

**Keywords:** *business process, programs, business process modeling methodologies, software development methodologies, system analysis of business processes, business process modeling*

Рецензент: доц., канд. техн. наук Левицька Т. О.

Стаття надійшла 15.11.2019 р.

УДК № 004.93

Кривенко О. В., Трубіщина О. В.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧЧЯ ЛЮДИНИ В СИСТЕМАХ ІДЕНТИФІКАЦІЇ

*Комп'ютерний зір застосовується при розпізнаванні, ідентифікації, виявленні, аналізу зображення. Але недоліком просунутого програмного забезпечення є те, що воно не сприймає навколишній світ як людина. Найрозумніші машини поки що не можуть бачити, але можуть навчатися, подібно формуванню нейронних зв'язків у мозку людини.*

*Актуальність дослідження методів розпізнавання обличчя людини проявляється через популярність обробки зображення людини та необхідність покращення взаємодії людини і технологій.*

*Результатом досліджень є визначення переваг та недоліків існуючих систем та методів, а також спрощення процесу розпізнавання обличчя людини на зображеннях та підвищення показників при розпізнаванні за допомогою методу згорткових нейронних мереж. Отримана система на основі нейромережових методів приймає рішення аналогічно людині. Для прийняття рішення даних системі необхідна інформація про об'єкт, яку отримують на вході завдяки відстеженню особливих властивостей об'єкта. Коли досліджуванним об'єктом є людина, найбільш особливі властивості можна одержати завдяки відстеженню його особи. При цьому системі доводиться мати справу з іноді неякісними зображеннями, шумом, ракурсами положення голови, погане освітлення і тощо.*

*Критерії точності та швидкості є факторами успішної роботи системи розпізнавання обличчя. Вихідний продукт показує поліпшені показники розпізнавання.*

*Проведені дослідження показали універсальність нейронних мереж та їх ефективність у вирішенні задач розпізнавання обличчя людини у реальному часі та по фотографії.*

*Систему автоматичного відстеження та розпізнавання обличчя людини із використанням штучного інтелекту та згорткових нейронних мереж може бути використано в контрольно-пропускних пунктах, митному контролі, для ідентифікації у банківських системах, державних установах, навчальних закладах (контроль відвідуваності, облік проходимості сторонніх осіб у приміщеннях, ідентифікація особи при написанні контрольних або екзаменаційних робіт).*

**Ключові слова:** *розпізнавання зображень, програмне забезпечення, нейронні мережі, системи ідентифікації, метод згорткових нейронних мереж*

**Постановка проблеми.** Область комп'ютерного зору є молодою та різноманітною та належить до теорії та технології створення штучних систем, які одержують інформацію у вигляді зображень. Комп'ютерний зір також може бути описаний як доповнення біологічному зору.

Комп'ютерний зір застосовується при розпізнаванні, ідентифікації, виявленні, аналізу зображення. Але на жаль, нашому просунутому програмному забезпеченню не під силу

сприймати навколишній світ як людині. Найрозумніші машини поки що не можуть бачити. Але вони можуть навчатися, подібно формуванню нейронних зв'язків у мозку людини.

Технології розпізнавання обличчя дозволяють виробляти автоматичний пошук і розпізнавання осіб в графічних файлах та відео потоці. Задача розпізнавання користується попитом при реалізації програмних систем в пунктах масового зосередження людей, митного контролю, правоохоронних органів, банків з метою автоматизації процесу визначення особистості людини за допомогою сканування і розпізнавання документів, торгових точках, аеропортах тощо. Системи можуть також розміщуватися на секретних та стратегічно важливих об'єктах. Однак, автоматичне розпізнавання обличчя все ще стоїть перед багатьма проблемами.

Враховуючи вищеописане, можна сказати, що дослідження методів розпізнавання обличчя людини актуальне через популярність обробки зображення людини та необхідність покращення взаємодії людини і технологій. Дане дослідження є обґрунтованим вибором для визначення переваг та недоліків існуючих систем та методів для спрощення процесу розпізнавання та підвищення вірогідності точного результату.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розпізнавання образів – виділення істотних ознак та їх віднесення до певного класу, що характеризують даний образ із загальної маси даних.

Розпізнавання обличчя – один з підрозділів більш широкої категорії розпізнавання образів. Алгоритми та методи розпізнавання мають схожість, проте відмінні за функціями розпізнавання, а точніше за їх параметрами [1 - 7].

Типовий алгоритм розпізнавання складається із наступних кроків:

- перетворення вихідного зображення в стандартне представлення;
- виділення ключових характеристик;
- механізм класифікації (моделювання): кластерна модель, метрика, нейронна мережа і т. п.

Аналіз існуючих методів розпізнавання представлений у таблиці 1.

Таблиця 1 - Аналіз існуючих методів розпізнавання

Методи розпізнавання	Суть методу	Особливості методу
Геометричний метод	Виділення безлічі ключових точок (або областей) особи і наступне виділення безлічі ознак. Характеристика кожної ознаки - це відстань між ключовими точками, або відношення таких відстаней. Ключовими областями обирають прямокутні області, до яких належать очі, ніс, рот.	Має досить жорсткі вимоги до умов зйомки. Потрібен надійний механізм пошуку ключових точок для загального випадку. Потрібує використання більш досконалих методів класифікації або побудови моделі змін.
Метод головних компонент	Вагоме скорочення розмірності простору ознак при якомога кращому описі «типових» образів, що припадають безлічі осіб. Вияв різних змін в навчальній вибірці зображень обличчя і опис цих змін в базисі декількох ортогональних векторів, які називаються власними. Набір власних векторів отримують один раз на навчальній вибірці	Ефективний в практичних додатках. Але коли на зображенні особи наявні значні зміни в освітленості або виразі обличчя, ефективність методу сильно погіршується.

Методи розпізнавання	Суть методу	Особливості методу
	<p>зображень обличь, потім використовують для кодування інших зображень осіб у вигляді зваженої комбінації цих власних векторів.</p> <p>При застосуванні невеликої кількості власних векторів отримують стислу апроксимацію вхідному зображенню особи, яку зберігають у базі даних у вигляді вектору коефіцієнтів, це і є ключем пошуку в базі даних осіб.</p>	
Фільтр Габора	<p>Використовується для визначення меж об'єктів, вилучення локального напрямку, при текстурному аналізі і т. п.</p> <p>Принцип дії фільтра Габора в значній мірі повторює принципи дії стандартних фільтрів: маска («згортка з ядром»), «ковзає» по кожному пікселю зображення з виконанням згортки маски із зображенням.</p>	<p>Простір Габора (згортка фільтра з сигналом) ефективний в різних додатках обробки зображень.</p> <p>Використовують в біометричних системах безпеки для розпізнавання райдужної оболонки і в автоматизованих системах контролю доступу для розпізнавання відбитків пальців.</p>
Нейромережеві методи	<p>Найбільш ефективною є мережа, побудована на багат шаровому перцептроні, яка дозволяє класифікувати вхідне зображення відповідно до станів попереднього навчання мережі. Нейронні мережі навчаються на наборі навчальних прикладів.</p> <p>Суть навчання - це налаштування ваг міжнейронних зв'язків у ході рішення оптимізаційної задачі методом градієнтного спуску. При навчанні нейронної мережі здійснюється автоматичне формування головних ознак, визначення їх важності та побудова взаємозв'язків між ними. Навчена нейронна мережа зуміє використати досвід, одержаний при навчанні, на невідомі образи завдяки узагальнюючих здібностей.</p>	<p>В області розпізнавання осіб ефективна згорткова нейронна мережа (логічний розвиток ідей таких архітектур нейронних мереж, як когнітрон та неокогнітрон).</p> <p>Недоліки застосування нейронних мереж у процесі розпізнавання зображень:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вимагає повного перенавчання мережі на всьому наявному наборі при додаванні нового еталонного зображення особи до бази даних;</li> <li>- має проблеми математичного характеру, пов'язані з навчанням: вибір оптимального кроку оптимізації, потрапляння в локальний оптимум і т. д.;</li> <li>- важко формалізується етап вибору архітектури мережі (кількість нейронів, шарів, характер зв'язків).</li> </ul>
Метод Віюлі-Джонса	<p>Дозволяє виявляти об'єкти на зображеннях в реальному часі.</p> <p>Метод базується на основних</p>	<p>Цей метод набув великої популярності для пошуку об'єктів у відео потоці завдяки</p>

Методи розпізнавання	Суть методу	Особливості методу
	<p>принципах:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– використання зображення в інтегральному уявленні, що прискорює обчислення необхідних об'єктів;</li> <li>– використання ознак Хаара, завдяки яким здійснюється пошук необхідного об'єкта (в цьому контексті, обличчя і його рис);</li> <li>– використання бустінгу для вибору найбільш підходящих ознак для шуканого об'єкта на елементу зображення;</li> <li>– надходження всіх ознак на вхід класифікатора, який дає результат «так» або «ні» ;</li> <li>– використання каскад ознак для швидкого відкидання вікон, де не знайдено обличчя.</li> </ul>	<p>високій точності і серйозної теоретичної основі.</p> <p>Алгоритм ефективний при розпізнаванні рис обличчя під невеликим кутом, приблизно до 30 градусів. При куті більше 30 градусів точність різко падає.</p>
Прихована Марківська модель	<p>Статистична модель, що імітує роботу процесу, схожого на Марківський процес з невідомими параметрами. До елементів моделі відносять безлічі прихованих станів, спостережуваних станів, матрицю перехідних імовірностей, початкову ймовірність станів. Кожний з них має свою Марківську модель.</p>	<p>Недоліки: необхідність підбору параметрів моделі для кожної бази даних; моделі не володіють розрізнявальною здатністю – алгоритм навчання тільки максимізує відгук кожного зображення на свою модель, але не мінімізує відгук на інші моделі.</p>
Метод порівняння шаблонів	<p>Виділення областей обличчя особи на зображенні та подальше порівняння цих областей для двох різних зображень. Порівняння областей здійснюють використовуючи найпростіші алгоритми на основі попиксельного порівняння. Кожна область, що збігається, підвищує ступінь тотожності зображень.</p>	<p>Недолік цього методу: потребує багато ресурсів для зберігання ділянок і їх порівняння. Зображення повинні бути отримані у строго встановлених умовах: не можна помітно змінювати ракурс, освітлення, емоційний вираз тощо. Точність розпізнавання методу дорівнює приблизно 80 %.</p>

**Завдання дослідження.** Метою роботи є підвищення показників розпізнавання обличчя людини на зображеннях завдяки використанню метода згорткових нейронних мереж. Для цього поставлені завдання:

- провести аналіз сучасних систем та методів розпізнавання, виявити їх особливості, недоліки та переваги, порівняти ефективність їх роботи;
- дослідити проблематику розпізнавання зображень, вивчити їх особливості;
- ознайомитися із засобами розробки, вивчити їх особливості програмування на базі цих середовищ;

- виконати проектування, програмну реалізацію системи розпізнавання обличчя людини;
- провести тестування програмного продукту із використанням датасету із наборами зображень облич.

**Основний матеріал дослідження.** В теперішній час постійно удосконалюються та розроблюються нові методи, алгоритми та програмні засоби детектування та розпізнавання обличчя людини та об'єктів у цілому.

Сьогодні існують програмні засоби розробки (SDK) для вбудовування у власні продукти, які представляють інтерес з точки зору проектування програмної системи. Проаналізувавши існуючі сучасні системи, які намагаються вирішувати задачі комп'ютерного зору, та дослідивши їх переваги та недоліки, можна зробити висновок, що область неоднозначна та вимагає більше часу для дослідження. Для якісного розпізнавання дуже важливі вибір умов середі програмування, методів та алгоритмів. Відмінно працюючи в одних умовах, деякі алгоритми можуть повністю відмовитися працювати в інших умовах.

У ході аналізу проблематики та методів розпізнавання було вирішено подальше детальне розглядання саме штучних нейронних мереж, через популярність використання та багаторазові спроби усунути похибки при розпізнаванні.

Відмінною властивістю нейромереж є те, що вони не програмуються, а навчаються здійснювати розпізнавання на прикладах. Саме для цього створені датасети, на яких тренуються або навчаються нейронні мережі.

На основі дослідження методів розпізнавання обличчя людини використана модель нейронних мереж - згорткові мережі.

Для реалізація алгоритму був обраний об'єктно-орієнтований підхід розробки програмного забезпечення, оскільки на його основі доцільніше створювати систему ускладнену конструкціями і залежностями між об'єктами і класами.

Була вибрана мова графічного опису для об'єктного моделювання UML.

Діаграма використання (рис. 1) описує бачення системи в цілому з боку звичайного користувача, визначає повноваження системи, які повинні бути передбачені і реалізовані.

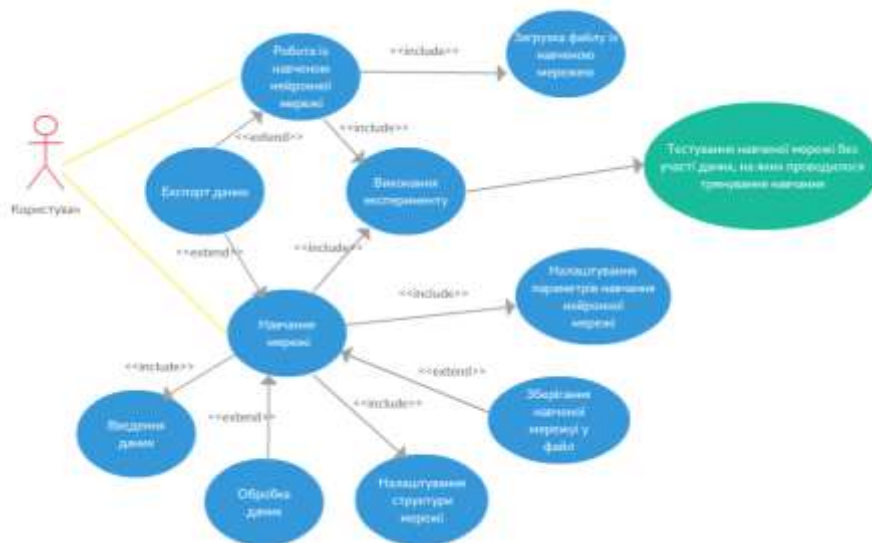


Рисунок 1 – Діаграма використання UML

На даний момент існує безліч програмних засобів для розробки систем, які вирішують задачі комп'ютерного зору. Для розробки програмної системи обрано типізовану об'єктно-орієнтовану мову програмування Java, яка має у відкритому доступі відкриті бібліотеки

джерел для реалізації розпізнавання обличчя. Серед безлічі бібліотек найбільшою популярністю користується OpenCV.

При створенні нейронних мереж, їх навчанні й тестуванні використана мова Python, оскільки процес навчання не вимагає графічної візуалізації.

Проектування інтерфейсу зроблено за допомогою Android Studio. Побудова прототипу реалізована завдяки класу public interface InterfaceWithDefinitions.

Для навчання згорткової нейронної мережі використана відома система глибокого навчання – TensorFlow. Вона надає кілька API-інтерфейсів в Python, C ++, Java тощо. Найбільш широко використовуваний API-інтерфейс – це Python, тому реалізація згорткової нейронної мережі проводилася із використанням Python API.

Як топології нейронної мережі був використаний багатoshаровий перцептрон з сигмоїдальною активаційною функцією, кількість нейронів у вхідному шарі - 8, на прихованому - 32, на вихідному - 1. Допустима помилка при розпізнаванні - 0,2.

Після навчання нейронної мережі на вхід були подані дані, які не використовувалися раніше. На вихідному нейроні розпізнається чи є обличчя на фото.

Виходячи з результатів, можна зробити висновок, що нейронна мережа розпізнає практично всі обличчя на фото. Даний факт змушує думати, що нейронна мережа досить добре справляється з класифікацією даних і видає гідний результат навіть при порівняно невеликій кількості вхідних даних.

При дослідженні використано три згорткових шари: перший шар має 32-3 x 3 фільтри, другий шар має 64-3 x 3 фільтри і третій шар має 128-3 x 3 фільтри. Крім того, є три максимально-об'єднаних шари кожного розміру 2 x 2. Схема згорткової нейронної мережі представлена на рисунку 2.



Рисунок 2 – Схема згорткової нейронної мережі

Модель добре працює в порівнянні з деякими глибокими моделями навчання. Середня точність класифікатора складає 0,897.

## ВИСНОВКИ

Результатом дослідження методів розпізнавання обличчя людини є вибір нейромережевого методу.

Система на основі нейромережевих методів приймає рішення аналогічно людині. Для прийняття рішення даної системи необхідні певні дані про об'єкт, які можна отримати на вході за рахунок відстеження ключових ознак об'єкта. У разі, якщо таким об'єктом є людина, найбільш характерні ознаки можна отримати шляхом відстеження його особи. При цьому системі доводиться мати справу з іноді неякісними зображеннями, шумом, ракурсами положення голови, погане освітлення і тощо.

Факторами успішної роботи системи розпізнавання обличчя є критерії точності та швидкості. Вихідний продукт повинен показувати поліпшені показників розпізнавання.

У майбутньому планується доопрацювання автоматичної моделі розпізнавання для використання кінцевим споживачем без попереднього навчання, із метою розширення сфер її використання.

*Список використаних джерел*

1. Grother P. Face Recognition Vendor Test (FRVT). Performance of Face Identification Algorithms. / Patrick Grother, Mei Ngan. – Information Access Division National Institute of Standards and Technology. – May 26, 2014 – p. 138.
2. M. Lades, J. Vorbruggen, J. Buhmann, “Distortion invariant object recognition in the dynamic link architecture”, IEEE Transactions on computers, 1993, vol. 42, no. 3, pp. 300 -310, March 1993.
3. А. М. Лисенко, “Застосування біометричних систем для ідентифікації особи”, Вісник Київського нац. ун.-ту ім. Т.Шевченка, Юридичні науки, 2004, №60/62, с. 87-91.
4. Метод Виолы-Джонса (Viola-Jones) как основа для распознавания лиц, Электронный ресурс, Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/133826/>
5. S.Lawrence, C.L. Giles., C. Tsoita, “Face Recognition: A Convolutional Neural Network Approach”, IEEE Transactions on Neural Networks, Special Issue on Neural Networks and Pattern Recognition, vol. 8, no 1, pp.98–113, 1997.
6. Y.Taigman, M.Yang, M.Ranzato, “DeepFace: Closing the Gap to Human-Level Performance in Face Verification”, [Online]. Available at: [https://www.cs.toronto.edu/~ranzato/publications/taigman\\_cvpr14.pdf](https://www.cs.toronto.edu/~ranzato/publications/taigman_cvpr14.pdf)
7. Joo Er Meng, W.Chen, Wu Shiqian, “High-speed face recognition based on discrete cosine transform and RBF neural networks”, IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 16, no. 3, pp. 679 – 691,2005.

**Кривенко О. В., Трубицына Е. В.**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ ЛЮДЕЙ В СИСТЕМАХ ИДЕНТИФИКАЦИИ**

*Компьютерное зрение применяется при распознавании, идентификации, выявлении, анализе изображения. Но недостатком продвинутого программного обеспечения является то, что оно не воспринимает окружающий мир как человек. Умные машины пока не могут видеть, но могут учиться, подобно формированию нейронных связей в мозгу человека.*

*Актуальность исследования методов распознавания лица человека проявляется из-за популярности обработки изображения человека и необходимости улучшения взаимодействия человека и технологий.*

*Результатом исследований является определение преимуществ и недостатков существующих систем и методов, а также упрощение процесса распознавания лица человека на изображениях и повышение показателей при распознавании с помощью метода сверточных нейронных сетей. Полученная система на основе нейросетевых методов принимает решение аналогично человеку. Для принятия решения данной системе необходима информация об объекте, которую получают на входе благодаря отслеживанию особых свойств объекта. Когда исследуемым объектом является человек, наиболее особые свойства можно получить благодаря отслеживанию его личности. При этом системе приходится иметь дело с иногда некачественными изображениями, шумом, ракурсами положения головы, плохим освещением и тому подобное.*

*Критерии точности и скорости являются факторами успешной работы системы распознавания лица. Исходный продукт показывает улучшенные показатели распознавания.*

*Проведенные исследования показали универсальность нейронных сетей и их эффективность в решении задач распознавания лица человека в реальном времени и по фотографии.*

*Система автоматического отслеживания и распознавания лица человека с использованием искусственного интеллекта и сверточных нейронных сетей может быть использована в контрольно-пропускных пунктах, таможенном контроле, для идентификации в банковских системах, государственных учреждениях, учебных заведениях (контроль посещаемости, учет проходимости посторонних лиц в помещениях, идентификация лица при написании контрольных или экзаменационных работ).*

**Ключевые слова:** *распознавание изображений, программное обеспечение, нейронные сети, системы идентификации, метод сверточных нейронных сетей*

**Kryvenko Olha, Trubitsyna Olena**

### RESEARCH OF USE OF METHODS OF RECOGNITION OF PERSONS OF PEOPLE IN IDENTIFICATION SYSTEMS

*Computer vision is used in recognition, identification, identification, analysis of images. But the disadvantage of advanced software is that it does not perceive the surrounding world as a person. Smart machines cannot yet see, but can learn, like the formation of neural connections in the human brain.*

*The relevance of the study of human face recognition methods is manifested due to the popularity of human image processing and the need to improve human interaction and technology.*

*The result of the research is to determine the advantages and disadvantages of existing systems and methods, as well as simplifying the process of recognizing a person's face in images and increasing indicators when recognizing using the convolutional neural network method. The resulting system based on neural network methods makes a decision similarly to humans. To make a decision, this system needs information about the object, which is received at the entrance by tracking the special properties of the object. When a person is the object under investigation, the most special properties can be obtained by tracking his personality. In this case, the system has to deal with sometimes low-quality images, noise, angles of the head position, poor lighting and the like.*

*Accuracy and speed criteria are factors in the success of a face recognition system. The original product shows improved recognition rates.*

*Studies have shown the versatility of neural networks and their effectiveness in solving problems of facial recognition in real time and in photography.*

*The system of automatic tracking and recognition of a person's face using artificial intelligence and convolutional neural networks can be used at checkpoints, customs control, for identification in banking systems, government institutions, educational institutions (attendance control, registration of passers-by of unauthorized persons in the premises, identification persons when writing control or examination papers).*

**Keywords:** *image recognition, software, neural networks, identification systems, convolutional neural networks method.*

Рецензент: доц., канд. техн. наук Левицька Т. О.

Стаття надійшла 15.11.2019 р.