіно (McLaughlin, S. Larino, D., «Artificial Intelligence May Revolutionize Natural Disasters»), вересень 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://cee.engineering.uiowa.edu/news/artificial-intelligence-may-revolutionize-natural-disasters>.
 55. Домашня сторінка Blue River, переглянуто у грудні 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <http://www.bluerivertechnology.com/>.
 56. «Використання штучного інтелекту для прогнозування погоди в інтересах роздрібною торгівлі, сільського господарства, для прогнозування стихійних лих і не тільки», Дж. Уолкер (Walker, J., «AI for Weather Forecasting — In Retail, Agriculture, Disaster Prediction, and More»), Techemergence, жовтень 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.techemergence.com/ai-for-weather-forecasting>.
 57. «Сільськогосподарські безпілотники: відносно недорогі безпілотні апарати з досконалими датчиками та можливістю фото-/відеозйомки відкривають перед фермерами нові шляхи для збільшення врожайності та зменшення пошкодження посівів», С. Андерсон (Anderson, C., «Agricultural Drones: Relatively Cheap Drones with Advanced Sensors and Imaging Capabilities Are Giving Farmers New Ways to Increase Yields and Reduce Crop Damage»), MIT Technology Review, матеріал доступний за посиланням: <https://www.technologyreview.com/s/526491/agricultural-drones/>.
 58. «Кліматична інформатика, інтелектуальний комп'ютерний аналіз даних задля сталого розвитку, серія "Видобування даних і пошук знань"», С. Монтелеоні, Дж. А. Шмідт, Ф. Александер, А. Нікулеску-Мізіл, К. Стейнхейзер, М. Тіппет, А. Банерджи, М.Б. Блюменталь, А.Р. Гангулі, Дж.Е. Смердон, М. Тедеско (Monteleoni, C., Schmidt, G.A., Alexander, F., Niculescu-Mizil, A., Steinhäuser, K., Tippet, M., Banerjee, A., Blumenthal, M.B., Ganguly, A.R., Smerdon, J.E., Tedesco, M., «Climate Informatics, Computational Intelligent Data Analysis for Sustainable Development»; «Data Mining and Knowledge Discovery» Series), 2013 р., матеріал доступний за посиланням: <http://faculty.cs.gwu.edu/~cmontel/ciBookChapter.pdf>.
 59. «Як машинне навчання може поліпшити прогнози клімату», Н. Джоунс (Jones, N., «How Machine Learning Could Help to Improve Climate Forecasts»), Nature, матеріал доступний за посиланням: <http://www.nature.com/news/how-machine-learning-could-help-to-improve-climate-forecasts-1.22503>.
 60. Нова ініціатива під назвою «Data 4 Natural Disaster Preparedness Alliance» досліджує можливості для угод нових типів, що сприятимуть зменшенню спільних ризиків, є відкритими, розподіленими, адаптивними, інклюзивними і створені для сприяння впровадженню цього кардинального чинника.
 61. Блог Deepmind, «Штучний інтелект Deepmind зменшує витрати дата-центру Google на охолодження на 40 %» («DeepMind AI Reduces Google Data Centre Cooling Bill by 40%»), липень 2016 р., матеріал доступний за посиланням: <https://deepmind.com/blog/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-40/>.
 62. Всесвітній економічний форум (прес-реліз), «Зобов'язання щодо припинення нелегального вилову тунця та пов'язаного з цим використання примусової праці у відкритому морі до 2020 р.» («Pledge to Stop Illegal Tuna Fishing and Related Forced Labour on the High Seas by 2020»), червень 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.weforum.org/press/2017/06/pledge-to-stop-illegal-tuna-fishing-and-related-forced-labour-on-the-high-seas-by-2020/>.
 63. Ініціатива «Amazon Third Way», переглянуто у грудні 2017 р.
 64. Всесвітній економічний форум, <https://www.youtube.com/watch?v=SU5JP0-RXPs>; та Всесвітній економічний форум, «Надиханий природою дизайн: як Амазонка може допомогти нам у вирішенні найбільших проблем людства» («How the Amazon Can Help Us Solve Humanity's Greatest Challenges»), червень 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.weforum.org/agenda/2017/06/bio-inspired-design-amazon-technology/>.
 65. Веб-сайт ініціативи Copernicus, переглянуто у грудні 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <http://www.copernicus.eu/>.
 66. Planet Labs, «Моніторинг з середньою роздільною здатністю» («Medium Resolution Monitoring»), переглянуто у грудні 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://www.planet.com/products/monitoring/>.
 67. Проєкт «Data for Climate Action», переглянуто у грудні 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <http://www.dataforclimateaction.org/>. Зокрема, зверніть увагу на переможців тематичної премії у номінації «Прогнозування та зменшення рівня затоплення доріг для протидії змінам клімату» («Predicting and Alleviating Road Flooding for Climate Mitigation»).
 68. Інститут майбутнього життя, «Роботи-вбивці: провідні компанії світу у сфері штучного інтелекту та робототехніки закликають Організацію Об'єднаних Націй заборонити автономні системи озброєння летальної дії» («Killer Robots: World's Top AI and Robotics Companies Urge United Nations to Ban Lethal Autonomous Weapons»), серпень 2017 р., матеріал доступний за посиланням: <https://futureoflife.org/2017/08/20/killer-robots-worlds-top-ai-robotics-companies-urge-united-nations-ban-lethal-autonomous-weapons/>.
 69. Дослідження економіки Goldman Sachs, «За даними Goldman Sachs, через безпілотні автомобілі професійні водії Америки можуть втрачати до 25 000 робочих місць на місяць» (Goldman Sachs Economic Research, «Self-Driving Cars Could Cost America's Professional Drivers up to 25,000 Jobs a Month, Goldman Sachs Says»), опубліковано в статті CNBC, матеріал доступний за посиланням: <https://www.cnbc.com/2017/05/22/goldman-sachs-analysis-of-autonomous-vehicle-job-loss.html>.

70. «Четверта промислова революція, 2016: ключові моменти етики даних», Клаус Шваб (Schwab, Klaus, «The Fourth Industrial Revolution, 2016: highlights on data ethics».
71. «Партнерство у сфері ШІ» («Partnership on AI»), матеріал доступний за посиланням: <https://www.partnershiponai.org/>.
72. «Приклад технологічних інвестицій у навколишнє середовище», Лукас Н. Джоппа (Joppa, Lucas N., «The Case for Technology Investments in the Environment»), Nature, матеріал доступний за посиланням: <https://www.nature.com/articles/d41586-017-08675-7>.
73. «Використання штучного інтелекту для блага Землі може змінити правила гри на нашій планеті», Бред Сміт (Smith, Brad, «AI for Earth Can Be Game-Changer for Our Planet»), Microsoft, матеріал доступний за посиланням: <https://blogs.microsoft.com/on-the-issues/2017/12/11/ai-for-earth-can-be-a-game-changer-for-our-planet/>.

www.pwc.com

PwC прагне зміцнювати рівень довіри у суспільстві та вирішувати важливі проблеми. Мережа фірм PwC працює в 158 країнах, де більш ніж 236 000 фахівців надають аудиторські, податкові та консалтингові послуги найвищої якості. Ви можете висловити свої побажання та отримати більш детальну інформацію на сайті www.pwc.com.

© PwC, 2018. Всі права захищені. PwC — це фірма-учасник/фірми-учасники мережі PwC, а в деяких випадках міжнародна мережа PwC. Кожна фірма мережі є самостійною юридичною особою. Більш детальну інформацію можна знайти на веб-сторінці www.pwc.com/structure. Вміст цього документу представлений виключно для інформаційних цілей. Не слід використовувати його замість консультацій з професійними радниками.