

Шифр: Builder of the Future

**Інноваційність використання технології глибокого навчання у
контрольно-вимірювальному приладі будівельного спрямування «Builder
of the Future»**

Зміст

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ВИВЧЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА ЙОГО СКЛАДОВИХ	6
1.1. Поняття штучного інтелекту, машинного та глибокого навчання, нейромереж	6
1.2. Переваги згорткової нейромережі	13
1.3. Особливості генеративно-змагальної нейромережі	16
Висновки до першого розділу	18
РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ У МОДЕЛІ КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПРИЛАДУ	20
2.1. Передумови та перспективи впровадження проекту	20
2.2. Бізнес-план впровадження та реалізації проекту, враховуючи фінансову, конкурентну та ринкову складові	24
Висновки до другого розділу	27
ВИСНОВКИ	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:	33
ДОДАТКИ	35

ВСТУП

На сьогоднішній день технологія глибокого навчання використовується для вирішення багатьох різноманітних важливих задач: від діагностичних процесів у медицині до цифрових помічників у наших смартфонах.

Сміливо можна сказати, що ера штучного інтелекту тільки починається і зараз потребує рішучої ініціативи у спектрі її використання та готовності до змін, яких в будь-якому випадку не минути. Штучний інтелект стане більше, ніж просто помічником, він зможе відповісти на будь-яке ваше запитання, допоможе виховати дітей або провести весело час. В той же час штучний інтелект прослідкує за вашим станом здоров'я та надасть відповідні рекомендації задля його покращення, зможе замовити і доставити продукти з пункту А в пункт Б в будь-який момент часу.

Такі інновації змінять життя звичайної людини, що призведе до збільшення інформаційного простору та еволюції розвитку людини, але все це вимагає значних зусиль від великої кількості спеціалістів з області дослідження та розробки штучного інтелекту.

Актуальність зумовлена тим, що в останні роки дослідження в області штучного інтелекту просуваються достатньо швидко та ефективно, завдяки високому рівню зацікавленості та відповідному фінансуванню. Але, не зважаючи на високі темпи досліджень, практичне застосування знаходять лише деякі сфери, зокрема недостатньо впроваджені у сфері будівництва. Штучний інтелект ще не захопив центральну позицію у нашому житті, але в той же час став гарним його доповненням.

Дослідження штучного інтелекту знаходилось і залишається в центрі уваги науковців: зарубіжних – С. Manning, F. Chollet, A. Gulli, S. Pal, S. Russell, P. Norvig; вітчизняних – О. Івахненко, В. Панькін, Н. Костюкова, Ю. Долгоп'ятова, І. Скурихін. Вони займались питаннями систематизації та впровадження штучного інтелекту, зокрема машинного та глибокого навчання в теорії та на практиці.

Наукова новизна полягає у створенні авторської розробки - контрольно-виміральної системи на базі глибокого навчання, що допоможе замінити старі технології будівництва та, у комплексі з працею людей, підвищить якість виконання роботи за менші проміжки часу. А також у впровадженні нового погляду на генеративно-змагальні нейромережі, які здатні доповнювати творчі роботи у відповідності до оптимальних затрат.

Об'єкт дослідження: теоретичні засади технології штучного інтелекту, зокрема глибокого навчання, особливості їх створення.

Предмет дослідження: контрольно-вимірвальний прилад з використанням технології глибокого навчання.

Мета дослідження: розробити модель контрольно-вимірального приладу з використанням технології глибокого навчання.

Для досягнення мети дослідження були поставлені такі **завдання:**

1. Визначити поняття штучного інтелекту, машинного та глибокого навчання, нейромереж.
2. Виявити переваги згорткової нейромережі.
3. Проаналізувати особливості генеративно-змагальної нейромережі.
4. Визначити передумови та перспективи впровадження проекту.
5. Розробити бізнес-план впровадження та реалізації проекту, враховуючи фінансову, конкурентну та ринкову складові.

Методи дослідження: під час роботи буде використана теорія нейронних мереж глибокого навчання для розкриття нових можливостей в ефективному аналізі великих обсягів неструктурованих даних; математичної статистики, що надасть можливість вивести оцінки характеристик випадкової величини, зокрема числові характеристики, характеристики розподілу, характеристики взаємозв'язку; методи аналізу; систематизації; класифікації та узагальнення; метод компаративістики; комп'ютерний експеримент як метод дослідження моделі об'єкта з використанням комп'ютерного моделювання.

Теоретичне значення: дослідження технології глибокого навчання в будівельній сфері, створення інноваційної технології на заміну старим, що

мають дуже низький показник оновлюваності і значні похибки показників при вимірюванні.

Практичне значення: застосування результатів дослідження для використання у будівництві, дослідженнях технології глибокого навчання та у навчальному процесі – на лекціях, в статтях, дипломних роботах, та в життєвій практиці.

Апробація: представлення результатів дослідження зайняло 1-ше місце у стартап-конкурсі інноваційних ідей «Інновації в будівництві та архітектурі» Київського національного університету будівництва і архітектури (КНУБА) 22.11.2019 у м. Києві.

Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених «BUILD-MASTER-CLASS-2019» (27-29 листопада 2019, КНУБА, м. Київ) [3];

Теоретична частина роботи впроваджена у 2019 р., КНУБА, при викладанні дисциплін «Прикладне та Web-програмування» та «Об'єктно орієнтованого програмування».

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ВИВЧЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА ЙОГО СКЛАДОВИХ

1.1. Поняття штучного інтелекту, машинного та глибокого навчання, нейромереж

Штучний інтелект можна охарактеризувати як автоматизацію інтелектуальних задач, які зазвичай виконує людина. В той же час, штучний інтелект – це величезний масив, який охоплює машинне навчання та технологію глибокого навчання (рис. 1.1.), а також включає в себе багато підходів, не пов'язаних із навчанням.



Рис. 1.1. Ієрархія штучного інтелекту

Існує безліч досліджень [9, с. 26-28] штучного інтелекту, які присвячені «когнітивним здібностям» машин: навчанню певній поведінці, попереджувальній взаємодії з навколишнім середовищем, здібності до логічного виводу і дедукції, комп'ютерному зору, розпізнаванню мови, розв'язанню задач, уявленню знань, сприйняттю дійсності тощо.

Менш формально під штучним інтелектом мають на увазі будь-яку ситуацію, в якій машина імітує інтелектуальну поведінку. Штучний інтелект запозичує методи дослідження з інформатики, математики та статистики.

Для машинного навчання характерно те, що система має можливість навчатися без постійного втручання у її програмний код [1]. Системі надається велика кількість прикладів, які мають відношення до необхідної задачі, а вона

знаходить в цих прикладах статистичну структуру, яка дозволяє системі зробити певні висновки – виробити правила для автоматичного вирішення задачі. Наприклад, для автоматизації задачі виокремлення фотографій, які зроблені на будівельному майданчику №1 можна передати системі машинного навчання велику кількість прикладів фотографій, які людина зробила власноруч і класифікувала їх, як фотографії зроблені на будівельних майданчиках №1 (істинні) та №2 (хибні) окремо, а система вивчить цей набір даних (Data-set) та зможе у майбутньому самостійно виокремлювати фотографії, які будуть зроблені на цьому об'єкті. Модель роботи машинного навчання представлена на рис. 1.2.

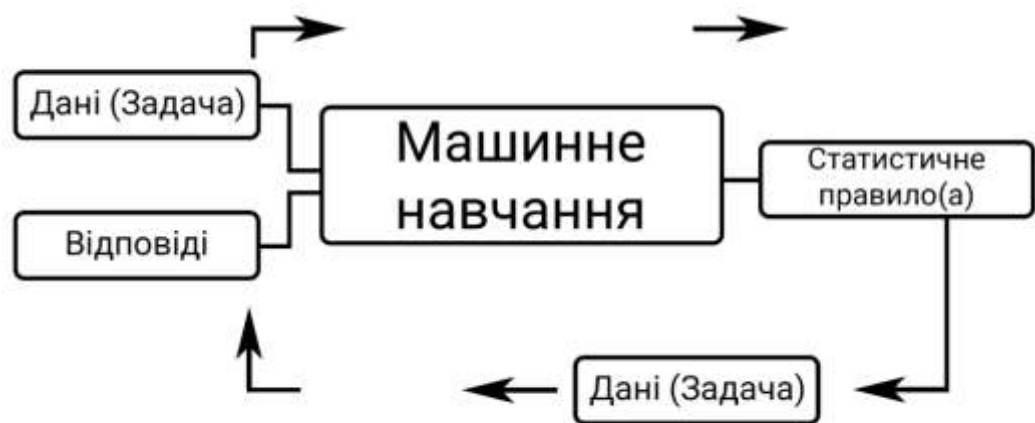


Рис. 1.2. Модель роботи машинного навчання

Тобто технічне машинне навчання – це просто пошук певного вигляду вхідних даних в заздалегідь сформованому середовищі можливих відповідей з використанням сигналу зворотного зв'язку. Ця проста ідея може використовуватися для вирішення великого спектру інтелектуальних завдань, але має чіткі рамки, які задаються програмістом.

Глибоке навчання – це справжнє «цунамі» [7] в області машинного навчання, в тому сенсі, що невелика кількість методів з величезним успіхом перевершила дослідження попередників і використовується в самих різноманітних сферах (обробка зображень, тексту, відео, мови, комп'ютерний зір). Глибоке навчання має певну послідовність шарів. Кількість шарів, на які поділяється модель даних, називають глибиною моделі [2, с. 31].

Сучасне глибоке навчання має на увазі використання десятків і навіть сотень послідовних шарів, які автоматично визначаються під впливом навчальних даних.

У глибокому навчанні багатошарові уявлення вивчаються з використання моделей нейронних мереж (рис. 1.3.), структурованих у вигляді шарів та накладених одна на одну [13].

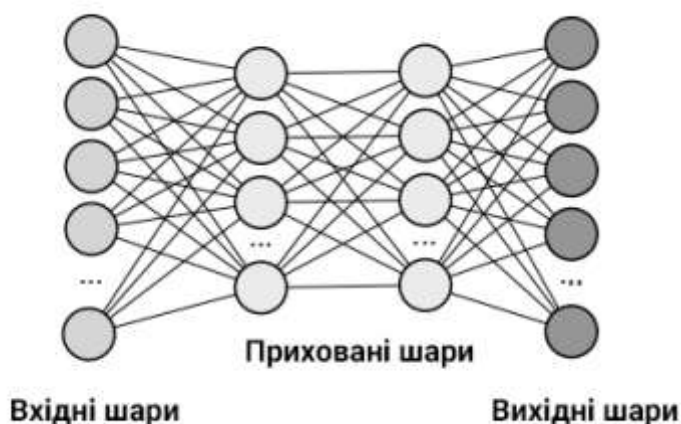


Рис. 1.3. Модель нейромережі, яка складається з вхідних, прихованих та вихідних шарів

Алгоритм глибокого навчання [16] можна уявити як мережу, яка має декілька шарів в глибину та перетворює зображення в «цифри» для її розпізнавання.

Глибоку мережу можна розглядати як багатоетапну операцію фільтрування інформації, в результаті якої ми отримуємо інформацію в очищеному вигляді, тобто у вигляді, придатному для вирішення нашої задачі.

Отже, можна сказати, що глибоке навчання [5] – це математична основа для вивчення певних даних.

Для представлення даних у нейромережі використовуються тензори, розуміння яких дає нам змогу в подальшому провести розрахунки. Тензор – це контейнер для даних, який майже завжди призначений для чисел [8, с. 5]. Матриці – є двовимірним тензором. Тензори – це узагальнення матриць з довільною кількістю вимірів (осей). Розглянемо якими бувають тензори:

- 1) Скаляри (тензор 0-го рангу) - тензор, який містить одне число.

У Numpy число типу *float32* або *float64* — це скалярний тензор. Визначити кількість осей тензора Numpy можна за допомогою атрибута *ndim*; скалярний тензор має 0 осей (*ndim == 0*). Кількість осей тензору також називають його рангом. Приклад скаляра в Numpy:

```
>>> import numpy as np
>>> x = np.array(12)
>>> x
array(12)
>>> x.ndim
0
```

2) Вектори (тензор 1-го рангу) - одновимірний масив чисел. Тензор першого рангу має єдину вісь. Приклад вектору в Numpy:

```
>>> x = np.array([12, 3, 6, 14])
>>> x
array([12, 3, 6, 14])
>>> x.ndim
1
```

Цей вектор складається з 5-ти елементів, і тому називається п'ятивимірним вектором.

Важливо відмітити, що п'ятивимірний вектор не одне й теж саме, що п'ятивимірний тензор. П'ятивимірний вектор має тільки одну вісь і п'ять значень на цій осі, тоді як п'ятивимірний тензор має п'ять осей (може мати будь-яку кількість значень на кожному з них).

3) Матриця (Тензор 2-го рангу) або двовимірний тензор - масив векторів. Матриця має дві осі (часто їх називають рядками та стовпцями). Матрицю можна подати як прямокутну таблицю з числами. Приклад матриці в Numpy:

```
>>> x = np.array([[5, 78, 2, 34, 0],
                  [6, 79, 3, 35, 1],
                  [7, 80, 4, 36, 2]])
>>> x.ndim
2
```

Елементи на першій осі називають рядками, а на другій – стовпцями. В прикладі $[6, 79, 3, 35, 1]$ — це другий рядок матриці x , а $[78, 79, 80]$ — її другий стовпець.

- 4) Тензори 3-го і вищого рангів. Якщо укомплектувати такі матриці в новий масив, ми отримаємо трьохвимірний тензор, який можна уявити як числовий куб. Приклад трьохвимірного тензору в NumPy:

```
>>> x = np.array([[5, 78, 2, 34, 0],
                  [6, 79, 3, 35, 1],
                  [7, 80, 4, 36, 2]],
                 [[5, 78, 2, 34, 0],
                  [6, 79, 3, 35, 1],
                  [7, 80, 4, 36, 2]],
                 [[5, 78, 2, 34, 0],
                  [6, 79, 3, 35, 1],
                  [7, 80, 4, 36, 2]])

>>> x.ndim
3
```

Укомплектування трьохвимірного тензору в масив може створити чотирьохвимірний тензор тощо.

У глибокому навчанні частіше використовують тензори від нульового рангу до чотирьохвимірного, але іноді, наприклад, при обробці відеоданих діло може дійти й до п'ятивимірних тензорів [4].

Тензор визначається трьома ключовими атрибутами:

- 1) Кількість осей (ранг) – наприклад, одновимірний тензор має єдину вісь, а матриця – дві. У бібліотеках для Python, таких як NumPy, цей атрибут тензорів має ім'я *ndim*.
- 2) Форма – послідовність цілих чисел, які описують кількість вимірів на кожній осі тензора. Наприклад, матриця у попередньому прикладі має форму $(3, 5)$, а трьохвимірний тензор має форму $(3, 3, 5)$. Вектор завжди має форму з єдиним елементом, наприклад $(5,)$, тоді як скаляр має пусту форму $()$.

3) Тип даних (зазвичай у бібліотеках для Python має ім'я *dtype*) – це тип даних, який міститься в тензорі; наприклад, тензор може мати тип *float32*, *uint8*, *float64* та інші [2, с. 57]. За деяких умов можна побачити тензор типу *char*.

Приклади тензорів з даними:

- Векторні дані – двовимірні тензори з формою (зразки, ознаки);
- Тимчасові ряди або послідовності – трьохвимірні тензори з формою (зразки, мітки_часу, ознаки);
- Зображення – чотирьохвимірні тензори з формою (зразки, висота, ширина, колір) або з формою (зразки, колір, висотка, ширина);
- Відео – п'ятивимірний тензор з формою (зразки, кадри, висота, ширина, колір) або з формою (зразки, кадри, колір, висота, ширина).

Векторні дані – найбільш часто використовувана форма даних. В таких наборах кожен зразок може бути представлений вектором, а пакет, відповідно, двовимірним тензором (тобто масивом векторів), де перша вісь – це вісь зразків, а друга – вісь ознак.

Приклад. Необхідно створити набір даних з інформацією про кількість будівельних приладів, де для кожного вказують назву, час експлуатації та місцезнаходження. Кожний прилад характеризується вектором з трьома значеннями, відповідно, весь набір даних, який описує 150 000 приладів, можна зберегти у двовимірному тензорі з формою $(150000, 3)$.

Зважаючи на економію пам'яті майбутнього пристрою, доцільно розглянути варіант використання чорно-білих зображень, на які відводиться лише один канал кольору. Відповідно, пакет із 128 чорно-білими зображеннями, який має розмір 256×256 , можна зберегти у тензорі з формою $(128, 256, 256, 1)$, а пакет з 128 кольоровими зображеннями – у тензорі з формою $(128, 256, 256, 3)$. Різні бібліотеки можуть відводити різні осі для кольорової осі. Наприклад, форми $(128, 1, 256, 256)$ та $(128, 3, 256, 256)$.

А також можливість використання у приладі відеоданих – одного з небагатьох типів даних, для збереження якого потрібні п’ятимірні тензори. Відео можна представити як послідовність кадрів, де кожен кадр – кольорове зображення. Його (кадр) можна зберегти у трьохвимірному тензорі (висота, ширина, колір), відповідно, їх послідовність можна зберегти у чотирьохвимірному тензорі (кадри, висота, ширина, колір), а пакет різних відеороликів – в п’ятимірному тензорі з формою (зразки, кадри, висота, ширина, колір).

Наприклад, для нашого проекту необхідно вирахувати кількість пам’яті, яку потребує 30-секундний відеокліп з розширенням 1920×1080 і частотою 60 кадрів у секунду - буде складатися з 1800 кадрів. Для збереження пакету з 4-х таких кліпів необхідний тензор з формою $(4, 1800, 1920, 1080, 3)$.

Якщо зробити припущення, що *dtype* тензора визначений як *float32*, тоді для збереження кожного значення знадобиться 32 біта, тобто для збереження усього тензору – 17,9 ГБ.

$$S_t = (n * h * w * t * f * c) * dtype,$$

$$S_t = (4 * 1080 * 1920 * 30 * 60 * 3) * 32 = 1,43 * 10^{12} \text{ bit},$$

де S_t – розмір тензору; n – кількість кліпів; h – висота відео; w – ширина відео; t – час відео; f – кількість кадрів; c – каналів кольору.

Основною перевагою глибоко навчання [14] є продуктивність її використання в багатьох задачах. В той же час ця технологія значно спрощує рішення проблем, завдяки повній автоматизації конструювання ознак, що у машинному навчанні є найважливішим кроком та виконувалось людиною особисто.

За методом глибокого навчання усі ознаки виокремлюються за один підхід, без необхідності конструювати їх вручну.

Методика глибокого навчання має дві важливі властивості, що разом роблять глибоке навчання набагато продуктивнішим:

- 1) Вона поетапно, пошарово конструює все більш складні уявлення;

- 2) Узагальнено досліджує проміжні уявлення, завдяки чому кожен шар оновлюється відповідно за потребами уявлення шару вище і потребами шару нижче.

1.2. Переваги згорткової нейромережі

Алгоритми згорткових нейромереж (Convolutional Neural Network) сьогодні використовують для усіх задач (рис. 1.4.), які пов'язані з розпізнаванням образів [10, с. 2].

Основним будівельним блоком нейромережі є шар, модуль обробки даних, який може бути розглянутим як фільтр для даних. Він приймає їх і виводить у більш корисній формі. Зокрема, шари виокремлюють уявлення з наданих у них даних (Data-set).

Фактично, методика глибокого навчання спирається на об'єднання простих шарів, які реалізують певну форму поетапного очищення даних.



Рис. 1.4. Принцип роботи згорткової нейромережі на прикладі папуги

Основна відмінність повнозв'язного шару від згорткового полягає у тому, що шари *Dense* вивчають глобальні шаблони у просторі вхідних ознак, тоді як згорткові шари вивчають локальні шаблони (краї, текстура тощо), на які можна розбити зображення - шаблони у невеликих двовимірних вікнах, взяті зі вхідних даних (рис. 1.5.). Зазвичай ці вікна мають невеликі розміри $[3 \times 3]$, $[5 \times 5]$, $[8 \times 8]$ тощо [3].

Ця ключова характеристика наділяє згорткові нейромережі двома важливими властивостями:

- Шаблони, які вони вивчають, є інваріантними у відношенні переносу.
- Після вивчення певного шаблону у правому нижньому кутку картини згорткова нейромережа зможе розпізнавати її всюди, наприклад, у лівому верхньому кутку. Повнозв'язній мережі довелось би вивчити шаблон повторно, якщо він з'являється в іншому місці.

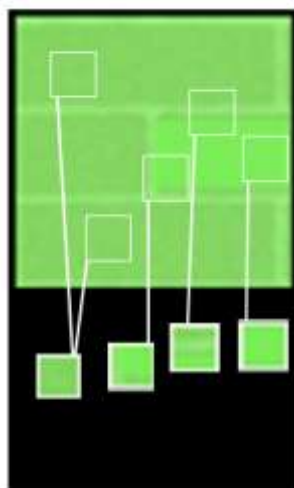


Рис. 1.5. Принцип виокремлення ознак (краї, текстура тощо) згортковою нейромережею

Це підвищує ефективність згорткової нейромережі в задачах обробки зображень (тому що видимий світ по своїй сутності є інваріантним у відношенні переносу): таким мережам необхідно значно менше навчальних зразків для отримання якісних уявлень [6, с. 43-46], що ідеально підходить для нашої моделі контрольно-вимірювального приладу.

Вони можуть вивчати просторові ієрархії шаблонів. Перший згортковий шар буде вивчати невеликі локальні шаблони, такі як краї, другий – більш крупні шаблони, які складаються з певних ознак, та повертаються першим шаром, і т. д. Це дозволяє згортковій нейромережі ефективно вивчати все більш складні і абстрактні візуальні уявлення (тому що видимий світ також є просторово-ієрархічним). Згортка застосовується до трьохвимірних тензорів, які називаються картами ознак, з двома просторовими осями (висота та ширина), а також з віссю глибини (або віссю каналів). Прилад «Builder of the

Future» може бути впровадженим на основі вхідних даних - зображень у форматі RGB (Додаток А) розмірність осі глибини дорівнює 3, тому що має три канали кольору: червоний (red), зелений (green) та синій (blue).

Або ж чорно-білих зображень (Додаток Б), вісь глибини має розмірність 1 (відтінки сірого). Операція згортання відокремлює шаблони від своєї вхідної карти ознак і застосовує однакові перетворення до усіх шаблонів, створюючи вихідну карту ознак. Вона також є трьохвимірним тензором - має ширину та висоту. Її глибина може мати будь-яку розмірність, тому що вихідна глибина є параметром шару, і різні канали на цій осі глибини більше не відповідають конкретним кольорам, як у вхідних даних в форматі RGB, скоріше вони відповідають фільтрам. Фільтри представляють собою конкретні аспекти вхідних даних: на верхньому рівні фільтр може відповідати поняттю «присутність обличчя на вході».

Технології глибокого навчання доцільно використовувати за наявності великого об'єму даних, але в той же час варто пам'ятати, що головною характеристикою глибокого навчання є можливість самостійно знаходити інформативні ознаки в навчальних даних, без конструювання ознак вручну, а цього можна досягти тільки за наявності великого обсягу навчальних прикладів. Це особливо вірно для задач, коли вхідні зразки мають багато вимірів як, наприклад, зображення та відео.

Однак поняття «великий об'єм даних» досить відносно, в першу чергу, стосовно розміру та глибини навчальної моделі. Неможливо навчити згорткову нейромережу рішення складної задачі на декількох десятках зразків, а ось сотнях – цілком можливо, якщо модель невелика і регуляризована, а вирішувана задача проста.

Так як згорткові нейромережі вивчають локальні ознаки [12, с. 20], інваріанті у відношенні переносу, вони володіють високою ефективністю у вирішенні задач розпізнавання.

Навчання згорткової нейромережі з нуля на дуже невеликому наборі зображень може дати досить непогані результати, не дивлячись на відносну нехватку даних, без необхідності конструювати ознаки власноруч.

Моделі глибокого навчання по своїй природі дуже гнучкі: можна навчити модель класифікувати зображення або розпізнавати мову на дуже великому наборі даних і в подальшому використовувати її для вирішення найрізноманітніших задач з невеликими модифікаціями. Зокрема, у розпізнаванні образів, багато задалегідь навчених моделей можна знайти у вільному доступі в мережі Інтернет, що значно спрощує створення власної згорткової нейромережі. На основі цих даних ми побудуємо невеличку згорткову нейромережу, яка буде мати певний набір зображень у форматі JPG з різним розширенням. Цей набір буде складати 10 000 зображень стін та підлог (по 5000 для кожного класу) загальний об'єм 16,9 ГБ (Додаток В). Ми створимо новий набір, розділений на три піднабори: початковий набір з 1000 зразками кожного класу, перевірочний набір з 500 зразками кожного класу і контрольний набір з 500 зразками кожного класу.

Лістинг коду копіювання зображень в навчальний, перевірочний та контрольний каталоги представлений у Додатку Г.

Таким чином, у нас дійсно є 2000 навчальних, 1000 перевірочних та 1000 контрольних зображень. Кожний піднабір містить однакову кількість зразків кожного класу: це збалансована задача бінарної класифікації, відповідно, мірою успіху може слугувати точність класифікації. Цей результат доводить працездатність нашої простої згорткової нейромережі та можливість її подальшого удосконалення.

1.3. Особливості генеративно-змагальної нейромережі

Генеративно-змагальна нейромережа (Generative adversarial network, GAN) – алгоритм машинного навчання, де поєднується дві нейромережі та одночасно працюють два алгоритми «генератор» та «дискриміратор».

Таким чином, генеративно-змагальна нейромережа має можливість створювати образи певної категорії завдяки генератору та розпізнає створений образ за допомогою дискримінатора.

Принцип роботи генеративно-змагальної нейромережі. Для розпізнавання об'єктів використовується вже відома нам згортова нейромережа, яка має достатній набір даних і виконує функцію дискримінатора. Функцію генератора виконує FFNN (Feed Forward Neural Networks) – нейромережа прямого розповсюдження, яка забезпечує формування фрагментів потрібного зображення.

Потенціал штучного інтелекту в імітації ходу людської думки та інших мисленневих процесів простирається далеко за рамки розпізнавання об'єктів і багатьох реактивних задач, як управління автомобілем тощо. Він охоплює також творчу діяльність. Важливо відмітити, що штучний інтелект не передбачає заміну людського інтелекту, радше він вклинюється в наше життя і роботу, таким чином доповнюючи нас.

Художнє мистецтво в значній мірі залежить від розпізнавання образів. Безперечно, створення дуже схожих творчих виробів за алгоритмом важко назвати творчістю. Це проста математична операція, алгоритм не має досвіду людського життя, людських емоцій або нашого практичного досвіду. Він вчиться на досвіді, що неподібний нашому. Це лише наша інтерпретація як глядачів, які надають сенс тому, що генерує модель [2, с. 308-311]. Але у руках талановитого художника, алгоритм може стати керованим інструментом створення наповнених сенсом і геніальних творів.

Прихований простір образів може стати пензликом, який наділить художника новими можливостями і розширить простір його уяви.

Яніс Ксенакіс (Iannis Xenakis), піонер електронної і алгоритмічної музики, прекрасно виразив ту ж саму ідею [11] у 1960-х роках в контексті застосування технології автоматизації до музикальних композицій: «Вільний від стомлюючих обчислень, композитор здатний присвятити себе загальним проблемам, які створює нова музикальна форма. ... За допомогою електронних

комп'ютерів композитор ... натискає кнопки, вводять координати і управляє космічним кораблем, який пливе в просторі звуків, через звукові сузір'я і галактики, які раніше він міг бачити тільки у снах».

Висновки до першого розділу

Отже, в процесі виконання дослідження була представлена загальна модель штучного інтелекту – масиву, що включає до свого складу машинне та глибоке навчання.

- Штучний інтелект – автоматизація інтелектуальних задач, які зазвичай виконуються людиною.
- Машинне навчання – це підрозділ штучного інтелекту, коли система отримує можливість певним чином «навчатися», а не програмується.
- Глибоке навчання – це набір алгоритмів машинного навчання, де робиться акцент на вивченні послідовних шарів більш якісних ознак.
- Нейромережа – це структуровані шари, які накладаються один на інший.

За основу подальшої роботи була обрана технологія глибокого навчання через її доцільність використання при великих об'ємах даних та можливості самостійного пошуку інформаційних ознак в навчальних даних.

З'ясовано, що в подальшому нами будуть використовуватися чотирьохвимірні та п'ятивимірні тензори, у зв'язку з недостатньою інформаційністю векторних даних та тимчасових рядків або послідовностей.

- Тензор – це контейнер, який призначений для даних.
- Зображення – чотирьохвимірні тензори з формою (зразки, висота, ширина, колір).
- Відео – п'ятивимірний тензор з формою (зразки, кадри, висота, ширина, колір).

Розглянута можливість використання чорно-білого кольору для економії місця. Математично досліджений об'єм пам'яті, який може бути задіяним при

збережені чотирьох кольорових відео розширенням 1920x1080, тривалістю 30 секунд кожний та частотою 60 кадрів за секунду. Таким чином ми отримали 17,9 Гб даних, що є досить значним показником розміру.

Для розпізнавання образів запропоновано користування згортковою нейромережею як основним інструментом для класифікацій та розпізнавання об'єктів. Згорткова нейромережа в подальшому отримує data-set (певний набір даних) та зможе видавати корисний результат. Для дослідження ситуації на будівельному майданчику завдяки вхідним даним у вигляді зображень або відео та виводити зображення завдяки встановленому проектору на стіну, підлогу тощо. Ще одною перевагою є те, що згорткова нейромережа може ефективно функціонувати навіть за різкої зміни положень речей у просторі.

Практично була доведена працездатність невеликого прикладу розпізнавання підлог та стін, що дає нам можливість сподіватися на ефективне виконання складніших завдань на будівельних майданчиках.

Дослідження генеративно-змагальної нейромережі виконувалось задля подальшої інтеграції у приладі можливостей доповнювати або раціоналізувати творчі завдання, наприклад облицювання стін різними розписами та малюнками.

- Генеративно-змагальна нейромережа – алгоритм класичного машинного навчання, який здатний генерувати творчі зображення та розпізнавати створений образ.

Під час дослідження була використана мова програмування Python 3.8., бібліотеки та модулі, які є у вільному доступі, а саме: Keras – відкрита нейромережна бібліотека на мові Python; CNTK – нейромережний інструментарій; TensorFlow – безкоштовна платформа з відкритим вихідним кодом для машинного навчання, яка має всеосяжну, гнучку систему інструментів та бібліотек; Theano – відкрита бібліотека Python, яка дозволяє ефективно визначати, оптимізувати і оцінювати математичні вирази, що включають багатовимірні масиви; NumPy – набір інструментів для багатовимірних обчислень на Python.

РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ У МОДЕЛІ КОНТРОЛЬНО- ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПРИЛАДУ

2.1. Передумови та перспективи впровадження проекту

Створення приладу, перш за все, передбачає вирішення наступних задач: який вигляд будуть мати вхідні дані? Що потрібно спрогнозувати? Чи можливо навчити мережу прогнозувати що-небудь тільки за наявності тренувальних даних? До якого типу відноситься задача, яка стоїть перед нами?

Виконаний детальний аналіз перелічених запитань надає змогу надати конкретні відповіді:

Контрольно-вимірювальний прилад буде отримувати інформацію у вигляді кольорових або чорно-білих зображень або послідовностей зображень (відео), завдяки вбудованому у пристрій об'єктиву та допоміжних датчиків (ультрафіолетового, інфрачервоного тощо). Також в подальшому можлива реалізація завдяки звуковим хвилям. Прилад має певний спектр завдань, які спираються на необхідність проаналізувати наявний стан об'єкту, зокрема рівність, симетричне розташування, та вивести зображення у відповідності генеральному плану, наявності порожнин чи інших дефектів при виконанні завдання. На основі цих даних прилад матиме змогу спрогнозувати термін експлуатації об'єкта та рівень його безпечного використання. В подальшому є перспективи введення нового стандарту якості, який буде базуватися на розрахунках нашого приладу. Згортова неймережа, яка буде використовуватися в нашому приладі перший час буде використовувати тренувальні дані, але з часом сформує власний набір даних, який буде знаходитися на хмарному сховку, та до якого матимуть доступ усі моделі даного приладу. Таким чином, кожен прилад зможе передати свій досвід наступному. Перед нами постають такі типи задач: класифікація образів, завдяки якій ми зможемо відрізнити дефекти, порожнини від нормального стану; оптимізація даних, завдяки якій ми зможемо вираховувати максимально раціональні підходи до виконання завдань та використання будівельних

ресурсів; передбачення, завдяки якому ми матимемо інформацію про можливі невідповідності при виконанні роботи та, в подальшому, термін експлуатації об'єкту; генерації, завдяки якій ми зможемо виводити унікальні та оптимальні за затратами ресурсів відносно стійкості та якості зображення для подальшої їх обробки майстром.

Ідентифікація типу задачі виділить вибір архітектури моделі, функції втрат і т. п. Не виконавши цей пункт, не знаючи, які дані будуть надходити на вхід і що повинні отримати на виході ми не зможемо перейти до наступного етапу.

Поки в нас нема робочої моделі – це все лише гіпотези, які очікують підтвердження або спростування. Не всі задачі мають вирішення.

Варто пам'ятати, що машинне навчання можна використовувати тільки для запам'ятовування шаблонів, які присутні в тренувальних даних. Модель зможе розпізнати тільки те, що побачила раніше. Використання моделей, які навчені у минулому та призначені для прогнозування майбутнього можливе, тільки якщо майбутнє буде вести себе так само, як і минуле. Що в дійсності зустрічається дуже рідко.

Щоб тримати ситуацію під контролем, необхідно мати можливість спостерігати за нею. Щоб досягти успіху, потрібно визначити, що ми розуміємо під успіхом? – близькість, точність, повнота? Утримання клієнтів? В нашому випадку успіхом є наближення до максимального показника якості виконання будівельних робіт, зокрема максимальна якість та безпека експлуатації об'єкта протягом тривалого часу.

Вибір протоколу оцінювання. Після формулювання цілі необхідно також конкретизувати, як визначати рух до неї?

Вірогідніше за все, в нашому приладі буде використовуватися протокол оцінювання виділення з загальної вибірки окремого перевірконого набору (цей спосіб добре підходить за наявності великого об'єму даних), через його співвідношення простоти використання та ефективності результатів.

Головна інноваційна ідея полягає у створенні багатоцільового контрольно-вимірювального приладу (Додаток Г) з використанням світлового маркеру (проектору) та штучним інтелектом “Builder of the future”.

Дана програма забезпечить вимірювання рівності (рис. 2.1.) та нахилу поверхні (стін, стелі, підлоги, укосів). Забезпечить ідеально рівне та симетричне маркування за допомогою розподілення світла проектором.

Для нашого проекту була розроблена згорткова нейромережа, яка здатна розрізняти рівність поверхні та виділяти зображення за відповідним рівнем рівності.



Рис. 2.1. Приклад результату аналізу рівності поверхні (підлоги) приладом та градієнт, за яким вимірюється якість

Наприклад, для вирівнювання стін, штроблення під кабеля, розміщення плитки та іншого оздоблення, монтажу меблів, може бути використана при декоративно-оздоблюючих роботах (шпалери, ліпнина та інше).

Впровадження в експлуатацію приладу з використанням штучного інтелекту “Builder of the Future” вирішить цілий комплекс проблем, які на сьогоднішній день затримують виконання будівельних робіт, а саме:

- 1) Зменшить кількість затрачених годин;
- 2) Підвищить якість виконуваної роботи;
- 3) Підвищить безпеку на робочому майданчику та при експлуатації проекту в подальшому;
- 4) Удосконалить виробничий процес;

- 5) Полегшити умови праці робітників під час виконання замовлення;
- 6) Запровадити інноваційно новий погляд на виконання роботи (процес презентації приладом наявних вад на різних рівнях виробництва).

Варто відмітити, що дана технологія з часом повністю компенсує матеріальні витрати: в першу чергу, за рахунок якості, що є найважливішим критерієм у будівництві, а також за інших вказаних компонентів.

Схематичне зображення порівняння використання старих та нових технологій показано на рисунку 2.2.

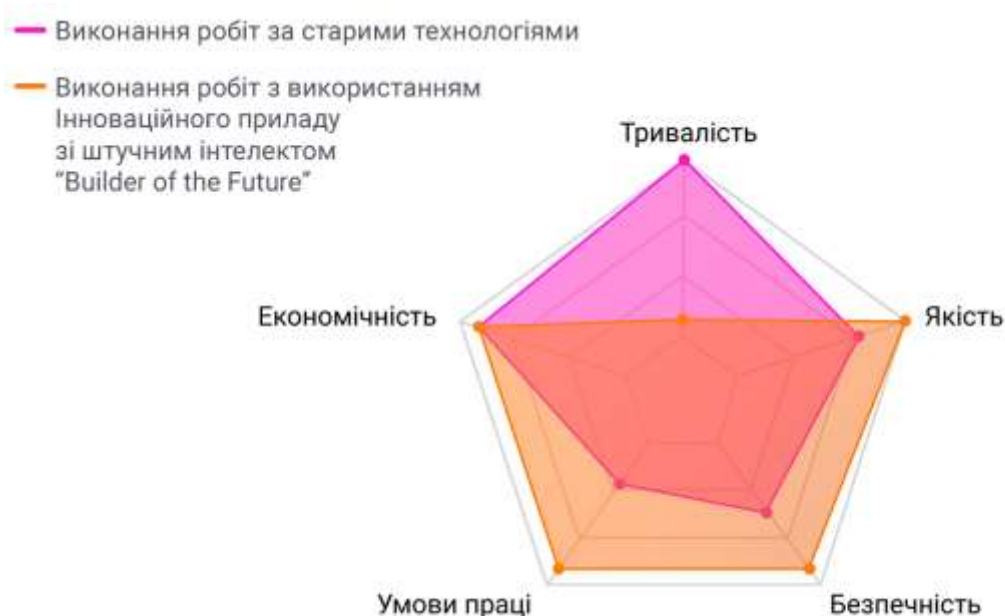


Рис. 2.2. Порівняльна діаграма виконання робіт з використанням інноваційної технології та старих технологій

Впровадження в експлуатацію приладу зі штучним інтелектом "Builder of the Future" має перспективи за короткий проміжок часу замінити цілий комплекс приладів, що зумовлює приріст фінансового доходу проекту. А можливість подальшого удосконалення приладу дасть змогу нагадати замовникам про себе у майбутньому.

Соціальним результатом стануть будівлі та будівельні конструкції, які будуть виконані за високими стандартами якості, у короткі проміжки часу та

пройдуть контроль безпеки - будуть придатними до експлуатації на тривалий період часу.

Ще одним соціальним результатом стане те, що штучний інтелект з часом зможе не тільки відображати похибки та іншу інформацію, а й самостійно виконувати роботу (у вигляді керованої взаємодії з комплексом роботизованих приладів), що дозволить підвищити всі раніше згадані показники: якість, умови праці та інші (при модернізації обладнання).

Як можна побачити, використання нової технології має величезні перспективи у вирішенні питань, які безпосередньо, впливають на усю будівельну галузь та наше з вами життя.

2.2. Бізнес-план впровадження та реалізації проекту, враховуючи фінансову, конкурентну та ринкову складові

Проект “Builder of the Future” орієнтований на великий ринок будівельного підприємництва, але, в той же час, може використовуватися і невеликими будівельними компаніями та звичайними будівельниками, які працюють автономно.

Цей проект має змогу залучити інвесторів [15] саме завдяки своїй індивідуальності та неповторності. Його багатофункціональність робить його невід'ємною частиною будівництва та заміщає менш ефективні засоби виконання роботи.

Мотивом закупівлі цього приладу є: виконання великого обсягу роботи за короткий проміжок часу зі збереженням високої якості.

На даний момент, у сфері будівництва немає чітких конкурентів багатоцільовому приладу з використанням штучного інтелекту. Розглянемо комплекс окремих існуючих засобів, які використовуються в будівництві на даний момент (Додаток Д): відкіс (цвях забитий в поверхню, до якого приєднується вантаж на шворці), миска з водою, ватерпас (рівень), лазерний нівелір та 3D лазерний нівелір.

Наш прилад займає місце у функціональній конкуренції [20], яка характеризується підприємствами, що пропонують на ринку товари-замінники і таким чином, задовольняють додаткові потреби покупців. А саме: об'єднує комплекс засобів для вимірювання кутів, рівності поверхонь, обчислення похибок та їх маркування (відображення) на поверхні з метою подальшого усунення працівниками та симетричного розміщення.

Завдяки вбудованому штучному інтелекту, який розрізняє потоки різної інформації (включаючи глибину, центрову позицію до горизонту, інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання) у спектрі 360 градусів, прилад здатний автономно оброблювати дані та не вимагає додаткових людських ресурсів, які б виконували цю проміжну задачу. Саме тому та зважаючи на багато інших чинників, концепція “Builder of the Future” є дуже конкурентоспроможною на ринку будівельних технологій, тому що як комплекс не має конкурентів.

Оцінюючи динаміку, обсяг та тенденції ринку, ми звернулись до результатів щомісячного аналітичного дослідження «Огляд розвитку будівельної галузі України» від РАУ [18], за 3 місяці 2019 року український ринок будівництва зріс на +24%, а ринок будматеріалів - на +16% порівняно з аналогічним періодом 2018 року (Додаток Е). Загальна тенденція ринку - фаза активізації зростання ринку будіндустрії України і, за попереднім прогнозом, перехід в новий цикл зростання.

В умовах ринкових відносин [17, с. 283] будівельно-виробничому підприємству необхідно йти в ногу з досягненнями інноваційної діяльності, яка обумовлюється, в першу чергу, підтриманням конкурентного статусу на ринку (За рахунок якості, швидкості, безпеки тощо). Можливість вибору і реалізації інноваційної стратегії підприємства є метою фінансової оцінки ринкового потенціалу.

- Показники кадрів, задіяних в інноваційному проекті: необхідна певна кількість кваліфікованих фахівців з галузей інженерного проектування приладу та програмістів, які виконують роботу над штучним інтелектом та його подальшою підтримкою.

- Матеріально-технічні показники: витрати на дослідно-конструкторські роботи, при створенні приладу; комерціалізацію нововведення під час введення його в експлуатацію; прогресивність виробничої бази, яка в подальшому буде оновлюватися згідно зі спільним досвідом кожного приладу в сукупності;
- Інформаційні показники: інформаційні дані будуть надані у великій кількості спеціалістами з відповідних інформаційних фондів та будуть зберігатися на окремому хмарному сховку, до якого матимуть доступ дані моделі приладу, що дозволить штучному інтелекту власноруч додавати та оброблювати інформацію без необхідності втручання сторонніх сил. Це, в свою чергу, повністю задовільнить фахівців-практиків з будівельної галузі.
- Результуючими показниками інноваційної діяльності стане її багатоцільове використання у різних сферах будівельного виробництва, яке буде характеризуватися швидким, надійним, безпечним, зручним та, найголовніше, якісним виконанням завдання.

Таким чином, резюмуючи все вищесказане, відзначимо, що робота будь-якого підприємства спрямована на отримання і постійне збільшення свого прибутку, що безпосередньо пов'язано з його постійним розвитком.

Важливо зазначити, в даний час - час активного впровадження наукових технологій в усі сфери людської життєдіяльності, особливо в будівельному виробництві, - розвиток підприємства неможливий без використання інновацій.

Бізнес модель складається з таких компонентів: ключові партнери, ключові активності, ключові ресурси, переваги пропозиції, відношення із замовником, канали взаємодії, користувацькі сегменти, контактні особи, структура затрат, джерела доходів, що більш детально описано у додатку Є.

Джерела доходів формують модель отримання доходів за стандартною комплектацією та можливості отримувати додаткові послуги за додатковими коштами (рис. 2.3.).

Аналіз ринку матеріалів та ринку праці, на сьогоднішній день, показав [19, с. 32-33]: створення однієї моделі з найякісніших матеріалів та з залученням кваліфікованих фахових спеціалістів обійдеться приблизно у 11.000\$. Але в той же час, можна створити менш досконалий прилад, з використанням бюджетних матеріалів, тоді ціна зменшується у рази та стає доступною більш широкому колу споживачів, так само виконує основні завдання, але втрачає певну кількість якості маркування. Також ціну створення приладу можна зменшити за рахунок закупівлі матеріалів оптом. При виконанні держзамовлень вартість приладу може частково покриватися державою. Максимальні показники вартості окремих елементів приладу та його комплектація вказані на зображенні (Додаток Ж).

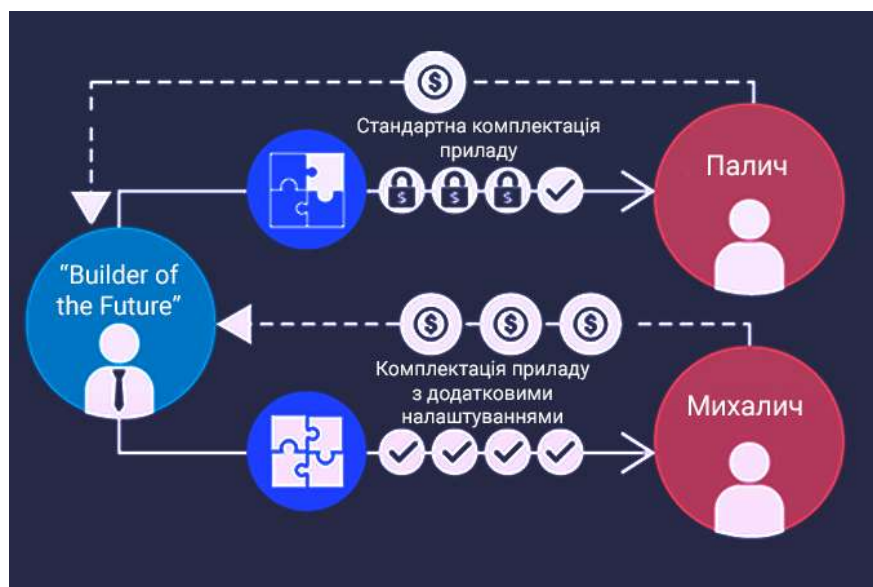


Рис. 2.3. Модель отримання прибутку за двома різними транзакціями

Висновки до другого розділу

Отже, впровадження інноваційного приладу з використанням штучного інтелекту “Builder of the Future” має величезні перспективи розвитку у будівельній галузі, як для фінансового успіху, так і для покращення виконання роботи.

Узгоджена модель контрольно вимірювального приладу, який буде отримувати інформацію у вигляді чорно-білих або кольорових зображень або їх послідовностей (відео), аналізувати навколишній стан за допомогою

вбудованого об'єктиву та допоміжних засобів на наявність дефектів, нерівностей, порожнин та виводити зображення, завдяки проектору на проблемну ділянку для її подальшого усунення.

Таким чином, ми отримаємо прилад, який буде здатен запровадити новий стандарт якості, завдяки свої прогностичній функції.

Важливо відмітити, що прилад буде використовувати технологію хмарного сховища, яка дозволить значно підвищити якість роботи нашої моделі.

У приладі розкривають та доповнюють один одного такі типи задач:

- Класифікація образів – визначення приналежності вхідних даних до попередньо визначених класів.
- Оптимізація – знаходження якісного рішення, яке задовольняє систему обмежень і вимагає мінімальну кількість ресурсів.
- Передбачення – полягає у прогнозуванні стану об'єкта через певний проміжок часу.
- Генерація – створення нових візуальних зображень на основі вже існуючих.

Показником якості в нашій роботі визначено наближення до максимального значення якості та безпеки об'єкта, що експлуатують, де протоколом оцінювання є виділення з загальної вибірки окремого перевірного набору.

Завдяки певному моделюванню зображені деякі можливості нашого приладу, а саме результати аналізу рівності поверхні приладом та градієнт, який допомагає нам визначити відсоток рівності.

Визначені проблеми, які вирішує впровадження нашого приладу, а саме: зменшення затрат часу на виконання роботи, підвищення якості виконуваної роботи, підвищення безпеки на робочому майданчику та при експлуатації проекту у подальшому, удосконалення виробничого процесу, полегшення умов праці робітників та запровадження інноваційно нового погляду на виконання

роботи. Де за результатами побудування схематичної діаграми можна побачити значні переваги впровадження даної технології.

Обґрунтована фінансова доцільність впровадження контрольно-вимірювального приладу, зважаючи на наших клієнтів (загалом великих будівельних компаній), окремих «конкурентів» (відкіс, нівелір, миску з водою), тенденцій, динаміку та обсягу ринку (які знаходяться у фазі активного росту за статистикою від РАУ).

Сформована повна бізнес модель майбутнього проекту, зважаючи на усі попередні чинники та з акцентуванням уваги на модель отримання прибутку, а саме використання двох різних методів отримання грошових транзакцій.

Після детального аналізу ринку матеріалів, фріланс-бірж та інших інформаційних порталів, була аргументована ціна реалізації такого приладу, яка складає 11.000\$ з найкращими деталями та без врахування можливості здешевлення виробництва.

ВИСНОВКИ

Отже, в процесі дослідження було визначено поняття штучного інтелекту. Це здатність машин до аналізу отриманих даних, робити логічні висновки та приймати на їх основі певні рішення.

Машинне навчання – набір алгоритмів, який забезпечує можливість машини вчитися на власному досвіді завдяки виокремленню певних закономірностей з великих масивів вхідних даних.

Глибоке навчання – це певний каскад шарів, коли кожен наступний шар використовує вхідні дані попереднього шару. Це забезпечує виконання більш точних, динамічних та якісних операцій, таких як розпізнавання об'єктів на зображеннях, розпізнавання мови тощо.

Нейромережа – це система, яка складається із шарів, які, в свою чергу, формуються з «нейронів» та працюють за певним набором алгоритмів на основі попереднього досвіду.

Були виявлені переваги згорткової нейромережі, серед яких найважливішими для нашого дослідження є:

- Можливість системи ефективно функціонувати навіть за різкої зміни положень речей у просторі, тобто інваріантність;
- Навчання згорткової нейромережі може бути виконане з нуля на дуже невеликому наборі зображень і при цьому може дати досить непогані результати, не дивлячись на відносну нехватку даних;
- Нам не доводиться конструювати ознаки власноруч.

Були проаналізовані особливості генеративно-змагальної нейромережі, які виявляються у поєднанні двох нейромереж – згорткової та прямого розповсюдження, що і дозволяє імітувати творчу діяльність. Таким чином, на базі розпізнавання образів, генеративно-змагальна нейромережа здатна відтворювати та доповнювати їх, створюючи геніальні витвори мистецтва.

Переходячи безпосередньо до розробки та дослідження проекту, були визначені передумови впровадження проекту, що зумовлені комплексом проблем, які потребують нагального вирішення: висока кількість затрачених

годин на виробництві; занижений показник якості виконуваних робіт; недостатній рівень безпечності працівників на робочому майданчику та людей при експлуатації об'єкту; застарілий виробничий процес; важкі умови праці; слабка інноваційно-технічна база будівельної індустрії.

Також були визначені перспективи впровадження проекту «Builder of the Future», які полягають у миттєвій заміні цілого комплексу приладів, що зумовить фінансовий приріст проекту. Прилад має простір до подальшої модернізації, що, в майбутньому, тільки підвищить ці показники.

Як наслідок, у соціальній сфері ми отримаємо високоякісні будівлі та будівельні конструкції, які будуть побудовані за коротші проміжки часу, ніж є сьогодні та матимуть більший термін експлуатації.

З часом штучний інтелект зможе бути модернізованим, внаслідок чого він не тільки буде відображати усю інформацію, а й самостійно виконувати роботу у вигляді синергії комплексу роботизованих приладів, що ще більше підвищить показники якості, безпеки тощо.

Загалом впровадження контрольно-вимірювального приладу зі штучним інтелектом значним чином вплине на усю будівельну індустрію, що призведе до позитивних зрушень.

Раніше окреслені дослідження дозволили розробити бізнес-план впровадження та реалізації проекту. Далі наведені основні положення цього бізнес-плану:

- Ключові партнери: будівельні підприємства; винахідники, які автоматизують процеси виконання робіт у комплексі з приладом зі штучним інтелектом “Builder of the Future”;
- Ключові активності: аналіз та вимірювання кутів, рівності поверхонь; обчислення похибок та їх маркування (відображення) на поверхні; доведення до симетричного розміщення; контроль якості.
- Ключові ресурси: реклама; персонал високої кваліфікації; ІТ-спеціалісти високої кваліфікації.

- Переваги пропозиції: багатofункціональність; швидкість виконання роботи; висока якість; рівень безпеки; кардинальне вдосконалення виробничого процесу; полегшення умов праці робітників; ексклюзивний комплексний пристрій, який не має аналогів.
- Відношення із замовником: індивідуальний підхід до кожного, швидка доставка приладу з інструкцією його експлуатації; за необхідністю, дистанційне створення та впровадження додаткових налаштувань.
- Канали взаємодії: спеціалізований сайт приладу; особисті зустрічі з представниками будівельної галузі; реклама.
- Користувацькі сегменти: великі державні будівельні підприємства; великі, середні та малі будівельні підприємства; автономні будівельні бригади; окремі будівельні представники.
- Контактні особи: генеральний директор будівельного підприємства; головний інженер; Full stack програміст; головний бухгалтер; бригадир; відповідальні будівельники.
- Структура затрат: закупівля матеріалів та створення приладу; створення штучного інтелекту; закупівля серверного обладнання; технічна підтримка обладнання та штучного інтелекту; реклама.
- Джерела доходів: продаж приладів зі штучним інтелектом “Builder of the Future”; додаткових налаштувань для ексклюзивних програм штучного інтелекту; сервісного обслуговування клієнтів. Ці джерела формують модель отримання доходів за стандартною комплектацією та можливості отримувати додаткові послуги за додаткові кошти.

Робота над приладом не є остаточно завершеною. В даний час проходить модернізація з метою оснащення устаткуванням для збору похідних за допомогою звукових хвиль: відповідно розробляється програма суміщення та бази похідних. В дослідженні не вказані затрати на ще не випробувані апгрейди. Але, не зважаючи на можливості удосконалення, представлена модель готова до експлуатації та може виконувати поставлені їй завдання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

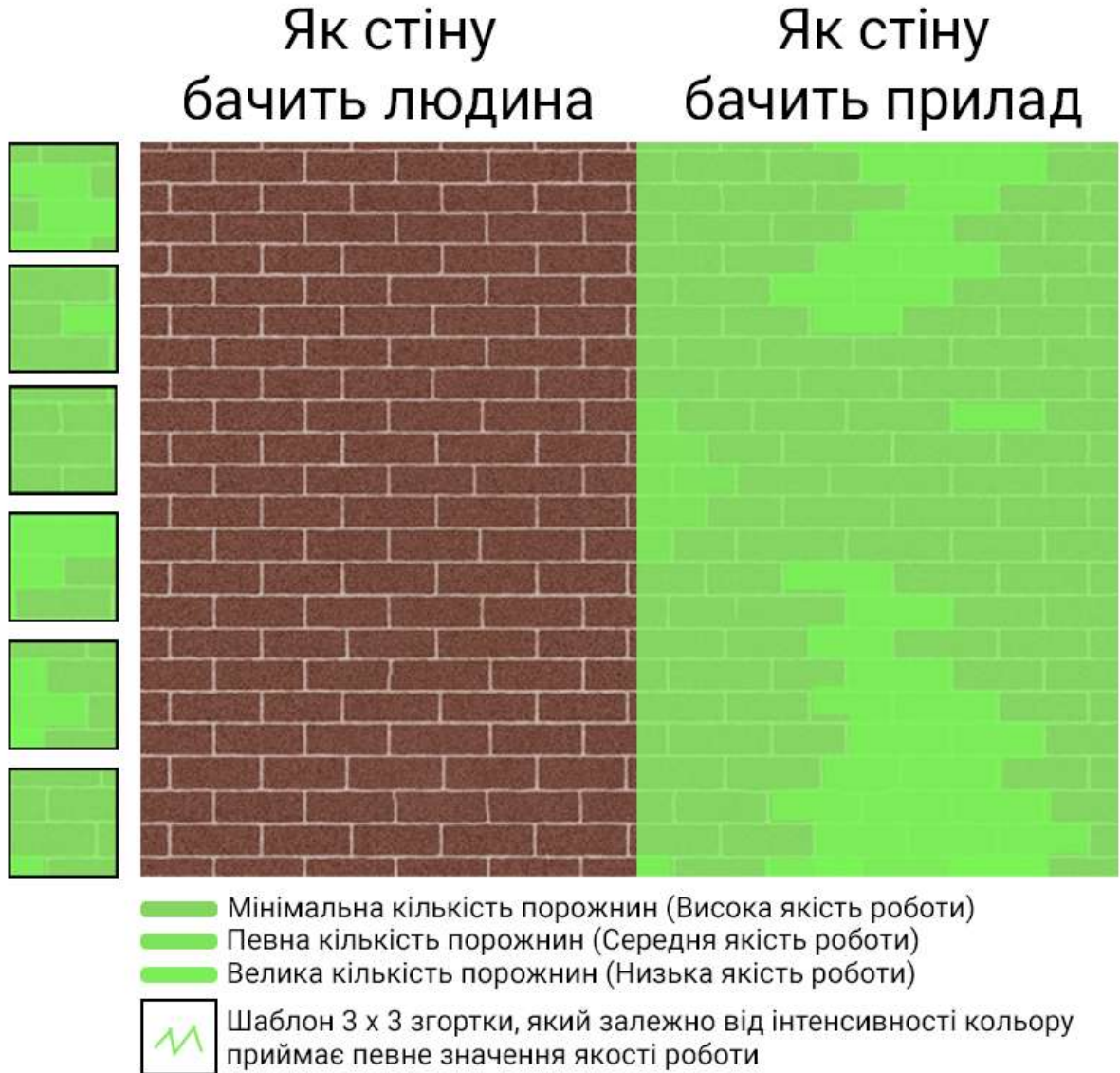
1. Bishop C.M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning / C.M. Bishop. — NY: Springer. — 761 p.
2. Chollet, François (2018). Deep Learning with Python. Manning Publications. - 386 p.
3. Dolgopolov, Sergiy. Implementing device with artificial emotional intelligence in educational process. [Електронний ресурс] / Sergiy Dolgopolov, Olexandr Negoda, Denys Ivanov, Yevheniia Shabala. – BMC-2019. International Scientific-Practical Conference of young scientists "Build-Master-Class-2019". - November 2019, Kyiv, Ukraine, - p. 444-445 – Режим доступу: https://www.bmc-conf.com/download/conference_proceedings2019.pdf
4. Gulli, Antonio, Sujit, Pal (2018). Implement neural networks with Keras on Theano and TensorFlow. – 294 p.
5. Ivakhnenko A.G., Müller J.-A. (1995). Self-organization of Neural Networks with Active Neurons. - Pattern Recognition and Image Analysis. - v.4, no.2, pp.185-196.
6. Khan S., Rahmani H., Shah, S. A. A., Bennamoun, M. (2018). A Guide to Convolutional Neural Networks for Computer Vision. – 187 p.
7. Manning C. D. (2015). Computational Linguistics and Deep Learning, «Computational Linguistics». - Vol. 41.
8. Pattanayak S. (2017). Pro Deep Learning with TensorFlow. - Apress - 412 p.
9. Russell S., Norvig P. (2010). Artificial Intelligence: A Modern Approach. - Prentice Hall. - 1152 p.
10. Wu, Jianxin. (2019). Convolutional neural networks, LAMDA Group. - National Key Lab for Novel Software Technology, Nanjing University, China. – 35 p.
11. Xenakis, Iannis (1963). Musiques formelles: nouveaux principes formels de composition musicale. Special issue of La Revue musicale. - Paris: Editions Richard-Masse, nos. 253–254.

12. Буц В.В. Способи організації засобів нейромережевого розпізнавання об'єкта на зображенні (магістр. дис.) [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/23184/1/Buts_magistr.pdf
13. Глинська К. С., Костюкова Н. С. Дослідження алгоритмів навчання штучного інтелекту в комп'ютерних іграх. - Наукові праці ДонНТУ Серія “Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка”. – №2 (27), 2018 – с. 64-71.
14. Долгоп'ятова Ю. Штучний інтелект (ШІ): що це таке і чому це важливо? [Електронний ресурс] - Everest innovation integrator. Аналітика. – 25.07.2018. – Режим доступу: <https://www.everest.ua/ai-platform/analytics/shtuchnij-intelekt-ai-shho-ce-take-i-chomu-ce-v/>
15. Омелянович Ф. Г. Напрями вдосконалення організаційно-економічного механізму державного регулювання залучення інвестицій. – 2018.
16. Панькін Вадим. Штучний інтелект в дії. [Електронний ресурс] – Новини бізнесу, економіки, фінансів, ринків і компаній – НВ Бізнес. - 17.03.2017. – Режим доступу: <https://nv.ua/ukr/biz/experts/shtuchnij-intelekt-v-diji-818895.html>
17. Предборський В.А., Гарін Б.Б., Кухаренко В.Д. Економічна теорія, – К.: Кондор, 2003. — 492 с.
18. Український ринок будівництва і будівельних матеріалів: результати 6 міс. 2018. [Електронний ресурс] / Всеукраїнська Асоціація виробників Автоклавного Газобетону. – 23.08.2018. Режим доступу: <https://gazobeton.org/uk/node/561>
19. Штефаніч Д. Маркетинговий аналіз / За ред. доктора економічних наук, професора Д.А. Штефаніча. – Тернопіль: Економічна думка. – 2011. - 267 с.
20. Шумпетер Й. Теорія економічного розвитку. Капіталізм, соціалізм і демократія / передмова В. С. Автономова. – М.: ЕКСМО, 2007. – 864 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

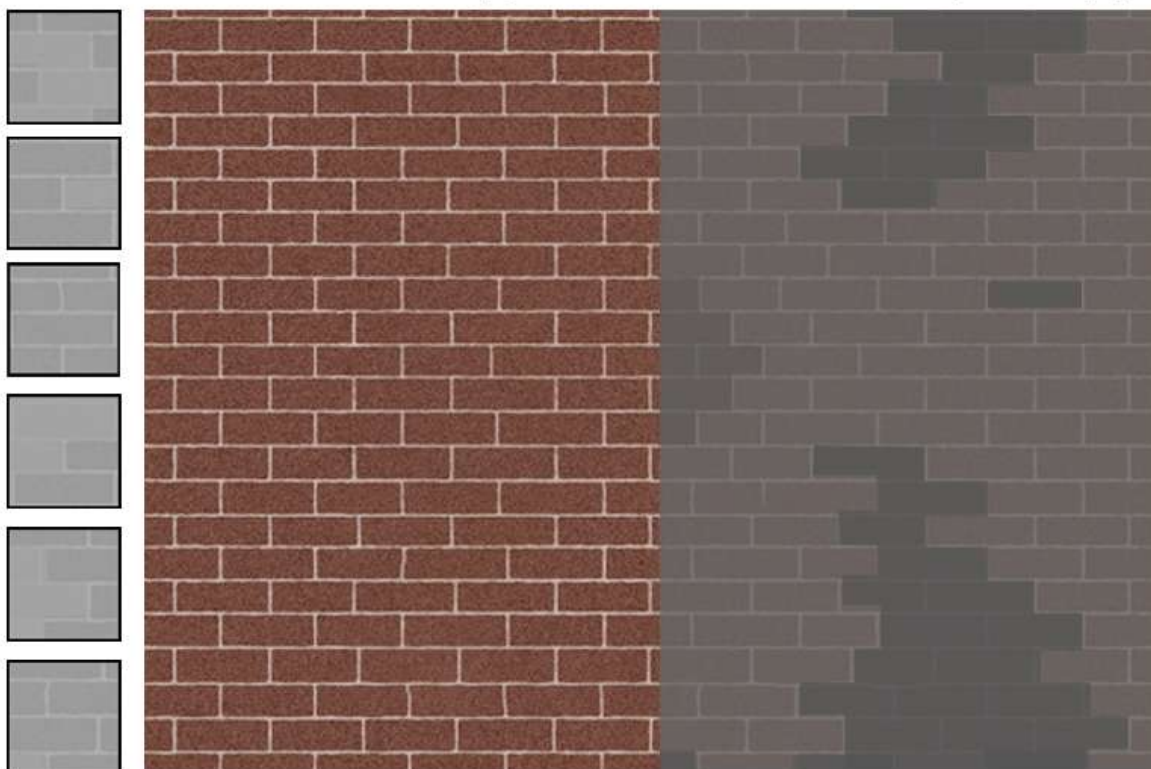
Принцип роботи згорткової нейромережі у випадку кольорового зображення (RGB)




Принцип роботи згорткової нейромережі у випадку чорно-білого зображення (відтінки сірого)

Як стіну
бачить людина

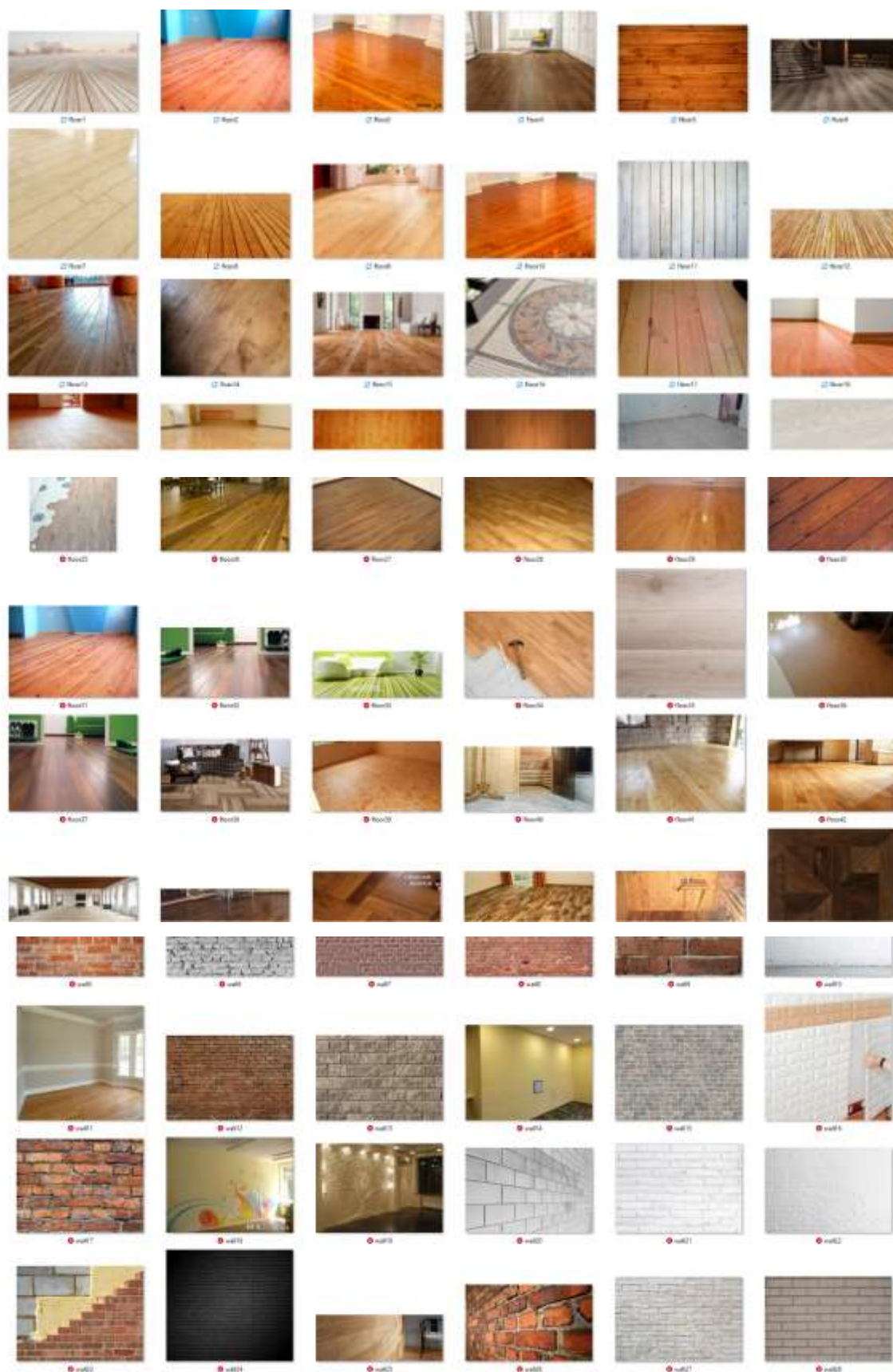
Як стіну
бачить прилад



- Мінімальна кількість порожнин (Висока якість роботи)
- Певна кількість порожнин (Середня якість роботи)
- Велика кількість порожнин (Низька якість роботи)

 Шаблон 3 x 3 згортки, який залежно від інтенсивності кольору приймає певне значення якості роботи

Фрагмент Data-set (набору даних), який налічує 5000 зображень підлоги та 5000 зображень стін



Лістинг коду копіювання зображень в навчальний, перевірочний та контрольний каталоги

```
import os, shutil
original_dataset_dir =
'/Users/fchollet/Downloads/kaggle_original_data' # Шлях до каталогу
з розпакованим вихідним набором даних.
base_dir = '/Users/fchollet/Downloads/wall_and_floor_small' #
Каталог для збереження виділеного невеликого набору.
os.mkdir(base_dir)
train_dir = os.path.join(base_dir, 'train') # Каталог для
навчального піднабору.
os.mkdir(train_dir)
validation_dir = os.path.join(base_dir, 'validation') #
Каталог для перевірочного піднабору.
os.mkdir(validation_dir)
test_dir = os.path.join(base_dir, 'test') # Каталог для
контрольного піднабору.
os.mkdir(test_dir)
train_wall_dir = os.path.join(train_dir, 'wall') # Каталог для
навчальних зображень зі стінами.
os.mkdir(train_wall_dir)
train_floor_dir = os.path.join(train_dir, 'floor') # Каталог
для навчальних зображень з підлогами.
os.mkdir(train_floor_dir)
validation_wall_dir = os.path.join(validation_dir, 'wall') #
Каталог для перевірочних зображень зі стінами.
os.mkdir(validation_wall_dir)
validation_floor_dir = os.path.join(validation_dir, 'floor') #
Каталог для перевірочних зображень з підлогами.
os.mkdir(validation_floor_dir)
test_wall_dir = os.path.join(test_dir, 'wall') # Каталог для
контрольних зображень зі стінами.
os.mkdir(test_wall_dir)
test_floor_dir = os.path.join(test_dir, 'floor') # Каталог для
контрольних зображень з підлогами.
os.mkdir(test_floor_dir)
```

```

    fnames = ['wall.{}.jpg'.format(i) for i in range(1000)] #
Копіювання першої 1000 зображень з стінами в каталог train_wall_dir
    for fname in fnames:
        src = os.path.join(original_dataset_dir, fname)
        dst = os.path.join(train_wall_dir, fname)
        shutil.copyfile(src, dst)
    fnames = ['wall.{}.jpg'.format(i) for i in range(1000, 1500)]
# Копіювання наступних 500 зображень з стінами в каталог
validation_wall_dir
    for fname in fnames:
        src = os.path.join(original_dataset_dir, fname)
        dst = os.path.join(validation_wall_dir, fname)
        shutil.copyfile(src, dst)
    fnames = ['wall.{}.jpg'.format(i) for i in range(1500, 2000)]
# Копіювання наступних 500 зображень з стінами в каталог
test_wall_dir
    for fname in fnames:
        src = os.path.join(original_dataset_dir, fname)
        dst = os.path.join(test_wall_dir, fname)
        shutil.copyfile(src, dst)
    fnames = ['floor.{}.jpg'.format(i) for i in range(1000)] #
Копіювання перших 1000 зображень з підлогою в каталог
train_floor_dir
    for fname in fnames:
        src = os.path.join(original_dataset_dir, fname)
        dst = os.path.join(train_floor_dir, fname)
        shutil.copyfile(src, dst)
    fnames = ['floor.{}.jpg'.format(i) for i in range(1000, 1500)]
# Копіювання наступних 500 зображень з підлогою в каталог
validation_floor_dir
    for fname in fnames:
        src = os.path.join(original_dataset_dir, fname)
        dst = os.path.join(validation_floor_dir, fname)
        shutil.copyfile(src, dst)
    fnames = ['floor.{}.jpg'.format(i) for i in range(1500, 2000)]
# Копіювання наступних 500 зображень з підлогою в каталог
test_floor_dir
    for fname in fnames:
        src = os.path.join(original_dataset_dir, fname)

```

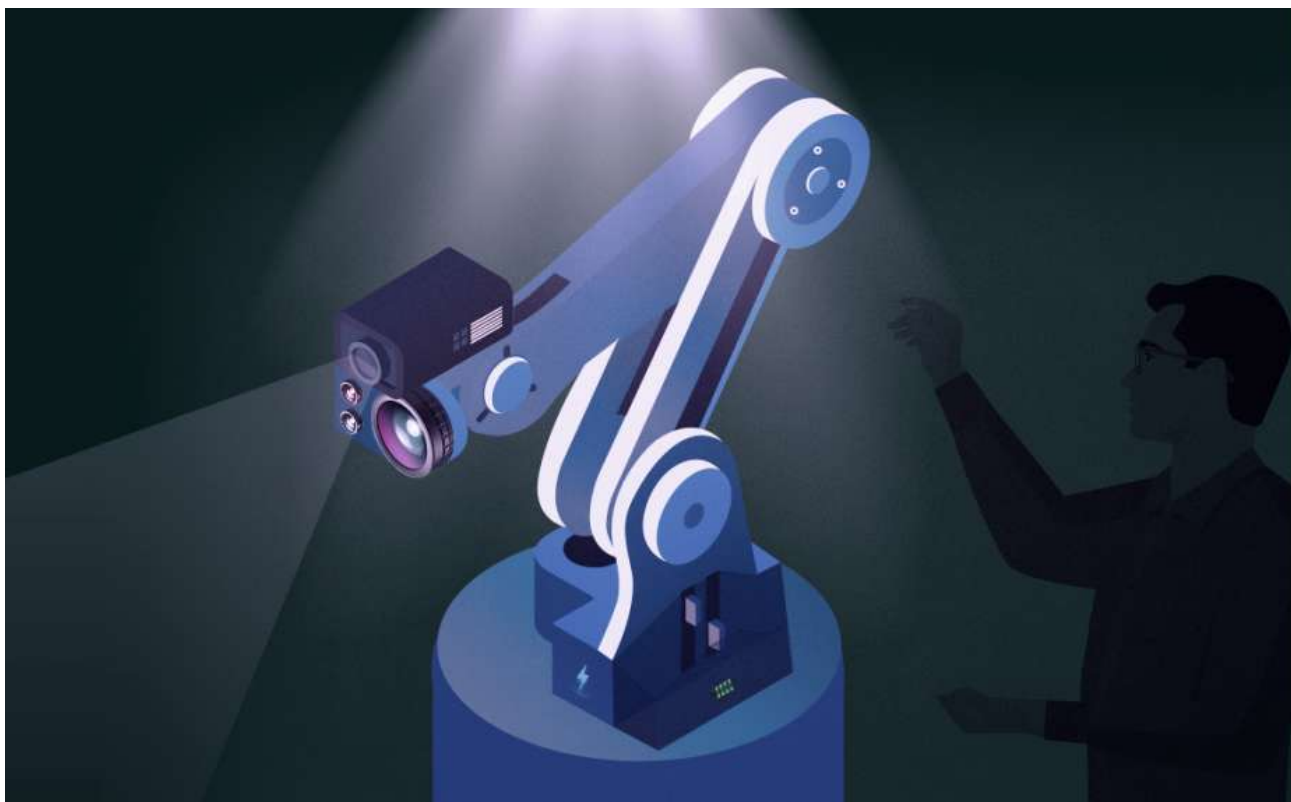
```
dst = os.path.join(test_floor_dir, fname)
shutil.copyfile(src, dst)
```

Для перевірки підрахуємо, скільки зображень опинилось в кожному піднаборі (навчальному/перевірочному/контрольному):

```
>>> print('total      training      wall      images:',
len(os.listdir(train_wall_dir)))
total training wall images: 1000 # Усього 1000 навчальних
зображень стін
>>> print('total      training      floor      images:',
len(os.listdir(train_floor_dir)))
total training floor images: 1000 # Усього 1000 навчальних
зображень підлоги
>>> print('total      validation      wall      images:',
len(os.listdir(validation_wall_dir)))
total validation wall images: 500 # Усього 500 перевірочних
зображень стін
>>> print('total      validation      floor      images:',
len(os.listdir(validation_floor_dir)))
total validation floor images: 500 # Усього 500 перевірочних
зображень підлоги
>>> print('total      test      wall      images:',
len(os.listdir(test_wall_dir)))
total test wall images: 500 # Усього 500 контрольних зображень
стін
>>> print('total      test      floor      images:',
len(os.listdir(test_floor_dir)))
total test floor images: 500 # Усього 500 контрольних
зображень підлоги
```


Авторська візуалізація моделі майбутнього приладу «Builder of the Future»

Виконана у Adobe Photoshop та Adobe Illustrator



Авторська візуалізація деяких окремих конкурентів приладу «Builder of the Future»



Графіки обсягу виконання будівельних робіт

Розглядаються: будівництво, будівлі, житлові, нежитлові та інженерні споруди.



Бізнес-план приладу «Builder of the Future»

<p>Ключові партнери</p> <ul style="list-style-type: none"> - Будівельні підприємства - Винахідники, здатні створити роботів, які автоматизують процеси виконання робіт у комплексі з приладом зі штучним інтелектом "Builder of the Future" 	<p>Ключові активності</p> <ul style="list-style-type: none"> - Аналіз та вимірювання кутів, рівності поверхонь - Обчислення похибок та їх маркування (відображення) на поверхні - Доведення до симетричного розміщення - Контроль якості 	<p>Переваги пропозиції</p> <ul style="list-style-type: none"> - Багатофункціональність - Швидкість виконання роботи - Висока якість - Рівень безпеки - Кардинальне вдосконалення виробничого процесу - Полегшення умов праці робітників - Ексклюзивний комплексний пристрій, який не має аналогів
	<p>Ключові ресурси</p> <ul style="list-style-type: none"> - Реклама - Персонал високої кваліфікації - IT-спеціалісти високої кваліфікації 	



Відношення із замовником

- Індивідуальний підхід до виконання замовлення та швидка доставка приладу з відповідною інструкцією експлуатації
- За необхідністю, дистанційне створення та впровадження додаткових налаштувань

Канали взаємодії

- Спеціалізований сайт приладу
- Особисті зустрічі з представниками будівельної галузі
- Реклама

Користувацькі сегменти

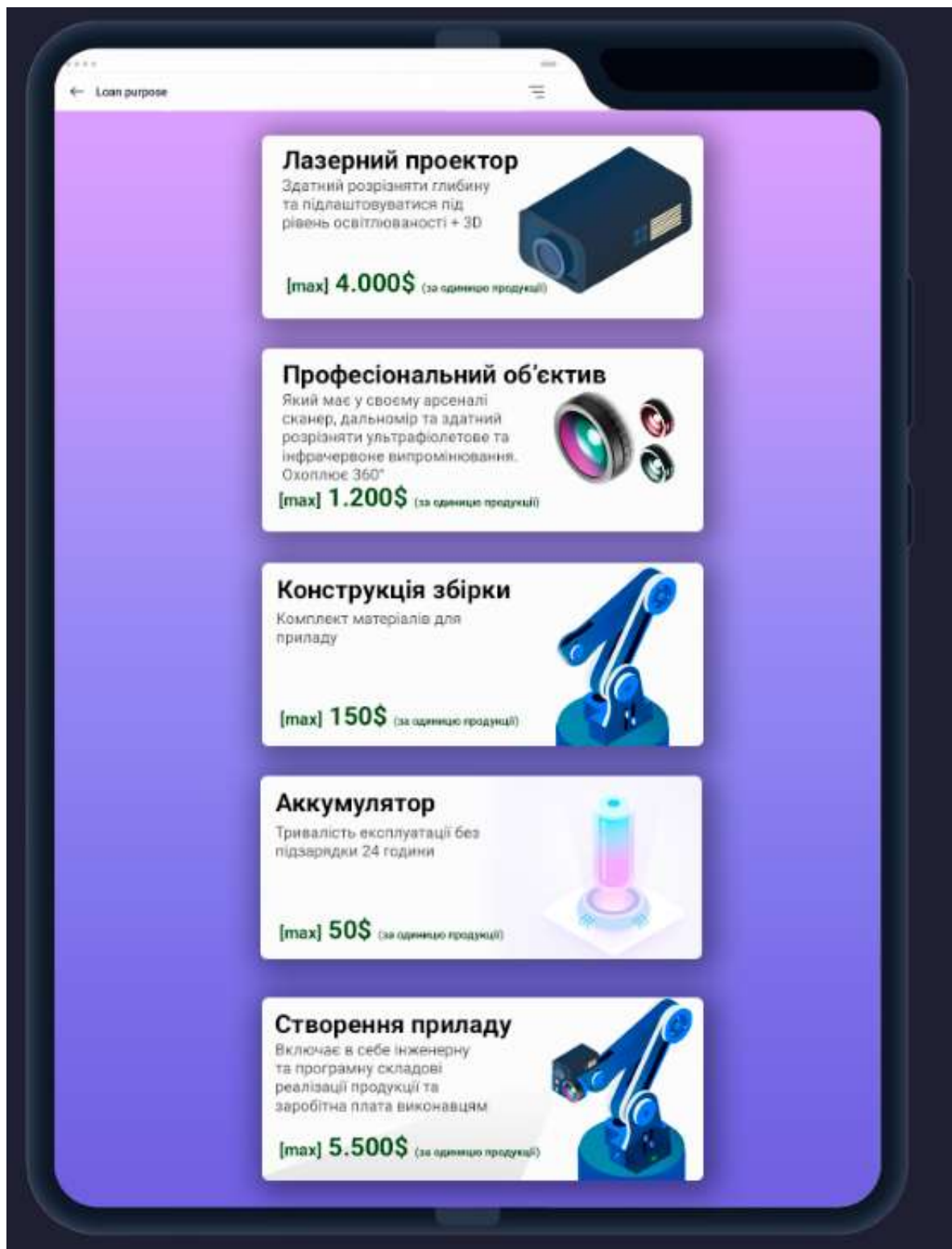
- Великі державні будівельні підприємства
- Великі будівельні підприємства
- Середні та малі будівельні підприємства
- Автономні будівельні бригади
- Окремі будівельні представники

Контактні особи:

- Генеральний директор будівельного підприємства
- Головний інженер
- Full stack програміст
- Головний бухгалтер
- Бригадир
- Відповідальні будівельники

Авторська візуалізація комплектних складових приладу «Builder of the Future»

На зображенні представлений детальний опис кожного компоненту та його вартість.



Анотація наукової роботи під шифром Marano & Capurba.

На сьогоднішній день, будівельна галузь потребує впровадження інноваційних ідей, як ніколи раніше. Шляхом дослідження штучного інтелекту, зокрема технології глибокого навчання, було розроблено контрольно-вимірювальний прилад зі штучним інтелектом "Builder of the Future", прилад нової контрольно-вимірювальної системи, що допоможе замінити старі технології будівництва, та у комплексі з працею людей підвищить якість виконання роботи за менші проміжки часу.

Мета дослідження: розробити модель контрольно-вимірювального приладу з використанням технології глибокого навчання.

Завдання:

1. Визначити поняття штучного інтелекту, машинного та глибокого навчання, нейромереж;
2. Виявити переваги згорткової нейромережі;
3. Проаналізувати особливості генеративно-змагальної нейромережі;
4. Визначити передумови та перспективи впровадження проекту;
5. Розробити бізнес-план впровадження та реалізації проекту, враховуючи фінансову, конкурентну та ринкову складові.

Методи дослідження: використання теорії нейронних мереж глибокого навчання для розкриття нових можливостей в ефективному аналізі великих обсягів неструктурованих даних; математичної статистики, що надасть можливість вивести оцінки характеристик випадкової величини, зокрема числові характеристики, характеристики розподілу, характеристики взаємозв'язку; методи аналізу; систематизації; класифікації та узагальнення; метод компаративістики; комп'ютерний експеримент як метод дослідження моделі об'єкта з використанням комп'ютерного моделювання.

Загальна характеристика роботи:

Дослідження складається зі вступу, двох розділів з висновками до кожного з них, загальних висновків і списку використаних джерел, який

налічує 20 позицій та додатків, що складаються із 9 позицій. Робота містить 8 рисунків.

У *вступі* обґрунтовано вибір теми дослідження, його актуальність, визначено мету, завдання, об'єкт і предмет, методи дослідження, представлено наукову новизну, теоретичне та практичне значення дослідження.

У *першому* розділі визначено теоретико-методологічні засади вивчення штучного інтелекту та його складових, з'ясовані поняття штучного інтелекту, машинного та глибокого навчання, нейромереж, переваги згорткової нейромережі та особливості генеративно-змагальної нейромережі.

У *другому* розділі виокремлено особливості розробки та реалізації технології глибокого навчання у моделі контрольно-вимірювального приладу, проаналізовано передумови та перспективи впровадження проекту, розроблений бізнес-план впровадження та реалізації приладу, враховуючи фінансову, конкурентну та ринкові складові .

Резюме наукової роботи під шифром Marano & Capurba.

В останні роки дослідження в області штучного інтелекту просуваються достатньо швидко та ефективно, завдяки високому рівню зацікавленості та відповідному фінансуванню. Але, не зважаючи на високі темпи досліджень, практичне застосування знаходять лише деякі сфери. Штучний інтелект ще не захопив центральну позицію у нашому житті, але в той же час став гарним його доповненням. Актуальність дослідження зумовлена вивченням інновацій, їх особливостей та впровадження нової технології у сферу будівництва.

Мета дослідження: розробити модель контрольно-вимірювального приладу з використанням технології глибокого навчання.

Теоретичне значення: дослідження технології глибокого навчання в будівельній сфері, створення інноваційної технології на заміну старим, що мають дуже низький показник оновлюваності і значні похибки показників при вимірюванні.

Практичне значення: застосування результатів дослідження для використання у будівництві, дослідженнях технології глибокого навчання та у навчальному процесі – на лекціях, в статтях, дипломних роботах, та в життєвій практиці.