

V. E. Hertzman, A. A. Suvorov, E. N. Sigov

THE PROBLEM OF LASER SOURCES IDENTIFICATION THAT IRRADIATE NAVIGATION SPACECRAFTS

The mathematical methods which allows to determine the fact of targeted laser irradiation are considered. The algorithm of the geographic coordinates estimation for ground-based illumination source is proposed

Quantum-optical station, electromagnetic pulse, laser irradiation, irradiation source position determination, GLONASS

УДК 004.932.2, 004.67

С. А. Кулаков, Г. В. Разумовский

Система учета проезда железнодорожных вагонов

Приводится описание системы распознавания номеров вагонов, ее состав и описание отдельных алгоритмов. Обсуждаются преимущества применения алгоритма определения границ вагонов в системе распознавания номеров вагонов. Отмечается возможность повышения вероятности распознавания номеров вагонов за счет применения совокупности алгоритмов, основанных на получении косвенных данных из дополнительных систем.

Алгоритм распознавания номеров вагонов, определение границ вагонов, натурный лист, трекинг

В настоящее время в области компьютерного зрения одной из актуальных задач является автоматизированное распознавание номеров железнодорожных (ж/д) вагонов, контейнеров, автомобилей и т. п. Необходимость таких систем обусловлена сложностью «ручного» визуального контроля за процессом перевозки грузов, а также их автоматизированного учета в системах логистики и управления технологическими процессами. Однако существует ряд факторов, усложняющих создание таких систем. Среди них можно выделить: возможность нефиксированного положения распознаваемых символов, их различный размер и цвет в пределах одного изображения; наличие помех, мешающих выделению символов на изображении (например, цемент, просыпанный на номер вагона, или подтеки нефти на номерах цистерн и т. п.); расположение объекта на плохо освещенном участке считывания номеров.

В случае распознавания номеров ж/д вагонов следует учитывать, что кроме основного номера на вагоне может располагаться еще и контрольный номер, нанесенный существенно меньшим шрифтом и расположенный в его нижней части,

причем его цвет может отличаться от цвета основного номера. Таким образом, в пределах одного изображения символы, требующие распознавания, могут быть изображены существенно отличающимися друг от друга цветами. Ситуация может осложняться неоднородностью освещения при съемке вагона, что приводит к изменению цвета как в пределах одной последовательности символов (номера), так и в пределах одного символа.

Традиционно задача определения номеров ж/д вагонов решается в несколько этапов:

1. Обнаружение состава и разбиение его на вагоны.
 2. Группировка набора кадров, относящихся к одному и тому же вагону.
 3. Локализация номера в кадре.
 4. Распознавание номера.
 5. Проверка правильности распознанного номера подсчетом его контрольной суммы и, по возможности, сравнением номера с данными натурного листа.
 6. Фиксация события проезда вагона в базе данных.
-

Задачу обнаружения состава и разбиения его на вагоны можно решать при помощи системы видеонаблюдения. При этом есть ряд недостатков, существенно сказывающихся на точности результата. Факторами, влияющими на качество результата, являются любые движения вдоль ж/д полотна, динамический задний фон. Поэтому для повышения точности обнаружения состава и разбиения на вагоны данная задача решается одним из нескольких способов:

- *Использование фоновой щита.* Для решения данной задачи используются фоновые щиты, расположенные напротив каждой камеры. Если состава нет, то фоновый щит виден целиком. Как только часть фоновой щита перекрывается поездом, система начинает запись кадров проходящего поезда. При этом первые кадры обрабатываются особо. На этом этапе определяется наличие поезда и направление его движения, отсеиваются различные помехи, которые могут частично закрывать фоновый щит. При обработке первых кадров выявляются также случаи, когда поезд состоит из одного локомотива. Обработка такого состава не выполняется. Недостатком данного метода является плохое распознавание щита при неблагоприятных погодных условиях или в темное время суток. Также существуют места, где невозможно установить щит.

- *Использование инфракрасных (ИК) датчиков.* Для разбиения состава на вагоны используются ИК-датчики в количестве от 1 до 3. Если используется только один датчик, то направление движения определяется при анализе изображения. При использовании нескольких датчиков направление движения определяется по последовательности срабатывания датчиков. Так как требуется определять как вагоны, так и ж/д платформы, то излучатель и приемник каждой пары ИК-датчиков необходимо размещать на разной высоте, чтобы ИК-луч проходил под углом к горизонту. К недостаткам данного метода относится частая необходимость в очистке датчиков, особенно в зимний период, и ложные срабатывания в плохую погоду (интенсивный дождь или снегопад).

- *Использование лазерного дальномера.* Достоинством такого метода, по сравнению с ИК-датчиками, являются простота использования и надежность работы. Отсутствие второго датчика (приемника) исключает установку дополнительной опоры с противоположной стороны рельсов и

прокладку кабелей ко второй опоре. Кроме того затраты на обслуживание системы разбиения на вагоны с использованием лазерного дальномера значительно ниже, так как установка датчика предусматривается на высоте не ниже 2 м, что приводит к меньшему загрязнению оптической системы и уменьшению затрат на обслуживание системы. К недостаткам использования датчиков подобного типа относятся: небольшой диапазон контролируемых расстояний (до 10 м) при умеренной мощности лазера, невысокое быстродействие при резком изменении расстояний (пересечении луча), отсутствие возможности контроля для поверхностей с поглощением света свыше 85 %, более высокая стоимость по сравнению с ИК-датчиками.

- *Использование индукционных датчиков или магнитных педалей.* Индукционные датчики имеют следующие достоинства:

- качество их работы не зависит от метеосредств и времени суток;
- кроме определения границ вагона позволяют получить скорость состава и направление его движения.

Недостатками использования индукционных датчиков являются высокая стоимость оборудования и большой объем монтажных работ при их установке.

В качестве индукционных датчиков или магнитных педалей используется несколько видов датчиков, закрепленных на рельсовых путях:

1. Магнитная педаль ПБМ-56.
2. Индуктивные датчики колесных пар фирмы Siemens (WSR, WSD).
3. Индуктивные датчики колесных пар компании «Промэлектроника» ДКУ ЕРКФ.6652.002-02.
4. Индуктивный датчик Tiefenbach 2N59-1R-200-45.

Выбор датчика зависит прежде всего от скорости движения состава. При скоростях состава выше 30 км/ч необходимо использовать индуктивные датчики фирм Siemens и Tiefenbach, при меньших скоростях – датчик компании «Промэлектроника», у которого период опроса датчика не может быть менее 10 мс. Обычно номера вагонов считываются при въезде или выезде с сортировки или предприятия, где скорости движения состава небольшие. Поэтому с точки зрения массовости применения и простоты реализации в статье рассматривается использование датчика

счета колесных пар ДКУ ЕРКФ.6652.002-02. Одним из преимуществ этого датчика является наличие интерфейса RS-485, что позволяет подключать его к промышленным микроконтроллерам. К его достоинствам также можно отнести наличие двух индуктивных катушек в корпусе датчика, что дает возможность использовать один датчик для определения скорости колесной пары и направления движения вагона, и наличие встроенной электроники, позволяющей передавать на выход большой объем информации, начиная от скорости состава и заканчивая проверкой работоспособности датчика.

Задача группировки набора кадров, относящихся к одному и тому же вагону, решается на этапе анализа типа и границ вагона. Группировка начинается при проходе первой колесной пары вагона над датчиком ДКУ, а заканчивается при проходе последней колесной пары вагона. При этом все кадры, полученные с видеокамеры в этот промежуток времени, помечаются как кадры, относящиеся к одному вагону.

Задачу локализации номера в кадре и распознавания на сегодняшний день решают многими способами, среди которых наибольшую популярность имеют гистограммные методы, метод определения локального контраста, морфологические методы обработки изображения [1]. Также существуют различные методы предобработки изображения, позволяющие повысить качество распознавания номеров. В данной статье рассматривается комбинация методов локального контраста с гистограммным методом, что позволяет увеличить вероятность правильной локализации номера на кадре.

Задача распознавания символов номера вагона может быть решена одним из существующих на данный момент методов [2]: сравнением с эталонными шаблонами, контурным анализом (скелетизация) и использованием нейронных сетей. Вероятность распознавания номеров ж/д вагонов данными способами достигает 80...90 % на всем парке ж/д вагонов. Важным критерием, обеспечивающим высокую достоверность распознавания номера вагона, являются характеристики видеокамеры. Среди них следует особо выделить скорость затвора срабатывания камеры. Скорость затвора должна быть достаточно высокой при любом освещении, так как вагон движется пер-

пендикулярно оптической оси камеры и при недостаточной скорости затвора изображение будет размытым, что приведет к невозможности распознавания номера.

Наибольший эффект дает метод распознавания номеров ж/д вагонов, основанный на получении дополнительной информации о типе вагона еще на этапе формирования последовательности кадров, относящейся к конкретной единице подвижного состава (ЕПС) вагона. Все вагоны классифицируются по типам, и априорное знание одной или нескольких цифр номера вагона позволяет повысить вероятность правильного распознавания номера.

Грузовые вагоны обращаются по всей сети железных дорог и имеют нумерацию, построенную по специальной системе. Номер каждого грузового вагона состоит из восьми цифр. В этой комбинации в неявном виде присутствует осьность вагона и последняя цифра, полученная из комбинации предыдущих семи, является контрольной в соответствии со стандартом ОАО «РЖД».

Получение типа вагона возможно по определению осности и геометрических характеристик, присущих всем единицам подвижного состава и неизменным при любых скоростях и загрузке. Эту информацию можно получить при помощи ДКУ, закрепленных на рельсовых путях, и системы обработки данных. Для определения номеров вагонов и подсчета количества единиц подвижного состава применяется трехуровневая схема обработки данных. На первом уровне обработки используется контроллер, который установлен непосредственно в пункте слежения за ж/д составом и выполняет функцию опроса ДКУ и передачу информации при изменении данных на счетчике колесных пар на следующий уровень обработки. Общий вид пункта слежения приведен на рисунке.

Модуль опроса датчиков колесных пар и передачи данных на сервер аналитики написан на языке C и реализован на микрокомпьютере MOXA UC7110-T-Lx. Данный модуль выполняет опрос датчиков с периодичностью 10 мс и в случае изменения значения на счетчике количества осей передает данные по сети Ethernet на сервер для дальнейшего анализа. Период опроса датчиков позволяет с высокой точностью определять межосевые расстояния, и погрешность составляет не более 4 см.

ружения сбоя посылает сигнал на перезагрузку датчика. Если перезагрузка не помогает, то алгоритм распознавания определяет границы вагона, используя видеоданные, поступающие от камеры. В этот же режим алгоритм переходит и при обнаружении сбоя в работе микроконтроллера. Также возможны ситуации, когда во время перезагрузки ДКУ над ним прошла колесная пара и алгоритм «потерял» возможность определения типа вагона. В этом случае по мере прохода колесных пар над ДКУ производится «поиск типа вагона» в списке межосевых расстояний.

При формировании номера вагона каждый из символов проверяется по всей выборке номеров, принадлежащей текущему вагону, и выбираются символы с наилучшей вероятностью распознавания. Сформированный номер проверяется при помощи контрольной цифры, указанной в восьмом символе номера в соответствии со стандартом ОАО «РЖД»*. Если возможен доступ к базе данных с натурными листами, то можно осуществить контроль правильности распознавания номера вагона, сравнив его с номерами в натурных листах. Если распознанный номер совпадает с одним из номеров в натурном листе, считается, что номер распознан со 100 %-й вероятностью. Если точного соответствия номера в натурных листах не найдено, то выбирается максимально похожий номер в соответствии с вычисленным расстоянием Левенштейна между распознанным номером вагона и всеми номерами из натурного листа.

Третий уровень обработки событий осуществляет прием информации от сервера аналитики. На нем запущена программа обработки событий и находится база данных по всем событиям. Сервер аналитики отправляет данные с номером, типом, направлением движения вагона и фотографией вагона с номером.

Рассмотренная система учета железнодорожных единиц подвижного состава на основе вычисления геометрических характеристик ж/д вагонов позволяет повысить вероятность распознавания номеров железнодорожных вагонов до 96 % за счет следующих факторов:

1. Контроля первых трех цифр номера вагона сопоставлением их с цифрами, которые вычисляются на основании типа вагона.

2. Точного определения границ вагона с возможностью группировки всех кадров, относящихся к каждому вагону, что позволяет получить максимальное число кадров для анализа номера вагона и исключить кадры, в которых присутствует другой вагон.

3. Анализа номера в нескольких кадрах и многократного анализа одной и той же цифры на нескольких кадрах.

4. Использования контрольных сумм и натуральных листов.

Данная система также может быть использована для подсчета единиц подвижного состава, номера на которые не нанесены или не могут быть прочитаны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система технического зрения для распознавания номеров железнодорожных цистерн с использованием модифицированного коррелятора в метрике Хаусдорфа / С. Г. Волотовский, Н. Л. Казанский, С. Б. Попов, Р. В. Хмелев; Ин-т систем обработки изображений РАН. 2007.

2. Волотовский С. Г., Казанский Н. Л., Попов С. Б. Система регистрации железнодорожных составов цистерн: Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2004611969 по заявке

№ 2004611381 от 29 июня 2004 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 26 авг. 2004 г.

3. Ромкин М. В., Тюмиков Д. К. Геометрические параметры для идентификации единиц железнодорожного подвижного состава // Вестн. транспорта Поволжья. 2008.

4. Ромкин М. В., Засов В. А. Система автоматической идентификации типов подвижных единиц железнодорожного транспорта // СамГУПС. 2010.

S. A. Kulakov, G. V. Razumovskiy

ACCOUNTING SYSTEM MAP RAIL CARS

The article describes the system of recognition of numbers of cars, its composition and the description of the individual algorithms. The advantages of applying the algorithm for determining the boundaries of cars in the system of recognition of numbers of cars. Mentions the possibility of increasing the probability of recognition of numbers of cars, due to application of a set of algorithms based on the receipt of proxy data from additional systems.

Recognition algorithm numbers of cars, the definition of the boundaries of cars, full-scale list, tracking

* http://logisticsinfo.ru/main/art_tran_provpodbor.shtml.