

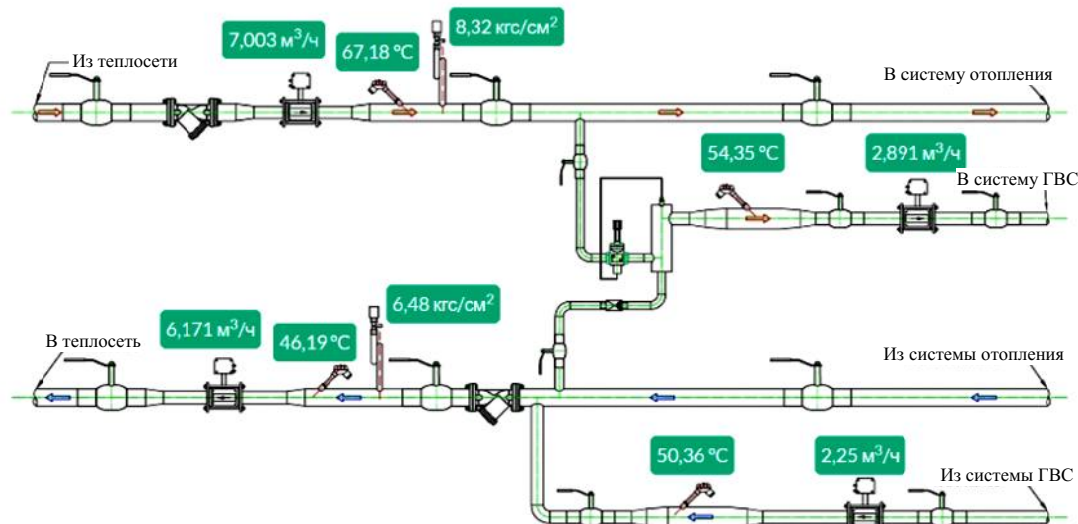


Рис. 2. Пример HMI системы диспетчеризации

Выводы

Помимо непосредственно удаленного сбора данных система диспетчерского контроля дает возможность проводить мониторинг состояния ключевых показателей качества поставляемой тепловой энергии, анализировать энергоэффективность объекта, сохранять информацию в базе данных и передавать для дальнейшей обработки. Применение систем диспетчеризации, основанных на технологии OPC, позволяет создавать системы без использования дорогостоящих SCADA-пакетов, при этом обмен данными с различными устройствами осуществляется в удобном для человека виде с использованием универсальных тегов, что в значительной степени упрощает создание серверной части системы. В будущем именно такие системы станут наиболее распространенными из-за их стоимости и удобства использования, особенно в теплоснабжении, где основными пользователями являются разнообразные управляющие компании, ТСЖ и жители.

Литература

1. Енисейская тепловая компания. URL: <http://enteplo.ru>.
2. Колосов М.В., Михайленко С.А. Анализ потенциала энергосбережения в тепловых сетях // Энергетик. 2013. №3.

3. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

4. Юнусов А.Р. Автоматизация технологических процессов без использования классических scada-пакетов (опыт ОАО «Газ-Сервис») // ИСУП. 2010. № 6(30).

References

1. *Eniseiskaia teplovaia kompania* [Enisei heat company]. Available at: <http://enteplo.ru>.
2. Kolosov M.V., Mihailenko S.A. *Analiz potentsiala energosberezheniia v teplovih setiah* [The analysis of energy saving potential in heating systems]. Moscow, 2013, №3.
3. *Federal'nyi zakon Rossiiskoi Federatsii ot 23 noyabrya 2009 g. № 261-FZ "Ob energosnabzhenii i o povyshenii energeticheskoi effektivnosti i o vnesenii izmenenii v otdelnie zakonodatelnye akti Rossiiskoi Federatsii"*. [Federal Law of the Russian Federation of November 23, 2009 N 261-FZ "On energy saving and energy efficiency improvements and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation"].
4. Unusov A.R. *Avtomatizatsia tekhnologicheskikh protsessov bez ispol'zovaniia klassicheskikh scada-paketov (opyt OAO «Gas-Service»)* [Automation of technological processes without the use of classical scada-package (experience of "Gas Service")]. Moscow, 2010, № 6(30).

УДК 519.6

И.В. Копылов, А.В. Казаков

Научный руководитель: кандидат технических наук В.А. Царев
Череповецкий государственный университет,
Л.Л. Малыгин
Компания «Малленом Системс»

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МАРКИРОВОК РУЛОНОВ МЕТАЛЛОПРОКАТА

В данной статье описан процесс идентификации рулонов металлопроката по нанесенным маркировкам, позволяющий автоматизировать учет и контроль рулонов, проходящих через цех. Проводится краткое описание процесса маркировки рулонов, приводятся характеристики самих рулонов, а также характеристики нанесенных маркировок. Задачу идентификации

рулонов предлагается решать с помощью системы машинного зрения, описанной в статье. Более подробно рассмотрены этапы и особенности распознавания номеров, нанесенных на рулоны.

Алгоритмы локализации объектов на изображениях, оператор Собеля, классификация, машинное зрение, машинное обучение, интерполяция и аппроксимация.

This paper describes the process of identification of metal products rolls, to automate accounting and control of rolls passing through department of the plant. Authors give a brief description of the process of marking rolls, the characteristics of metal rolls, and the characteristics of markings. It is suggested to solve the task of identifying the rolls by machine vision system, as described in the article. The steps of recognition plates of rolls were described more detailed.

Algorithms for localization of objects in images, Sobel operator, classification, machine vision, machine learning, interpolation and approximation.

Введение

В настоящее время металлургическое производство характеризуется распределенными в пространстве и времени технологическими процессами, требующими согласования технологических и транспортных операций, когда результаты каждой последующей операции выполнимы при условии успешного завершения предыдущей [6].

Одним из таких технологических процессов является процесс транспортировки рулонов металлопроката на склад готовой продукции. При транспортировке рулона на входе в цех необходимо произвести его идентификацию по нанесенной маркировке и проследить его путь до момента снятия краном для дальнейшего учета.

Задача внедрения автоматизированного учета перемещения рулонов на конвейере и их уникальная идентификация в настоящее время является одним из актуальных путей повышения производительности предприятия.

Для того, чтобы обеспечить прослеживание металла, нужно использовать специальные методы маркировки и идентификации, которые позволят контролировать движение металла полностью автоматически в режиме реального времени. Для идентификации продукции на входе в цех необходимо распознавать номера, нанесенные на боковую поверхность рулонов металлопроката. Наиболее оптимальным подходом к распознаванию номеров является применение машинного зрения.

Предлагаемая система основана на технологии машинного зрения и предназначена для определения в режиме реального времени местоположения каждого рулона (с привязкой к идентификатору) на конвейере с точностью, зависящей от особенностей конкретного производства.

Основная часть

Краткие характеристики объектов контроля – рулона металлопроката и маркировки

Рулоны металлопроката обладают следующими характеристиками:

- ширина 900–2300 мм;
- высота 1250–1835 мм;
- температура раската может быть в пределах до 450 °С;
- масса рулонов 4–36 т;
- скорость движения рулонов в зоне контроля 0,08–0,16 м/с;

– в предполагаемой зоне контроля рулоны всегда чистые, по цвету серебристые. Окарины нет.

В процессе производства листовой продукции рулоны маркируются [5] в потоке. В настоящее время на многих предприятиях маркировка выполняется вручную. В то же время реализуются мероприятия по автоматической маркировке рулонной продукции. Маркирование различной продукции с помощью красящих веществ – один из старейших методов. Современные технологии и материалы позволили автоматизировать данную операцию, а саму маркировку сделать более долговечной. Сегодня специальное оборудование, получившее название «маркеры», позволяет наносить четкую идентифицирующую информацию в цветном оформлении. Маркировка может располагаться в любом месте относительно вертикальной оси рулона.

Маркировка на рулонах представляет собой номер, выполненный в буквенно-цифровом виде, матрицей 7*5 точек. Определяющими требованиями при выборе шрифта являются:

- читаемость маркировки человеком;
- читаемость маркировки системой распознавания;
- помехоустойчивость.

Маркировка наносится на вертикально установленный рулон.

Особенности системы распознавания

Рулоны могут быть поданы в зону контроля любой стороной. Необходим контроль со всех сторон. Положение рулонов в зоне контроля относительно роллганга одинаковое.

Для гарантированного попадания маркировки в зону контроля необходимо использовать несколько камер, расположенных вокруг рулона и охватывающих всю длину окружности. Минимальное количество камер, обеспечивающее охват всей поверхности без существенных искажений, – 4 штуки. Таким образом, каждая камера охватывает сектор рулона в 90°.

После входа в цех система получает сигнал от индуктивного датчика наличия рулона и формирует кадры заданных областей. Программное обеспечение выполняет склейку изображений в соответствии с проведенной калибровкой для формирования изображения развертки рулона и дальнейшего распознавания маркировки. Склейка необходима, поскольку маркировка или отдельный ее символ может одновременно располагаться в двух зонах контроля.

Алгоритм распознавания маркировки

Алгоритм распознавания номера маркировки (рис. 1) можно разделить на несколько этапов: локализация маркировки, сегментация цифр маркировки, уточнение положения цифр путем наложения шаблона маркировки, описание изображений локализованных цифр векторами признаков, распознавание цифр с помощью обученного классификатора, формирование итогового номера.

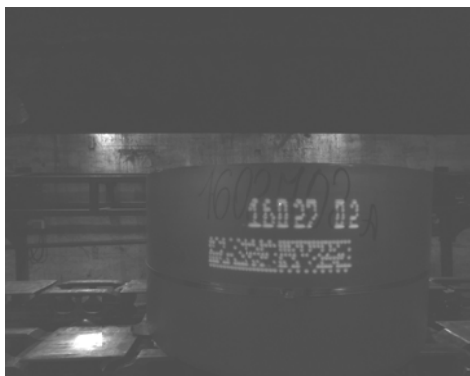


Рис. 1. Пример изображения рулона металлопроката с нанесенной на нем маркировкой

Этап локализации номеров возможно осуществить с помощью алгоритма выделения границ, описанного в статье [7]. Для локализации зон с предполагаемым номером используется свертка исходного полутонового изображения I рулона металлопроката с вертикальным фильтром Собеля H [9]. В результате получается изображение границ объектов – G .

Далее проводится ряд операций над изображением G : вычисление модулей перепадов яркости $|G|$; линейное контрастирование $|G|$ с удалением малоинформативных «хвостов» гистограммы; разбиение контрастированного изображения $|G|$ на столбцы с заданной шириной; выявление локальных минимумов проекции модуля градиента в столбцах; выбор потенциальных зон в каждом столбце; удаление пересекающихся зон; выбор лучших зон среди оставшихся после удаления пересекающихся областей; подавление областей, центрирование и формирование выхода с координатами зон с предполагаемым номером маркировки рулона металлопроката (рис. 2). Зоны, в которых цифр нет, в итоге будут пропущены на этапе классификации цифр.

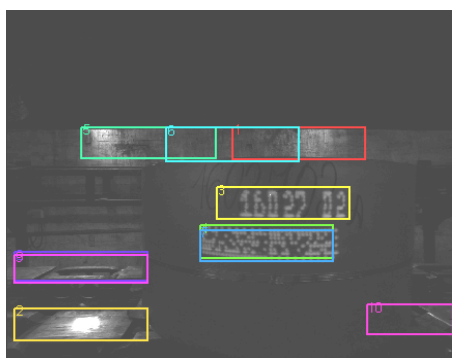


Рис. 2. Найденные зоны с предполагаемым номером маркировки

Далее рассмотрим этап сегментации цифр номера. Первым этапом сегментации цифр является бинаризация изображения с целью явного отделения цифр от фона. Был разработан алгоритм, где поиск подходящих порогов бинаризации осуществляется за счет поиска точек границ символов. После чего изображение условно делится на зоны, в каждой из которых ищется свой порог бинаризации. Порог одной зоны бинаризации вычисляется как среднее значение между значениями яркостей цифр и яркостей фона. Понимание, какая точка принадлежит фону, а какая цифре, возможно за счет найденных граничных точек. В результате, каждая зона изображения бинаризуется с соответствующими порогами бинаризации и получается результирующее бинарное изображение.

Вторым этапом сегментации цифр является поиск их ограничивающих прямоугольников. Был разработан алгоритм, основанный на проекциях бинарного изображения.

Для начала строятся проекции бинарного изображения на оси X (*projectionX*) и Y (*projectionY*), после чего для каждой проекции находятся точки минимума.

По первой и последней точке минимума проекции на ось Y определяются нижняя и верхняя границы цифр. Для поиска границ цифр по оси X вводится параметр максимально допустимой ширины символа (*maxWidth*). Для каждой точки минимума, считающейся левой границей цифры, ищутся точки, соответствующие правой границе. При этом расстояние между парами точек границ символов не должны превышать значение параметра *maxWidth*. В результате получается большое количество промежуточных вариантов, прямоугольников для каждой цифры номера.

Для возможности выбора наиболее подходящих ограничивающих прямоугольников для цифр каждому из промежуточных вариантов ставится мера значимости (вес). Вес для каждого найденного ограничивающего прямоугольника, левая граница которого соответствует i -й точке, а правая соответствует j -й точке *projectionX*, вычисляется следующим образом:

$$weight = 1 - \frac{projectionX(i) - projectionX(j)}{\max(projectionX)}$$

Имеющиеся ограничивающие прямоугольники объединяются в группы, так что все прямоугольники группы пересекаются, расстояние от центра первого прямоугольника до центра последнего прямоугольника группы не превышает значение параметра *maxWidth*. Среди прямоугольников группы выбирается прямоугольник с максимальным значением *weight*.

В результате получается, что каждой цифре будет соответствовать только один ограничивающий прямоугольник (рис. 3).



Рис. 3. Найденные ограничивающие прямоугольники

Следующим этапом является наложение заданного шаблона на найденные цифры путем аффинного преобразования [1] координат шаблонных цифр в координаты цифр на анализируемом изображении. При этом, даже если какие-то цифры были пропущены на этапе сегментации, то за счет наложения шаблона положение цифр будет восстановлено.

В качестве признаков, описывающих цифры, используются сами изображения цифр, вырезанные по найденным ограничивающим прямоугольникам, преобразованные к размеру 12x8 и представленные в виде векторов.

В качестве метода машинного обучения, на основе которого строятся модели-классификаторы, используется метод многомерной интерполяции и аппроксимации [2], [4]. Данный метод гарантирует получение оптимального результата с точки зрения рассматриваемого математического аппарата; показывает хорошие обобщающие способности [8], даже при небольших обучающих выборках; нет необходимости в подготовке тестовой и валидационной выборок при обучении [3]; не требует настройки множества параметров, прост в реализации.

Выводы

В данной статье был описан процесс идентификации рулонов металлопроката по нанесенным маркировкам, позволяющий автоматизировать учет и контроль рулонов, проходящих через цех. Проведено краткое описание процесса маркировки рулонов, приводятся характеристики самих рулонов и нанесенных маркировок. Задачу идентификации рулонов предлагается решать с помощью системы машинного зрения, описанной в статье. Более подробно рассмотрены этапы и особенности распознавания номеров, нанесенных на рулоны.

Литература

1. Александров П.С. Лекции по аналитической геометрии, дополненные необходимыми сведениями из алгебры. М., 1968. С. 188–192.
2. Бахвалов Ю.Н., Зуев А.Н., Шибакина Т.А. Метод распознавания образов на основе теории случайных функций // Известия вузов. Приборостроение. 2005. Т. 48. №2. С. 5–8.
3. Бахвалов Ю.Н., Копылов И. В. Обучение и оценка обобщающей способности методов многомерной интерполяции // Компьютерные исследования и моделирование. 2015. Т. 7. №5. С. 1023–1031.
4. Бахвалов Ю.Н., Малыгин Л.Л., Черкас П.С. Метод машинного обучения на основе алгоритма многомерной интерполяции и аппроксимации случайных функций // Вестник Череповецкого государственного университета. 2012. Т. 2. № 2. С. 7–9.
5. ГОСТ 7566-94. Металлопродукция. Приемка, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение. Введ. 1998-01-01. М., 2005. 14 с.
6. Казаков А.В. Модернизации и оптимизация линий транспортировки рулонов металлопроката: проблемы и

пути решения // Электронный научный журнал. АР-Консалт. 2016. №3. С. 88–92.

7. Копылов И.В. Комбинированный алгоритм локализации номеров железнодорожных цистерн. Материалы 25-й международной научной конференции GraphiCon2015. 2015. С. 188–191.

8. Копылов И.В., Малыгин Л.Л., Царев В.А. База изображений номеров наземных транспортных средств // Вестник Череповецкого государственного университета. 2015. № 7. С. 19–22.

9. Kong W., Chang P., Bi Z. Real-time Sobel edge detector. // The 6th PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology (ICET-2013), Novi Sad, May 15-17, 2013. University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences. 1–2 pp.

References

1. Alexandrov P.S. *Lekcii po analyticheskoi geometrii, popolnennii neobhodimimi svedeniami iz algebr* [Lectures on analytical geometry, supplemented by essential materials from algebra]. Moscow, 1968, pp. 188–192. (in Russian)
2. Bahvalov Ju.N., Zuev A.N., Shirabakina T.A. Metod raspoznavaniia obrazov na osnove teorii sluchainykh funktsij [The method of pattern recognition based on the theory of random functions]. *Izvestiia vuzov. Priboro-stroenie* [Proceedings of the universities. Instrumentation], 2005, vol. 48, №2 pp. 5–8. (in Russian)
3. Bahvalov Iu.N., Kopylov I.V. Obychenie i ocenka obobshaiyshei sposobnosti metodov mnogomernoi interpoliatsii [Training and assessment of the generalization ability of multivariate interpolation method]. *Computer Research and Modeling*, 2015, vol. 7, № 5, pp. 1023–1031 (in Russian).
4. Bahvalov Iu.N., Malygin L.L., Cherkas P.S. Metod mashinnogo obucheniia na osnove algoritma mnogomernoi interpoliatsii i approksimatsii sluchainykh funktsii [The method of machine learning based on algorithm of multidimensional interpolation and approximation of random functions]. *Vestnik Cherepoveckogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Cherepovets State University], 2012, № 2, vol. 2, pp. 7–9. (in Russian)
5. GOST 7566-94. Metalloprodukcija. Priemka, markirovka, upakovka, transportirovanie i hranenie. [Acceptance, marking, packaging, transportation and storage]. Vved. 1998-01-01. Moscow, 2005, p. 14. (in Russian)
6. Kazakov A.V. Modernizatsii i optimizatsia linii transportirovki rylonov metalloprokata: problem i puti reshenia. [Modernization and optimization of rolled metal coil handling lines: problems and solutions]. *Elektronnii naychnii zhurnal* [Electronic scientific journal], 2016, №3, pp. 88–92. (in Russian)
7. Kopylov I.V. Kombinirovannii algoritm lokalizatsii numerov geleznodorozhnikh sistern. [Combined algorithm of localization of numbers of railway tanks]. *Materiali 25-i mezhdynarodnoi naychnoi konferencii. GraphiCon2015* [Proceedings of the 25th International Scientific Conference 2015 GraphiCon], 2015, pp. 188–191.
8. Kopylov I.V., Malygin L.L., Tsarev V.A. Basa isobrazhenii numerov nazemnih transportnih sredstv. [Car license plate image database]. *Vestnik Cherepoveckogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Cherepovets State University], 2015, № 7, pp. 19–22. (in Russian)
9. Kong W., Chang P., Bi Z. Real-time Sobel edge detector. *The 6th PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology (ICET-2013)*, Novi Sad, May 15-17, 2013. University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences. 1–2 pp.