

15. V.S. Kraposhin, A.L. Talis, Ye.D. Demina, A.I. Zaytsev. *Kristallogeometricheskii mekhanizm srastaniya shpineli i sul'fida margantsa v kompleksnoye nemetallicheskoye vkladyeniye Metallovedeniye i termicheskaya obrabotka metallov*. 2015, 7, 4-12 (in Russ).

16. Butyagin, L. Y.U., *Razuporyadocheniye struktury i mekhanokhimicheskiye reaktsii v tverdykh telakh*. L. YU. Butyagin. *Uspekhi khimii*. 1984, T. 53, 11, 1769-1789 (in Russ).

17. Panin V.Ye., *Fundamental'naya rol' krivizny kristallicheskoy struktury v plastichnosti i tverdosti ploskikh tel*. V.Ye. Panin, A.V. Panin, T.F. Yelsukova, YU.F. Popkova. *Fizicheskaya mekhanika*, 2014, 17, 6, 7-18 (in Russ).

18. Ebeling, V., *Obrazovaniye struktur pri neobratimyykh protsessakh. Vvedeniye v teoriyu dissipativnykh struktur*. Per. s nem. A.S. Dobroslavskogo, Pod red. YU.L. Klimontovicha. Moskva, Mir: 1979, 279 (in Russ).

19. Yegorushkin, V.Ye., *Sil'novobuzhdennyye sostoyaniya v kristallakh*. V.Ye. Yegorushkin, V.Ye. Panin, Ye.V. Savushkin, YU.A. Khon. *Izv. vuzov. Fizika*. 1987, T. 30, 1, 9-33 (in Russ).

20. Panin, V.Ye., *Novaya oblast' fiziki tverdogo tela*. V.Ye. Panin. *Izv. vuzov. Fizika*, 1987, T. 30, 1, 3-8 (in Russ).

21. Olemskoy, A.I., *Perestroyka kondensirovannoyu sostoyaniya atomov v usloviyakh intensivnogo vneshneyu vozdeystviya*. A.I. Olemskoy, V.A. Petrunin. *Izv. vuzov. Fizika*, 1987, T. 30, 1, 82-121 (in Russ).

22. Guzev, M.A., *Bifurkatsionnoye povedeniye potentsial'noy energii sistemy chastits*. M.A. Guzev, A.A. Dmitriyev. *Fiz. mezomekh*. 2013, T. 16, 3, 27-33 (in Russ).

УДК 004.91

Е.Б. ҚУАНДЫҚ, А.С. ТЛЕБАЛДИНОВА

Восточно-Казахстанский государственный университет имени С. Аманжолова,
г. Усть-Каменогорск, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ДЛЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ СИМВОЛОВ

В данной статье рассмотрены основные методы для распознавания структурированных символов, с подробным разбором работ исследователей. Показаны преимущества и недостатки методов для распознавания штрих-кода товаров, номерных знаков автомобилей, почтовых индексов и т.д. Особое внимание обращается принципу работы методов. В результате выявлено, что один метод не подходит различным видам структурированных символов.

Ключевые слова: распознавание структурированных символов, структурированные символы, нейронные сети, штрих-код.

ТАҢБАЛАРДЫ ТАҢУ ӘДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Осы мақалада зерттеушілердің құрылымданған таңбаларды тану әдістері қарастырылды. Тауарлар штрих-кодын, автокөліктердің нөмірлерін, пошта индекстерін танудағы әдістердің артықшылықтары мен кемшіліктері көрсетілді. Әдістердің жұмыс істеу принципіне ерекше назар аударылады. Нәтижесінде, бір әдістің түрі әртүрлі құрылымданған таңбаларды тануда қолдануға болмайды.

Түйін сөздер: құрылымдық таңбаларды тану, құрылымданған таңбалар, нейрондық желілер, штрих-код.

RESEARCH METHODS FOR THE PROBLEM CHARACTER RECOGNITION

In this article, the main methods for recognizing structured symbols are examined, with detailed analysis of the researcher's work. Advantages and disadvantages of methods for recognizing the bar code of goods, car license plates, postal codes, etc. are shown. Particular attention is paid to the principle of work methods. As a result, it was found that all methods equally do not fit the same kind of structured symbols.

Keywords: structured character recognition, structured recognition, neural networks, barcode.

В настоящее время в работе социальной безопасности и службы используются возможности компьютерных технологий для отслеживания, обработки, хранения данных узаконенного имущества. Распознавание структурированных данных используется при идентифицировании объектов. Самыми исследуемыми объектами сегодняшнего времени являются номерные знаки транспорта, почтовые индексы, штрих-код товаров. Существуют три основных метода при распознавании структурированных символов: шаблонные методы, структурные, топологические или признаковые методы. Также используются методы морфологического анализа, нейронные сети и т.д.

Для шаблонных методов характерно то, что происходит сравнение изображения символа со всеми имеющимися в базе системы шаблонами. Наиболее подходящим шаблоном считается тот, у которого будет наименьшее количество точек, отличных от исследуемого изображения. Шаблонные методы хорошо распознают дефектные символы (разорванные, склеенные), но основной недостаток шаблонных методов – невозможность распознать шрифт, хоть немного отличающийся от заложенного в систему (размером, наклоном или начертанием).

Признаковые методы [1] наиболее распространены. В их основу положено предположение, что можно анализировать не все изображение символа, а только набор признаков, вычисленных по изображению. Подразумевается, что значения признаков несут достаточно информации о символе. Недостатком признакового подхода является то, что при распознавании подвергается не сам символ, а некоторый набор признаков, что может привести к неправильному распознаванию символов.

Структурные методы хранят информацию не о поточечном написании символа, а о его топологии (эталон содержит информацию о взаимном расположении структурных элементов символа). При этом становится неважным размер распознаваемой буквы-образа и шрифт, которым она напечатана. Но главным недостатком в данном случае являются большие ресурсные затраты,

требующиеся для реализации данного метода, поскольку при структурном подходе в изображении символов ведется построение скелета, вычисление определенных форм округлостей, угловых и линейных соотношений, пропорций между продольными и поперечными линиями, а также определение пробелов и др.

Методы морфологического анализа изображений разработаны для решения таких задач, как поиск известного объекта на неизвестном фоне, выделение неизвестного объекта на известном фоне, классификация изображений сцен и т.п. Трудности при решении подобных задач связаны с тем, что всякое изображение сцены содержит информацию не только о регистрируемой сцене, но также и об условиях регистрации, при которых оно получено и которые, как правило, неизвестны.

Архитектура сверточной нейронной сети состоит из многих слоёв. Нейроны в пределах слоя организованы в плоскости. В каждом слое имеется набор из нескольких плоскостей, причём нейроны одной плоскости имеют одинаковые синаптические коэффициенты, ведущие ко всем локальным участкам предыдущего слоя. Каждый нейрон слоя получает входы от некоторой области предыдущего слоя. Таким образом достигается иерархическая организация.

Метод машинного обучения Виолы-Джонса. В работах рассматриваемый метод является основополагающим методом для поиска объектов изображений в реальном времени. Принципы, на которые опирается метод Виола-Джонса: – использование изображения в интегральном представлении; – использование признаков Хаара; – использование бустинга. Преимуществом интегрального представления изображения является возможность быстро рассчитать суммарную яркость произвольного прямоугольника на изображении, при этом скорость расчета не зависит от масштаба прямоугольника. После перевода изображения в интегральное представление происходит поиск необходимого объекта с использованием признаков Хаара. Признак Хаара определяется смежными темными и светлыми прямоугольными областями. Величина каждого признака вычисляется как разность между суммой пикселей в белых областях и суммой пикселей в черных областях. Бустинг используется для осуществления наиболее подходящих признаков. Идея бустинга впервые была предложена R. Schapire в конце 90-х годов. Данная процедура осуществляет последовательное построение композиции алгоритмов машинного обучения, где каждый следующий алгоритм стремится компенсировать недостатки композиции всех предыдущих алгоритмов. Для осуществления быстрого отсеивания окон, где не обнаружен необходимый объект используются каскады признаков, каждый из которых (кроме первого) обучается на ошибках предыдущего. На основе поступивших признаков на вход классификатора выдается результат правильности, либо ложности. Недостатком

метода Виолы-Джонса является то, что результат проводимой работы зависит от обучающей выборки, а это в свою очередь говорит о том, что под входными данными подразумевается яркое изображение, которое реагирует к освещенности.

Метод опорных векторов. В диссертационной работе, в соответствии с определенными целями и задачами, за основу также был взят метод опорных векторов. Метод опорных векторов [4] относится к методам машинного обучения, целью которого является классификация поступившей группы входных данных в один из двух классов. Для обеспечения эффективности работы метода используют обучающую выборку, которая состоит из входных и выходных данных, и которая важна для построения модели метода опорных векторов. Метод опорных векторов относится к семейству линейных классификаторов. На основе построенной модели также можно воспроизвести классификацию новых данных. Для построения модели опорных векторов следует взять обучающие входные данные, отобразить их в многомерном пространстве, далее используя регрессию найти гиперплоскость, которая бы могла разделять два класса входных данных. Гиперплоскость – это поверхность в n -мерном пространстве, разделяющая его на два подпространства. Отметим, что существует целое множество гиперплоскостей, которые разделяют два класса, поэтому для хорошей классификации, необходимо, чтобы расстояние между ближайшими к гиперплоскости точками, которые лежат по разные стороны гиперплоскости, было максимальным и это будет наилучшей классификацией. После того как закончится обучение модели, она сможет при помощи гиперплоскости классифицировать новые входные данные в тот или иной класс. Одним из преимуществ метода опорных векторов является то, что если удалить все точки, кроме опорных векторов, алгоритм метода опорных векторов не изменится и данное свойство этого метода делает его уникальным. Отметим, что для каждого рассмотренного метода машинного обучения присущи свои достоинства и недостатки, и использование этих методов зависит от постановки задачи и оценки их применимости в той или иной ситуации.

Существуют алгоритмы для распознавания печатных текстов. Шрифтовые или шрифтозависимые алгоритмы используют априорную информацию о шрифте, которым напечатаны буквы. Это означает, что программе ОРС должна быть предъявлена полноценная выборка текста, напечатанного данным шрифтом. Программа измеряет и анализирует различные характеристики шрифта и заносит их в свою базу эталонных характеристик. По окончании этого процесса шрифтовая программа оптического распознавания символов (ОРС) готова к распознаванию данного конкретного шрифта. Этот процесс условно можно назвать обучением программы. Далее обучение повторяется для некоторого множества шрифтов, которое зависит от области применения программы.

Выше перечисленные методы использовались в работах отечественных и зарубежных исследователей.

В работе А.С. Тлебалдиновой [4] рассмотрена методика распознавания номерных знаков РК. Она использует метод простых шаблонов, так как шрифт распознаваемых символов известен. Входные символы сравниваются со всеми стандартными шаблонами. Символ с наибольшим процентом совпадения с шаблоном записывается в результат.

А.А. Друки [2] в своей научной работе показывает, что для распознавания номерных знаков автомобилей подходит метод сверточных нейронных сетей. Потому что данный метод подходит частым изменениям масштаба, смещениям, поворотам, смене ракурса и прочим искажениям. Для обучения сети использовалась база изображений, состоящая из 5000 символов. Значения исходных синаптических весов для всех слоёв сети с гиперболическим тангенсом выбираются на основе равномерного распределения с нулевым математическим ожиданием и дисперсией, обратной квадратному корню, из количества синаптических связей нейрона. Нейронная сеть обеспечивает вероятность распознавания символов на уровне 95% и скорость работы 0,5 секунды. В ходе экспериментов было установлено, что сеть ошибочно распознаёт символы при отклонении пластины номерного знака по горизонтали и вертикали более 45° и повороте пластины на плоскости до 15° . В этих случаях атрибуты символов наслаиваются друг на друга и не поддаются распознаванию даже человеческим глазом.

А.В. Афонасенко [3] в своей работе использует метод морфологического анализа для распознавания номерных знаков автомобилей. Потому что этот метод подходит для распознавания изображений маркировки на поверхностях различных объектов, полученных с помощью систем автоматизированного ввода информации через различные типы цифровых фото и видеокамер. Предложенный метод не чувствителен к изменениям масштаба и к таким деформациям символов, как аффинные и проективные преобразования, до тех пор, пока отдельные элементы символа не будут перекрывать друг друга. Этот метод исключает такие дефекты как масштаб символов, аффинные и проективные преобразования. Таким образом, в качестве признаков данный метод использует топологические особенности символов, при этом вычисляется меньшее количество признаков, чем в структурных методах распознавания. Предложенный метод не чувствителен к изменениям масштаба и к таким деформациям символов, как аффинные и проективные преобразования, до тех пор, пока отдельные элементы символа не будут перекрывать друг друга. Разработанный метод распознавания символов может быть использован как при распознавании изображений маркировки на поверхностях различных объектов,

полученных с помощью систем автоматизированного ввода информации через различные типы цифровых фото и видеокамер, так и для решения типовых офисных задач, связанных с распознаванием печатных символов.

Вторым по счету исследуемым объектом является почтовый индекс. Исследователи применяют разные методы в распознавании почтовых символов. Н.М. Следнева в своей публикации «Комбинированный метод распознавания рукописных цифр в почтовых индексах» использует шрифто-зависимые методы для распознавания структурированных символов. Шрифто-зависимые алгоритмы основываются на сопоставлении идентичных элементов в известных шрифтах и распознаваемых символах [5]. Форма и соотношение размеров основных элементов одинаковых цифр в различных почерках различаются, хотя и не настолько, чтобы не признать их в первом приближении одинаковыми. Некоторые одинаковые цифры в различных почерках могут различаться наличием или отсутствием небольших элементов, но это также существенно не меняет основной характер их написания. Это дает возможность во многих алгоритмах использовать печатные шрифты в качестве эталонных. Однако эффективное распознавание в таких алгоритмах возможно при незначительных отклонениях рукописного шрифта от эталона.

Распознавание штрих-кода с высоким искажением и низким разрешением. Работа Рамтина Шэмса и Парасту Садеджи (Австралия, Канберра) [6]. Модуль алгоритма оценки ширины приведен путем выделения кодовых слов непосредственно карты интенсивности. Локальный экстремум используется в качестве оценки модуля центров и большой кривизной точек как средство модуля обработки сигналов. Алгоритм способен декодировать код с плотностью кода из четырех или более пикселей. Алгоритм проверен с базой данных EAN13 штрих-кодов изображений, полученных с помощью NEC 616 мобильного телефона. Мобильный телефон имеет низкое разрешение 352x288 пикселей. Эти снимки были сделаны в различных осветительных, ориентациях, расстояниях и перспективных условиях. Наш алгоритм был в состоянии успешно декодировать 47% испытуемых. Результаты показали улучшение 57% по сравнению с популярным коммерческим считывателем штрих-кода, который был только способен распознавать менее 30% изображений.

Локализация и декодирование штрих-кода с использованием видеоизмененного ScanLine подхода для промышленной паспортной проверки. Автор этой работы Акаш Таккар (Индия, Мумбай) [7]. Эта статья пытается устранить недостатки, такие как неправильная и поврежденная упаковка и с ошибочным введением низкой стоимости вложенного решения и оптимизированные алгоритмы обработки изображений, надежно работающих в режиме реального времени. Предлагается «Базовый уровень алгоритма

декодирования». Этот подход основан на алгоритме понижения (hill-climbing) широко используется в области искусственного интеллекта. Он включает в себя мечение локальных минимумов и максимумов для конкретного Scanline. Среднее значение всех максимумов, кроме первого и последнего максимумов рассчитываются. Со вторым и предпоследним минимумами, две точки, наиболее близкие к среднему идентифицируются, чтобы служить в качестве локальных максимумов на обеих конечных точках.

Изображение на основе штрих-кодов почтовый декодер с отсутствующей полосой корректировки. Автором является тайваньские исследователи Пэн-Хуа Ванг и Цзя-Вэй Цю [8]. В этой статье предлагается способ декодирования почтовых штрих-кодов с недостающими полосами. Метод применяется для декодирования кода POSTNET. Экспериментальные результаты подтверждают предложенный метод. Этот метод возник в уникальности длины модулируемых кодов. Для кодов Postnet, есть две длинные полосы и три коротких стержня в структуре любой цифры. Таким образом, можно найти какой-либо один из оставшихся четырех. Эта концепция может быть применена к другим символиям. Предложенный алгоритм может быть использован для коррекции нескольких полос отсутствующих в символе. Следующие условия не рассматриваются предложенным алгоритмом:

- начало или остановки полосы отсутствуют;
- две полосы отсутствуют в одной цифре;
- две соседние полосы отсутствуют.

В настоящее время дополнительная проверка рутинная длина шины может сообщить неверный код и остановить декодирование, когда любое одно условие происходит выше. Тем не менее, можно декодировать символы в этих условиях, путем тщательного анализа уникальности длины модулируемых кодов, в более усовершенствованный алгоритм ширины пространственного анализа.

Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки. Очень важно подобрать подходящий метод для поставленной задачи. Все методы одинаково не применимы для одной и той же задачи. Если выбрать номерные знаки транспорта при получении снимка из разных углов, то в этом случае стоит выбрать метод искусственных нейронных сетей, потому что существует ряд факторов, влияющих на решение при распознавании структурированных данных. Мы должны учитывать факторы такие как смещения, искажения, характер освещения объектов сцены, их оптические свойства и т.п. Анализируя эти моменты исследователь выбирает один из методов который больше подходит для распознавания. В таблице 1 показаны методы и алгоритмы исследователей.

Таблица 1 – Методы и алгоритмы для распознавания структурированных символов

№	Методы и алгоритмы	Объект исследования	Автор	Внешние факторы
1	Сверточные нейронные сети	Номерные знаки автомобилей	А.А. Друки	Изменения масштаба, смещения, повороты, смена ракурса
2	Морфологический анализ	Номерные знаки автомобилей	А.В. Афонасенко	Изменения масштаба, аффинные и проективные преобразования
3	Метод простых шаблонов	Номерные знаки автомобилей РК	А.С. Тлебалдинова	Плохое освещение, размытие
4	Шрифто-зависимые методы	Почтовый индекс	Н.М. Следнева	Различие форм и соотношение размеров основных элементов одинаковых цифр
5	Шаблонные методы	Штрих-код товара	Рамтина Шэмса, Парасту Садеджи	Низкое разрешение изображения
6	Алгоритм понижения	Штрих-код товара	Акаш Таккар	Неправильная и поврежденная упаковка
7	Почтовый декодер	Штрих-код товара	Пэн-Хуа Ванг, Цзя-Вэй Цю	Отсутствующая полоса

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тлебалдинова А.С. Сравнительный анализ методов распознавания структурированных символов / А.С. Тлебалдинова, М.А. Карменова // Вестник ВКГУ. – 2016. – №3. – С. 153-156.
2. Друки А.А. Распознавание структурированных символов на изображениях с использованием гистограмм средней интенсивности и сверточной нейронной сети / А.А. Друки // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 318. – №5. – С. 120-125.
3. Афонасенко А.В. Распознавание структурированных символов на основании методов морфологического анализа / А.В. Афонасенко // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 318. – №5. – С. 119-123.
4. Тлебалдинова А.С. Разработка методов и моделей анализа структурированных символов для распознавания текстовой информации / А.С. Тлебалдинова. – 2015. – С. 116.
5. Следнева Н.М. Комбинированный метод распознавания рукописных цифр в почтовых индексах / Н.М. Следнева // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – 2012. – №6. – С. 82-85.
6. Shams. R., Sadeghi, P Bar Code recognition in highly distorted and low resolution

images. 2007 IEEE International Conference on Acoustics, speech and signal Processing, pp. 731-740. IEEE Press, New York (2007) Jia-Wei Ciou., Peng-Hua Wang, An Image-Based Postal Barcode Decoder with Missing Bar Correction, IEEE , 2012.

7. Thakkar, Barcode localization and Decoding using a modified ScanLine approach for industrial nameplate verification, International Journal of Computer Applications. – 2015. – Vol. 129. – No. 7. – PP. 28-32.

REFERENCES

1. Tlebaldinova A.S., *Sravnitel'nyy analiz metodov raspoznavaniya strukturirovannykh simvolov*. A.S. Tlebaldinova, M.A. Karmenova. *Vestnik VKGU*. **2016**. 3, 153-156 (in Russ).

2. Druki A.A., *Raspoznavaniye strukturirovannykh simvolov na izobrazheniyakh s ispol'zovaniyem gistogramm sredney intensivnosti i svertochnoy neyronnoy seti*. A.A. Druki. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. **2013**. T. 318. 5. 120-125 (in Russ).

3. Afonassenko A.V., *Raspoznavaniye strukturirovannykh simvolov na osnovanii metodov morfologicheskogo analiza*. A.V. Afonassenko. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. **2007**, T. 318. 5. 119-123 (in Russ).

4. Tlebaldinova A.S., *Razrabotka metodov i modeley analiza strukturirovannykh simvolov dlya raspoznavaniya tekstovoy informatsii*. A.S. Tlebaldinova. **2015**, 116 (in Russ).

5. Sledneva N.M., *Kombinirovannyy metod raspoznavaniya rukopisnykh tsifr v pochtovykh indeksakh*. N.M. Sledneva. *Yeletrotekhnichni ta komp'yuterni sistemi*. **2012**, 6, 82-85 (in Russ).

6. Shams. R., Sadeghi, P *Bar Code recognition in highly distorted and low resolution images*. 2007 IEEE International Conference on Acoustics, speech and signal Processing, pp. 731-740. IEEE Press, New York, 2007 Jia Wei Ciou., Peng Hua Wang, An Image Based Postal Barcode Decoder with Missing Bar Correction, IEEE, **2012** (in Eng).

7. Thakkar, *Barcode localization and Decoding using a modified ScanLine approach for industrial nameplate verification*, International Journal of Computer Applications, **2015**. Vol. 129, 7, 28-32 (in Eng).

УДК 669.2/.8:658.5

К.Е. НУРСАКИТОВ, А.В. БОГОМОЛОВ

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск, Казахстан

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ДОБЫЧИ УРАНА МЕТОДОМ ПОДЗЕМНОГО СКВАЖНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

В статье рассматриваются преимущества добычи урана методом подземного скважного выщелачивания, а также современные методы автоматизации данного процесса. Дается оценка необходимости развития автоматизации процесса добычи урана в Казахстане.

Ключевые слова: автоматизация, подземное скважное выщелачивание, добыча урана.