

УДК 004.8; 681.3

О. О. Слипченко, С. В. Клименко, А. Ю. Степанова

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА НЕЙРОСЕТЕЙ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ ЛИЦА

Рассмотрен метод распознавания лица с помощью сверточной нейронной сети. Проанализированы виды нейронных сетей. Представлено математическое описание сканированного изображения и алгоритм распознавания при помощи сверточной нейронной сети. Применение операции свертки для распознавания лиц позволило достигнуть высокой точности распознавания не зависимо от положения лица на фотоснимке и освещенности.

Ключевые слова: *распознавание лица; нейронная сеть; алгоритм.*

Розглянуто метод розпізнавання обличчя за допомогою згорточної нейронної мережі. Проаналізовано види нейронних мереж. Представлено математичний опис сканованого зображення і алгоритм розпізнавання за допомогою згорточної нейронної мережі. Застосування операції згортки для розпізнавання обличчя дозволило досягти високої точності розпізнавання незалежно від положення обличчя на фотознімку і освітленості.

Ключові слова: *розпізнавання обличчя; нейронна мережа; алгоритм.*

The article deals with the method of face recognition using a convolutional neural network. The types of neural networks are analyzed. The mathematical description of the scanned image and the recognition algorithm using a convolutional neural network are presented. The use of the convolution operation for the recognition of faces made it possible to achieve a high recognition accuracy, regardless of the position of the face in the photo and the illumination.

Keywords: *face recognition; neural networks; algorithm.*

Введение. Традиционные системы идентификации требуют знания пароля, наличия ключа, идентификационной карточки, либо иного идентифицирующего предмета, который можно забыть или потерять. В отличие от них, биометрические системы основываются на уникальных биологических характеристиках человека, которые трудно подделать и которые однозначно определяют конкретного

человека. Распознавание по биометрическим признакам является одним из важнейших компонентов систем защиты информации, систем её управления и обработки. Существуют различные методы биометрического распознавания, такие как: распознавание по отпечатку пальца, по сетчатке глаза, по геометрии лица, по радужной оболочке глаза, по геометрии руки, по термограмме лица и многие другие.

Анализ исследований и публикаций, постановка задачи. Анализ исследований свидетельствует о том, что существуют различные способы идентификации личности человека. Но в отличие от традиционных систем идентификации, которые требуют знания пароля или наличия ключа в виде магнитной карты, которые можно забыть, потерять или же их могут украсть, распознавание по биометрическим данным основывается на биологических характеристиках человека, например, таким как отпечаток пальца, радужная оболочка глаза, голос или лицо. Одним из самых быстроразвивающихся методов распознавания является распознавание человека по чертам лица, поскольку этот метод близок к человеческой идентификации других людей.

С наибольшей точностью с задачей распознавания лиц справляются свёрточные нейронные сети, которые, благодаря математической операции свёртки, устойчивы к положению головы и лица на входящем фотоснимке.

Рассмотрим более подробно распознавание по лицу, так как оно является одним из самых распространённых и быстроразвивающихся направлений в биометрии. Такой способ идентификации интересен тем, что он подобен тому, как люди обычно идентифицируют друг друга. Одним из самых первых методов распознавания стал анализ геометрических характеристик лица. Этот метод был разработан в криминалистике и применялся в ней изначально. Современная технология распознавания лиц основана на алгоритмах идентификации и сравнении изображений [1]. Суть идентификации по геометрии лица заключается в выделении набора ключевых точек (или областей) лица и последующем выделении набора признаков. Каждый признак является либо расстоянием между ключевыми (антропометрическими) точками, либо отношением таких расстояний. Наборы наиболее информативных признаков выделяются экспериментально. Успех распознавания во многом определяется выбором системы антропометрических точек и методами их нахождения. Также накладываются значительные требования на ориентацию положения лица и отсутствие помех на изображении. То есть такой метод

идентификации чувствителен к расположению лица, повороту головы и освещению. Главная проблема геометрического метода распознавания лиц – это нехватка точности при выделении числовых признаков и разбиения их на области. Поэтому и возникает задача увеличения точности распознавания, а значит и использование новых подходов и алгоритмов обработки изображений. Чтобы качественно улучшить систему распознавания, рассмотрим применение нейронной сети.

Основной материал. Искусственная нейронная сеть построена по принципу биологической нейронной сети. Это математическая интерпретация нейронов головного мозга человека, которая возникла в результате изучения и попытки смоделировать процессы, которые протекают в мозге. Для того чтобы добиться высокой производительности, нейронные сети используют множество взаимосвязей между нейронами [2]. На рис.1 представлена базовая модель структуры нейронной сети.

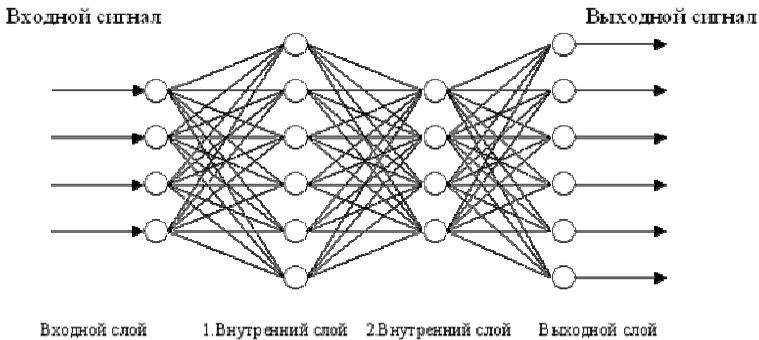


Рисунок 1 – Базовая структура нейронной сети

Искусственный нейрон в нейросети – это простая функция, которая имеет свой вход и выход. Работа этой функции заключается в том, что каждый вход умножается на веса, после этого всё суммируется, проходит через функцию активации и на выход выдаётся результат, как показано на рис. 2.

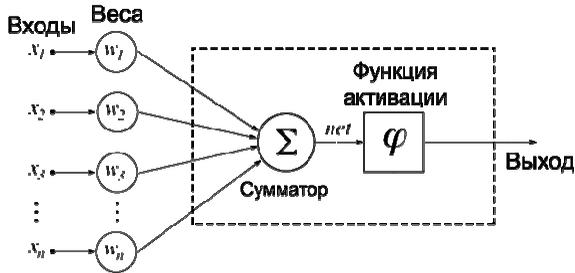
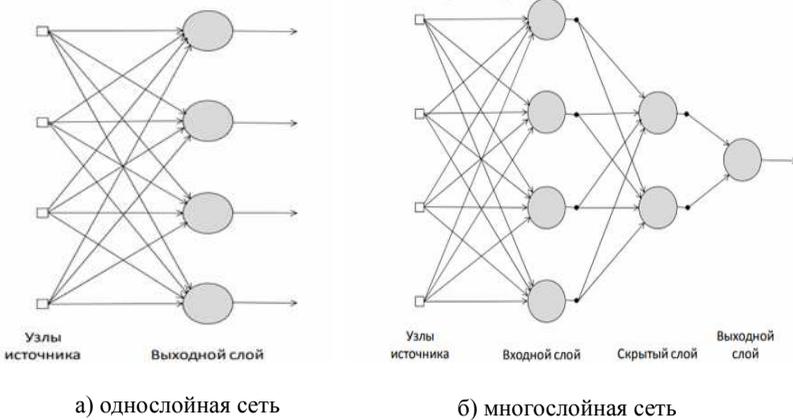


Рисунок 2 – Структура искусственного нейрона

Сеть, в которой все входные элементы соединены непосредственно с выходными элементами, называется однослойной нейронной сетью, или сетью персептрона (рис. 3а). Однослойная сеть прямого распространения представляет собой частный случай многослойной сети. Такая сеть состоит из узлов источника информации и одного слоя нейронов, который является одновременно входным слоем и выходным. Многослойные сети прямого распространения характеризуются наличием одного или нескольких скрытых слоев (рис. 3б).



а) однослойная сеть

б) многослойная сеть

Рисунок 3 – Виды нейронной сети

Многослойная нейронная сеть может моделировать функцию практически любой степени сложности, причем число слоев и число элементов в каждом слое определяют сложность функции. Определение числа промежуточных слоев и числа элементов в них является важным вопросом при конструировании.

К многослойным нейронным сетям относятся радиально-базисные

сети, свёрточные и нейросети рекуррентного типа. К сожалению, в задаче распознавания лиц не все нейронные сети могут оказаться устойчивыми к главным проблемам распознавания. Например, изменение освещённости и положение лица на изображении. Этот недостаток преодолён с разработкой свёрточной нейронной сети.

Архитектура свёрточной нейронной сети. Особенность свёрточной нейронной сети заключается в чередовании свёрточных и подвыборочных слоёв. Структура сети однонаправленная (без обратных связей), многослойная. Для обучения данной нейронной сети чаще всего используется метод обратного распространения ошибки. Особая архитектура свёрточной нейронной сети направлена на распознавание образов. Название архитектура сети получила из-за наличия операции свёртки, суть которой в том, что каждый фрагмент изображения умножается на матрицу (ядро) свёртки поэлементно, а результат суммируется и записывается в аналогичную позицию выходного изображения. Архитектура свёрточной нейронной сети состоит из многих слоёв. Слой – это один или несколько нейронов, на входы которых подаётся один и тот же общий сигнал (рис. 4). Слои свёрточной нейронной сети бывают свёрточные и подвыборочные. Каждый нейрон слоя получает входы от некоторой области из предыдущего слоя.

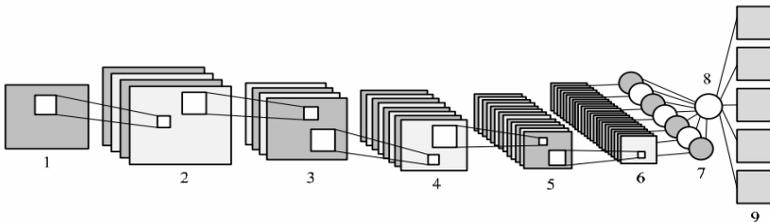


Рисунок 4 – Архитектура нейронной сети для распознавания лиц. 1 – вход; 2 – свёрточный слой; 3 – подвыборочный слой; 4 – свёрточный слой; 5 – подвыборочный слой; 6 – свёрточный; 7 – слой из обычных нейронов; 8 – выходной слой; 9 – классы фотографий.

Поскольку нейроны в пределах слоя организованы в плоскости, набор плоскостей представляет собой карты характеристик сканируемого изображения. Подвыборочный слой свёрточной сети уменьшает масштаб плоскостей с помощью локального усреднения значений выходов нейронов.

При решении задачи распознавания лиц на вход сети подаётся фотография человека (изображение), после этого изображение сканируется рецептивным полем. Информация каждого рецептивного

поля преобразується функцією і записується в кожен нейрон наступного шару. Такий процес відбувається в кожному шарі нейронної мережі. Нейронна мережа вивчає характеристики зображення, інваріантні до його масштабу, ракурсу і повороту. На виході встановлюється відповідність вхідного зображення одному з збережених в базі даних.

Такий підхід до розпізнавання добре підходить для контролю доступу в приміщення для невеликої кількості людей, так як для пошуку людини в великій базі даних потрібен набір ключових характеристик, по яким зручно буде проводити пошук.

Математичне описання сканованого зображення. Нейронна мережа для розпізнавання образів визначається набором вхідних нейронів, які можуть бути активовані за допомогою пікселів вхідного зображення. Штучні нейронні мережі – це прості математичні моделі, які визначають функцію $f: X \rightarrow Y$ або розподіл по X і Y . Математично функція нейрона мережі $f(x)$ визначається як композиція інших функцій $g_i(x)$. Широко використовується такий тип композиції, як нелінійна взважена сума:

$$f(x) = K(Z_i w_i g_i(x)), \quad (1)$$

де K – функція активації, Z_i – множина значень або градация критерію $f(x)$ («шкала» критерію), набір функцій $g_i(x)$ визначається, як вектор $g = (g_1, g_2, \dots, g_n)$, а w_i – ваги, призначені для урахування важливості критеріїв [3].

Залежності між змінними в мережі представлені на рис. 5.

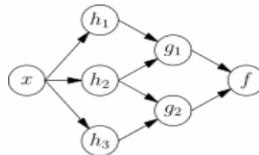


Рисунок 5 – Залежності між змінними в мережі

Існує також випадкова величина $F = f(x)$, яка залежить від випадкової величини $G = g(H)$. $G = g(H)$, в свою чергу, залежить від величини $H = h(X)$ і в результаті всі величини виявляються залежними від випадкової змінної X .

В свертковій нейронній мережі, крім функції активації, також використовуються формули функціонування нейронів в свертковому і

подвыборочном слоех. Формула функционирования нейрона свёрточного слоя сети:

$$y_k^{(i,j)} = b_k + \sum_{s=1}^K \sum_{t=1}^K w_{k,s,t} x^{((i-1)+s,(j+t))}, \quad (2)$$

где $y_k^{(i,j)}$ – нейрон k -й плоскости свёрточного слоя, b_k – нейронное смещение k -й плоскости свёрточного слоя, K – размер рецептивной области нейрона, $w_{k,s,t}$ – матрица синаптических коэффициентов, x – выходы нейронов предыдущего слоя.

Формула функционирования нейрона подвыборочного слоя:

$$y_k^{(i,j)} = b_k + \sum_{s=1}^{\frac{K}{\alpha}} \sum_{t=1}^{\frac{K}{\alpha}} w_k x^{((i-1)+s,(j+t))}. \quad (3)$$

Нейронные сети не программируются в привычном смысле слова, они обучаются. Одно из важнейших преимуществ нейронных сетей перед другими алгоритмами распознавания – возможность обучения. Это обучение заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. В свёрточной нейронной сети как способе обучения, используется алгоритм обратного распространения ошибки [4]. Для измерения качества распознавания используется функция среднеквадратической ошибки:

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_j (t_{pj} - o_{pj})^2, \quad (4)$$

где E_p – величина функции ошибки образа p , t_{pj} – желаемый выход нейрона j для образа p , o_{pj} – действительный выход нейрона j для образа p .

Итоговая коррекция синаптических коэффициентов проходит по такой формуле:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \eta \delta_{pj} o_{pj}, \quad (5)$$

где η – это коэффициент пропорциональности, который влияет на скорость обучения.

В ходе обучения нейронная сеть может определять сложные зависимости между входными и выходными данными, и выполнять обобщение. В результате успешного обучения, нейронная сеть сможет дать верный результат даже при неполных или искажённых данных. Для успешного обучения сети нужно приблизить выход сети к желаемому выходу, а чтобы уменьшить величину функции ошибки, следует настраивать веса нейронов.

Алгоритм распознавания лица. Для распознавания лица на

основе свёрточной нейронной сети система наблюдения делает фотографию человека. Нейронная сеть ищет область лица, выделяет её, оптимизирует масштаб полученного изображения и его яркость. Такой портрет поступает на вторую нейронную сеть для его сравнения с базой данных. На выходе получаем выборку наиболее похожих на входящее изображение портретов, которые хранятся в базе данных, после чего нейронная сеть проводит детальное сравнение поступившего портрета с выборкой похожих на него портретов по ключевым признакам. В итоге получаем выборку похожих портретов из базы данных, и автоматически выбирается наиболее соответствующее входному изображению.

Для ввода информации в базу данных на вход сети поступает фотография человека. На фотографии, с помощью нейронной сети, производится поиск области лица. Затем эта область лица выделяется, корректируется яркость и контраст изображения. После этого данный портрет сохраняется в отдельный файл базы данных. К изображению человека добавляется дополнительная информация о нём: пол, возраст и должность, которая сохраняется в тот же файл базы данных, что и изображение [5, 6]. Схема распознавания лица свёрточной нейронной сетью показана на рис. 7.

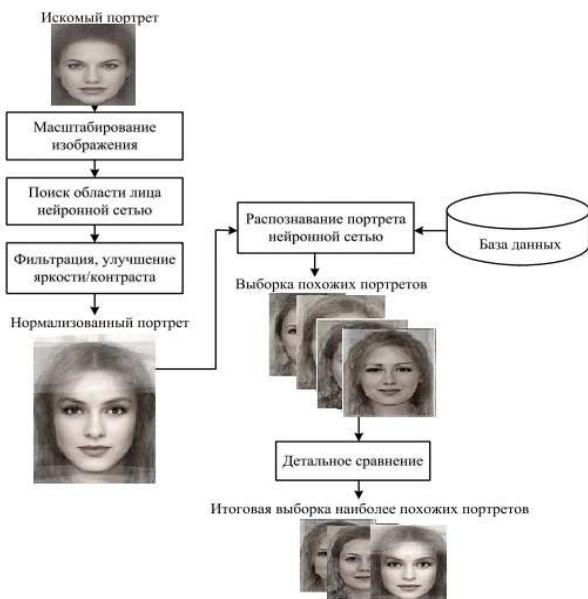


Рисунок 7 – Схема розпознавання лица свёрточной нейронной сетью

Выводы. Проанализировав основные алгоритмы обработки изображений при распознавании лица в системах наблюдения, выявлены основные недостатки, такие как нечувствительность к повороту головы, положению лица на снимке или освещению.

Использование сверточной нейронной сети обладает рядом преимуществ перед другими методами распознавания, основное из них – это их обучаемость для выделения ключевых характеристик лица, при хорошем обучении нейронная сеть предоставляет высокий результат распознавания даже при искажении данных. Возможность получения классификатора, который хорошо моделирует сложную функцию распределения изображения лица, что в свою очередь, увеличивает точность решения задач распознавания лица в системах наблюдения.

Библиографические ссылки

1. Хуршудов А. А. Разработка системы распознавания визуальных образов в потоке данных. Краснодар: Кубанский гос. техн. ун-т, 2015. С. 130.
2. Алексеева В. И., Коробка Ж. И. Искусственные нейронные сети: рекомендательный библиографический указатель. Краматорск: ДГМА, 2014. С. 25.
3. Подиновский В. В., Потапов М. А. Метод взвешенной суммы критериев в анализе многокритериальных решений: pro et contra // Бизнес-информатика. 2013. № 3(25). С. 41–48.
4. Бураков М. В. Нейронные сети и нейроконтроллеры: учебное пособие. СПб.: ГУАП, 2013. С. 284.
5. Друки А. А. Система поиска, выделения и распознавания лиц на изображениях // Средства и системы обработки и анализа данных. 2011. С. 16–25.
6. Потапов А. С. Искусственный интеллект и универсальное мышление. СПб.: Политехника, 2012. С. 711.

Надійшла до реколегії 20.07.2017