УДК 656.13

© Р. Н. Сафиуллин, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: safravi@mail.ru
© Е. В. Морозов, адъюнкт
(Военная академия материально-технического
обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: mev521@yandex.ru
© Д. Д. Беликова, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный горный
университет, Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: r.baruzdin@inbox.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-2-195-201

© R. N. Safiullin, Dr. Sci. Tech., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia)
E-mail: safravi@mail.ru
© E. V. Morozov, adjunct
(General of the Army A. V. Khrulev Military Logistics
Academy, St. Petersburg, Russia)
E-mail: mev521@yandex.ru
© D. D. Belikova, post-graduate student
(Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia)
E-mail: r.baruzdin@inbox.ru

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТРИЧНОГО QR-КОДА

AUTOMATIC SYSTEM FOR IDENTIFICATION OF A VEHICLE BASED ON THE APPLICATION OF THE MATRIX QR CODE

Рассмотрен новый метод автоматической системы идентификации автомобильного транспортного средства (АТС) на основе разработанной системы контроля движения транспортных средств с использованием матричного QR-кода, которая решает проблему сегментации номерных знаков различного формата (знаки типа QR-код с разным количеством символов). Эта система необходима для того, чтобы распознавать сегментированные символы из тех же входных наборов, которые имеют такой же размер без накладывания друг на друга букв и наборов чисел. Также предлагается способ распознавания нестандартных знаков на основании применения смешанного метода шаблонов, степени соответствия. На основе тестирования 100 образцов шаблонов и знаков, проведенных экспериментов и снимков, сделанных в реальных условиях эксплуатации АТС, данный метод дает точность распознавания в количестве 80,4 %, для работы со смешанным типом требуется 1,7 секунды, а для шаблонов соответствия — 0,75 секунды для выполнения операции распознавания при определении факторов адекватности применения смешанного метода.

Ключевые слова: автоматическое распознавание знаков типа QR-код, система автоматического контроля движения автомобильных транспортных средств при применении матричного QR-кода.

The article discusses a new method of automatic vehicle identification system (AVIS) based on the developed system of vehicle traffic control using matrix QR-code, which solves the problem of segmentation of license plates and signs of different formats (signs of the QR-code type with a different number of characters). The system has been created in order to recognize segmented characters from the same input sets that have the same size without overlapping letters and sets of numbers. It is proposed to apply a method for recognizing non-standard characters, based on the use of a mixed pattern method, the degree of compliance. Based on testing of 100 samples of templates and signs, experiments and images taken in real conditions of vehicle operation, it can be stated, that this method provides a recognition accuracy of 80.4%, for the mixed pattern method, it takes 1.7 seconds, and for the compliance templates it takes 0.75 second to perform the recognition operation when determining the adequacy of the application of the mixed method.

Keywords: automatic recognition of signs of the QR-code type, automatic traffic control system for motor vehicles using a matrix QR-code.

Введение

В настоящее время все системы управления сложных технических объектов строятся на основе использования многоуровневых микропроцессорных систем адаптивного управления с распределенными функциями обработки информации, которые объединены в единую сеть. Развитие автоматических систем на транспортных средствах обеспечило внедрение систем и средств автоматизации контроля их движения, а также способствовало созданию интеллектуальных систем управления, рассчитанных на повышение эффективности эксплуатации и безопасности дорожного движения. Для идентификации транспортного средства в процессе движения на современном этапе развития беспилотных технологий есть необходимость совместить существующие системы, технические средства организации движения и электронные системы управления автомобильного транспорта. Эти разные по быстродействию системы определили аппаратную структуру подсистем с учетом обеспечения живучести и надежности технических средств, а также распределение ресурсов на эксплуатацию.

В связи с этим появились проблемы в практической реализации формирования данных систем при интеграции их в одну общую систему, обеспечивающую одновременное решение большого количества задач контроля движения транспортных средств, что, собственно, и определяет требования к параметрам функционирования систем автоматизации контроля движения АТС в реальном времени. В результате появилась необходимость осуществлять создание систем автоматизации контроля движения управления на базе современных технических средств безопасности дорожного движения. Это позволит обеспечить не только дальнейшее развитие средств автоматизации на транспортных средствах, но и интеграцию систем управления технических средств контроля движения транспортной инфраструктуры в единую систему, которая решит широкий круг задач по оптимальному использованию традиционных и робототехнических транспортных средств:

- формирование рекомендаций по рациональному управлению транспортными средствами в различных условиях;

- разработка адаптивных систем управления транспортных средств в реальных условиях эксплуатации АТС и т. д.

Совместимость подсистем управления АТС и систем автоматизации контроля движения различных уровней дает возможность осуществить взаимный обмен информацией при решении различных задач управления с учетом заданной целевой функции. Это позволит решить следующие проблемные вопросы: повышение эффективности использования транспортных средств; снижение численности регуляторов, обеспечивающих контроль и безопасность, эксплуатацию транспортных средств; обеспечение интеграции процессов управления при формировании комплексных транспортных систем при движении АТС.

Разработка интеллектуальных средств управления систем автоматизации контроля движения транспортных средств позволит объединить функции контроля движения, сигнализации, диагностирования, регулирования охраны (защиты), управления и так далее, что позволит повысить эффективность эксплуатации АТС, оптимизировать режимы их использования и в конечном итоге перейти от автоматизированных систем контроля движения (управления) к автоматическим.

Основная часть

Система автоматизации контроля движения транспортных средств представляет собой совокупность систем управления и различных типов измерительных средств скорости движения и программных комплексов идентификации транспортных средств, где обычно используются ультразвуковые лоаторы, видеокамеры и т. д. Комплексная идентификация транспорта осуществляется по полученной информации и реализуется в виде определенных сигналов в программном обеспечении. Существующие методы распознавания, которые в настоящее время функционируют, нашли применение и фактически используются в различных видах транспорта, особенно в интеллектуальных транспортных системах (ИТС) [1]. Одна из наиболее важных тем ИТС касается идентификации автомобильных транспортных средств, в частности, с помощью номерных знаков. Существующая система распознавания автомобильных транспортных

средств основана на методах, которые используются для объектов: автостоянки [2, 3], контроль безопасности объекта [4], автоматическая система фиксации правил дорожного движения [5], контроль весовых параметров транспортных средств в случаях их перегрузки [6], автоматическое взимание платы [7] и т. д. (рис. 1).

На основании анализа функционирования систем распознавания автомобильных транспортных средств предложена обобщенная математическая модель развития автоматизированных систем контроля движения АТС [7]:

$$W_1 = f(F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6, \dots, F_n), \quad (1)$$

где W_1 — функциональные возможности автоматизированных систем контроля движения АТС, действующих на данный момент; W — перспективные функциональные возможности автоматизированных систем контроля движения АТС.

Из-за стремительного увеличения количества транспортных средств в больших городах мира система идентификации транспортных средств стала одной из самых важнейших задач по разработке инновационных систем цифровой системы распознавания изображений. Эта система способна решить очень много проблем для тех

городских объектов, контроль над которыми особенно сложно осуществлять человеку 24 часа в сутки. Тем не менее, эта система по-прежнему сталкивается со множеством трудностей в распознавании номерных знаков, и важнейшие из этих проблем — большое разнообразие видов номерных знаков в различных странах, а также условия обнаружения изображения. В РФ более десятка различных видов номерных знаков других стран, которые имеют незначительные или значительные различия между ними. Для решения данной проблемы необходим поиск одной интегрированной системы, которая может автоматически распознавать транспортное средство при обработке данных в режиме реального времени.

В результате исследования выявлено, что это довольно сложная задача из-за разнообразия видов номерных знаков и неоднородных внешних условий освещения во время получения изображений [8, 13]. Причинами неточной работы этих систем могут быть: недостаточное освещение, шумы, наложение букв или нечеткие контуры символов [9, 10]. Некоторые методы были основаны на использовании искусственной нейронной сети [11, 12], которые показали достаточно

Рис. 1. Развитие автоматизированных систем идентификации АТС в Российской Федерации

высокую точность, но требовали длительной обработки данных, к тому же методы «нуждаются» в периодическом улучшении для повышения точности. Теорема шаблонного подобия [14] широко используется в распознавании букв и цифр. Шаблоны соответствия показали высокую точность, однако они требуют эффективного метода поиска, для чего необходимо иметь место для хранения всех цифр и букв шаблонов. Смешанные логические системы были использованы в целях распознавания и сегментирования элементов номерных знаков. Системы показывают высокую производительность, точность и короткое время обработки, однако они чувствительны к шумам и искажениям.

Как видим, современные методы идентификации АТС имеют ряд существенных недостатков, исходя из чего предложен новый метод идентификации на основе сформированной адаптивной системы контроля движения транспортных средств с учетом использования матричного QR-кода [15], которая решает проблему сегментации номерных знаков и знаков различного формата (знаки типа QR-кода с разным количеством символов). Есть две основные цели для этой работы: во-первых, распознавать сегментированные символы из тех же входных наборов, которые имеют такой же размер без накладывания друг на друга букв и наборов чисел. Во-вторых, предлагается способ распознавания нестандартных знаков на основании применения смешанного метода шаблонов, степени соответствия. На основе тестирования 100 образцов шаблонов и знаков, проведенных экспериментов и снимков, сделанных в реальных условиях эксплуатации АТС, данный метод дает точность распознавания 80,4 %, для работы со смешанным типом требуется 1,7 секунды, а для шаблонов соответствия — 0,75 секунды для выполнения операции распознавания при определении факторов адекватности применения смешанного метода. Блок-схема предлагаемой системы показана на рис. 2.

В предлагаемой системе идентификации транспортного средства включены последовательно преобразователь сигнала матричного QR-кода, приемопередатчик по определенному каналу связи в сеть с последующей доставкой оперативной переданной информации пользователям, а затем — на передатчик радиоканала

[15], установленного на транспортном средстве приемника широкополосного радиоканала. Данная система может быть применена для быстрой передачи информации от автомобиля, о его техническом состоянии, текущем местоположении, маршруте движения, наличии полиса ОСАГО, об осуществлении платы за проезд по дороге. Также эта система может быть применена для передачи оперативной информации к АТС и обратно о возникших сложностях дорожного движения на пути следования (ремонтные работы, дорожно-транспортное происшествие и т. д.); дает команду к снижению скорости движения, контролирует обстановку на дороге, подает сигнал о нарушении правил парковки, предупреждает об аварийных ситуациях и т. д.

Предлагаемое техническое решение является одним из способов контроля движения транспортного средства, который заключается в том, что в систему идентификации транспортных средств дополнительно включены преобразователь, запрос-ответчик, подключенный к действующей радиосвязи, и приемопередатчик радиоканала связи в информационно-локальные корпоративные сети [15], передатчик широкополосного радиоканала на установленный на транспортном средстве приемнике.

Благодаря системе идентификации АТС решена проблема низкого контроля движения автомобилей за счет обеспечения передачи оперативной информации от транспортного средства

Рис. 2. Система автоматической идентификации транспортного средства с использованием матричного QR-кода

к разработанной многофункциональной автоматизированной системе контроля движения.

Решение технической задачи отличается от существующих тем, что к приемопередатчику по каналу связи в информационно-телекоммуникационную сеть Интернет последовательно включен передатчик сигнала, передающий информацию на установленное на транспортном средстве приемное устройство.

Система автоматической идентификации транспортного средства с использованием матричного QR-кода (см. рис. 2) работает следующим образом. Сформированный сигнал типа QR-кода 1 поступает на программно-аппаратный комплекс с видеокамерой 2, к которому подсоединен программный преобразователь 3. Он передает данные сигналы на приемопередатчик 5 и фиксирует положение транспортного средства одновременно с помощью видеокамеры 2 через запрос/ответчик 4. От приемопередатчика 5 поступают сведения о техническом состоянии транспортного средства, маршруте его движения и сведения об оплате проезда по дороге через корпоративные 6 и защищенные 7 радиоканалы с автоматизированной системой ДПС 8 локальным пользователям, имеющим устойчивую работоспособность (помехи, передача с подвижных объектов и др.) [13].

Предложенный метод идентификации автомобильного транспортного средства [15] позволит обеспечить реализацию следующих функций:

- передачу оперативной информации о АТС;
- контроль перевозимого груза;
- контроль технического состояния транспортного средства;
- обеспечение идентификации автомобиля при нарушении правил парковки;
- идентифицировать автомобиль с загрязненными номерными знаками (по погодным условиям или умышленно);
- контроль весогабаритных параметров транспортного средства;
- упорядочить дорожное движение;
- ускорить процесс оплаты при движении по платным дорогам;
- контроль наличия полиса ОСАГО;
- оперативный обмен информацией с другими техническими средствами системы по локальной сети.

Заключение

По сравнению с другими методами идентификации, которые в своем большинстве не способны распознавать все разнообразные виды номерных знаков и символов, предлагаемый системой метод способен распознавать все виды знаков. Разработанный метод автоматической системы идентификации автомобильного транспортного средства показывает высокую производительность для системы распознавания в режиме реального времени. Большинство предыдущих работ опирались на один метод: шаблонных соответствий или нейронной сети, что идеально подходит для распознавания одних видов, но не срабатывает для распознавания остальных. Очевидно, что количество и качество распознавания должны прямо влиять на общую производительность идентификации. Тем не менее, этот фактор игнорируют при оценке эффективности или при сравнении технических систем управления транспортными средствами, хотя он является приемлемым критерием для их алгоритмической оценки.

Библиографический список

1. Сафиуллин Р. Н. Теоретические основы эффективности энергопреобразования в ДВС и методы ее повышения. СПб.: СПбГАСУ, 2011.
2. Григорьев В. Г. Оптимизация объема выбора при обработке быстроменяющихся величин в двигателях внутреннего сгорания // Автотранспортное предприятие. 2013. № 9. С. 52–54.
3. Сафиуллин Р. Н., Керимов М. А. Средства фото-видеофиксации нарушений ПДД: нормативное регулирование и практика применения. М.: Директ-Медиа, 2016. 355 с.
4. Вишневский В. М. Анализ и исследование методов проектирования автоматизированных систем безопасности на автодорогах с использованием новых широкополосных беспроводных средств и RFID-технологий // Технологии информационного общества. 2012/ T_Comm. 2012. № 7. С. 48–54.
5. Сафиуллин Р. Н. Интеллектуальные бортовые транспортные системы на автомобильном транспорте. М.; Берлин: Директ-Медиа, 2017. С. 354.
6. Сафиуллин Р. Н. Оптимальное управление ДВС в диапазоне эксплуатационных режимов при использовании автоматизированной системы стендовых испытаний (АССИ) // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 1 (42). С. 121–126.

7. Afanasyev A. S., Rezchenko V. V. The Concept of Development of Monitoring Systems and Management of Intelligent Technical Complexes. *Journal of Mining Institute*. 2019. Vol. 237, p. 322–330. DOI: 10.31897/PMI.2019.3.322

8. Rajczyk J., Evtiukov S., Rajczyk M. Dispersion of Kinetic Energy for Traffic Safety. *Transportation Procedia*, 2017. 20, p. 536–543. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.01.087>.

9. Кисуленко Б. В. Автоматизация управления автомобилем: тенденции развития и условия внедрения // сб. тр. Международной академии транспорта, 2014. № 17. М., С. 80–88.

10. Сафиуллин Р. Н., Морозов Е. В. Теоретические основы совершенствования технологии эксплуатации технических систем контроля движения автотранспортной техники различного уровня // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 2 (73). С. 153–160.

11. Сафиуллин Р. Н., Резниченко В. В., Калужный А. Ф. Системы автоматизации контроля движения на автомобильном транспорте / под ред. Р. Н. Сафиуллина. СПб.: Лань, 2019. 516 с.

12. Баруздин Р. Э., Керимов М. А. Результаты исследования влияния энергоинформационного поля на эксплуатационные свойства применяемого топлива автомобильного транспорта // Воронежский научно-технический вестник. 2018. Т. 2, № 2 (24). С. 102–107.

13. Сафиуллин Р. Н., Решетник Е. С. Интеллектуальные автоматизированные системы мониторинга транспортных средств // Воронежский научно-технический вестник. Т. 2, № 2 (24). 2018. С. 90–96.

14. Домске Э. Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий. 2-е изд. М.: Издательский центр «Академия», 2012. 288 с.

15. Система автоматического контроля движения транспортных средств при применении матричного QR-кода / Сафиуллин Р. Н.; № 2018114847. Заявл. 20.04.2018 ; опубл. 22.10.2019. Бюл. № 30.

References

1. Safiullin R. N. *Teoreticheskie osnovy effektivnosti energopreobrazovaniya v DVS i metody ee povysheniya* [Theoretical foundations of the efficiency of energy conversion in internal combustion engines and methods for increasing it]. SPbGASU Publ., 2011.

2. Grigor'ev V. G. *Optimizatsiya ob'ema vybora pri obrabotke bystromenyayushchihsya velichin v dvigatelyah vnutrennego sgoraniya* [Optimization of the amount of choice when processing rapidly changing quantities in internal combustion engines]. *Avtotransportnoe predpriyatiya – Motor transport enterprises*, 2013, no. 9, pp. 52–54.

3. Safiullin R. N., Kerimov M. A. *Sredstva fotovideofiksatsii narushenij PDD: normativnoe regulirovanie i praktika primeneniya* [Means of photo and video recording of traffic violations: normative regulation and application practice]. Moscow, Direkt-Media Publ., 2016, 355 p.

4. Vishnevskiy V. M. *Analiz i issledovanie metodov proektirovaniya avtomatizirovannykh sistem bezopasnosti na avtodorogah s ispol'zovaniem novykh shirokopolosnykh besprovodnykh sredstv i RFID-tekhnologiy* [Analysis and research of design methods for automated safety systems on roads using new broadband wireless tools and RFID technologies]. *Tekhnologii informacionnogo obshchestva – Information Society Technologies*, 2012, no. 7, pp. 48–54.

5. Safiullin R. N. Intelligent airborne transport systems in road transport. Moscow-Berlin, Direkt-Media Publ., 2017, 354 p.

6. Safiullin R. N. *Optimal'noe upravlenie DVS v diapazone ekspluatatsionnykh rezhimov pri ispol'zovanii avtomatizirovannoy sistemy stendovykh ispytaniy (ASSI)* [Optimum control of ICE in the range of operational modes when using the ASSI]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2014, no. 1, pp. 121–126.

7. Afanasyev A.S., Rezchenko V.V. The Concept of Development of Monitoring Systems and Management of Intelligent Technical Complexes. *Journal of Mining Institute*, 2019, vol. 237, pp. 322–330. DOI: 10.31897/PMI.2019.3.322

8. Rajczyk J., Evtiukov S., Rajczyk M. Dispersion of Kinetic Energy for Traffic Safety. *Transportation Procedia*, 2017, no. 20, pp. 536–543. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.01.087>.

9. Kisulenko B. V. *Avtomatizatsiya upravleniya avtomobilem: tendentsii razvitiya i usloviya vnedreniya* [Automation of driving: development trends and implementation conditions]. *Sbornik trudov Mezhdunarodnoj akademii transporta – Proceedings of the International Academy of Transport*, 2014, no. 17, pp. 80–88.

10. Safiullin R. N., Morozov E. V. *Teoreticheskie osnovy sovershenstvovaniya tekhnologii ekspluatatsii tekhnicheskikh sistem kontrolya dvizheniya avtotransportnoj tekhniki razlichnogo urovnya* [Theoretical basis for improving the technology of technical systems operation intended for monitoring the movement of motor vehicles of various levels]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2019, no. 2 (73), pp. 153–160.

11. Safiullin R. N., Reznichenko V. V., Kalyuzhny A. F. *Sistemy avtomatizatsii kontrolya dvizheniya na avtomobil'nom transporte* [Systems of automation of traffic control on motor transport]. Ed. by Safiullin R. N. St. Petersburg. Lan' Publ., 2019, 516 p.

12. Baruzdin R. E., Kerimov M. A. *Rezultaty issledovaniya vliyaniya energoinformacionnogo polya na ekspluacionnye svoystva primenyaemogo topliva avtomobil'nogo transporta* [The results of the study of the influence of the energy information field on the operational properties of the used fuel of automobile transport]. *Voronezhskij nauchno-tekhnicheskij Vestnik – Voronezh Scientific and Technical Bulletin*, 2018, vol. 2, no. 2 (24), pp. 102–107.

13. Safiullin R. N., Reshetnik E. S. *Intellektual'nye avtomatizirovannye sistemy monitoringa transportnykh sredstv* [Intelligent automated vehicle monitoring systems]. *Voronezhskij nauchno-tekhnicheskij vestnik –*

Voronezh Scientific and Technical Bulletin, 2018, vol. 2, no. 2 (24), pp. 90–96.

14. Domske E. R. *Rassledovanie i ekspertiza dorozhno-transportnykh proissheshtviy* [Investigation and examination of road accidents]. 2-nd ed. Moscow, Akademiya Publ., 2012, 288 p.

15. Safiullin R. N. *Sistema avtomaticheskogo kontrolya dvizheniya transportnykh sredstv pri primenenii matrichnogo QR-koda* [The system of automatic control of movement of vehicles at application of a matrix QR-code]. Application for invention no. 2018114847 of 20.04.2018 Bulletin no. 30. Date of publication: 22.10.201