



ДК 656.13:004:621.39

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ СИТУАЦИИ НА ОСНОВЕ RFID-ТЕХНОЛОГИИ

И. С. КОНСТАНТИНОВ
О. Д. ИВАЩУК
Е. С. МИХАЛЕВА

*Белгородский
государственный
национальный
исследовательский
университет*

*e-mail
mikhaleva@bsu.edu.ru*

Интенсификация, увеличение и усложнение производственных и инфраструктурных составляющих транспортного комплекса позволяют сделать вывод о необходимости разработки эффективной системы мониторинга дорожно-транспортной ситуации. Предлагается интегральная интеллектуальная система, функционирующая на основе использования технологии радиочастотной идентификации (RFID-технологии), позволяющая осуществлять сбор данных и необходимые оценки на базе оснащения автотранспорта региона RFID-метками (например, при прохождении ежегодного технического осмотра). Реализация данного проекта обеспечит повышение качества прогнозирования динамики изменения транспортных потоков, решение вопросов, связанных с регистрацией нарушений, своевременным оформлением страхового свидетельства, диагностической карты автомобиля и тем самым повысит безопасность движения.

Ключевые слова: транспортная система, мониторинг дорожно-транспортной сети, детектирующие устройства, радиочастотная идентификация, интегральная оценка качества

Введение

Белгородская область является быстро развивающимся регионом, характерными чертами которого являются интенсификация, увеличение и усложнение производственных и инфраструктурных составляющих, в том числе и транспортной системы. Так, по данным Федеральной службы государственной статистики [1], в 2013 году прирост автомобилей в области составил 14,6%, и общая численность личных автомобилей достигла 445 тысяч, а насыщенность автотранспортом составила 288,4 единицы на тысячу жителей. Общая протяженность дорог Белгородской области превысила 18877 километров, при этом усредненный параметр количества автомобилей на километр составил 24 единицы. Учитывая, что основная транспортная нагрузка приходится на районные и областные центры, где функционирует более 120 крупных транспортных компаний, перевозят пассажиров более 3500 автобусов и 150 троллейбусов, фактическая загрузка городских автодорог значительно выше. Усложнение транспортной ситуации и дорожной инфраструктуры приводит к снижению показателей безопасности дорожного движения, что отчетливо отражают приведенные в таблице 1 данные по центральному федеральному округу (ЦФО) [1].

Таблица 1
Данные, характеризующие транспортную ситуацию в ЦФО

Субъект федерации	Население, чел.	Насыщенность автомобилями на 1000 человек	Общее число автомобилей, единиц	Общая протяженность дорог, км	ДТП, единиц	Насыщенность дорог транспортом, единиц/км
1	2	3	4	5	6	7
Белгородская область	1544108	288,4	445320	18877,3	1176	24
Брянская область	1242599	166,6	207016	16477,5	1245	13
Владимирская область	1413321	266,3	376367	14200,9	2624	27
Воронежская область	2328959	283,7	660725	28385,7	3454	23
Ивановская область	1043130	223,7	233348	11000,3	1739	21



Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Калужская область	1004544	290,3	291619	16054,9	2089	18
Костромская область	656389	252,6	165803	13091,7	734	13
Курская область	1118915	250,5	280288	16796,5	1790	17
Липецкая область	1159866	294,7	341812	16530,7	1902	21
город Москва	12108257	276	3341878	5930,4	11319	563
Московская область	7133620	330,6	2358374	39330,5	9822	60
Орловская область	769980	302,5	232918	15110,6	1243	15
Рязанская область	1140844	320,8	365982	14302,8	2240	26
Смоленская область	967896	284	274882	22955,8	1291	12
Тамбовская область	1068934	257,7	275464	19493,8	1877	14
Тверская область	1325249	340,5	451247	28820,2	1720	16
Тульская область	1521497	302,3	459948	13412,9	2279	34
Ярославская область	1271766	223,7	284494	18547,5	1686	15

Из приведенных данных видно, что сегодня крайне актуальной является задача повышения эффективности управления транспортными потоками с целью обеспечения требуемого уровня пропускной способности городских автодорог и связанной с ней безопасности движения. Ее решение неразрывно связано с проведением качественного мониторинга функционирования транспортной системы, выявлением несоответствующих дорожных условий как основы возникновения сложного трафика, а также определением наиболее опасных с точки зрения ухудшения экологической ситуации участков [2, 3].

Классификация и анализ детектирующих устройств

В существующих системах мониторинга применяются различные детектирующие устройства, включающие следующие виды чувствительных элементов [4]:

1. Детекторы контактного типа (детекторы первого поколения) – электромеханические, пневматические и пьезоэлектрические. Регистрация автомобиля происходит от непосредственного соприкосновения его колес с протяженным чувствительным элементом, который располагается на дорожном полотне перпендикулярно движению.

2. Электромагнитные детекторы (детекторы второго поколения), при использовании которых катушка с магнитным сердечником или индукционная петля закладываются под дорожное покрытие на некоторую глубину. Автомобиль регистрируется благодаря искажению магнитного поля или изменению индуктивности рамки в момент его прохождения над чувствительным элементом детектора.

3. Детекторы излучения (детекторы третьего поколения) – ультразвуковые, инфракрасные, радарные, видеодетекторы. Некоторые детекторы могут устанавливаться сбоку от дороги, например, на прилегающих зданиях или столбах, что не требует существенных дополнительных конструкций. Такие детекторы могут снимать показания сразу на нескольких дорожных полосах.

В таблице 2 представлен сравнительный анализ рассмотренных видов детекторов.

В настоящее время наблюдается ярко выраженная тенденция перехода от второго к третьему поколению детекторов, связанная с рядом причин. Во-первых, установка детекторов третьего поколения не требует проведения дорожных работ. Во-вторых, повышается уровень требований пользователей к составу и качеству информации, получаемой



детекторами. При этом характеристики многих электромагнитных приборов не позволяют обеспечить требуемую точность определения тех или иных параметров. Например, при скоростях выше 120 км/ч автомобиль всегда идентифицируется как легковой. В результате доля не определенных системой автомобилей достигает 35% от общего числа зафиксированных.

Таблица 2

Достоинства и недостатки детектирующих устройств

Детекторы		Достоинства	Недостатки
Детекторы контактного типа		дешевые и простые по конструкции и монтажу; способны подсчитать число осей	зависят от климатических условий; низкая износостойкость, погрешность в определении; привязаны к месту расположения датчиков
Электромагнитные детекторы		достаточно низкая стоимость; измерение интенсивности движения; измерение скорости движения потока, состава потока	низкая износостойкость; закладка чувствительных элементов под дорожное покрытие требует проведения дорогостоящих работ; погрешность информации; привязаны к месту расположения датчиков
Детекторы излучения	ультразвуковые, инфракрасные	может контролировать скорость движения; возможен контроль за транспортом по всему маршруту следования; установка не требует проведения дорожных работ; в меньшей степени зависят от климатических условий; длительный срок службы	не идентифицирует автомобиль; существует вероятность погрешности при большой скорости движения (до 30%)
	радарные		невозможность проведения анализа состава транспортного потока
	видеодетекторы		большая вероятность сбоев и погрешности при использовании в сложных климатических условиях
	спутниковые		мониторинг движения автомобиля дает лишь поверхностный анализ движения транспортного средства.

Из таблицы 2 видно, что все используемые для мониторинга движения транспортных потоков детекторы имеют недостатки, в том числе и детекторы последнего поколения. Следует отметить, что их использование в транспортной инфраструктуре приносит максимальный эффект только с одновременным присутствием наблюдателя [4].

Разработка системы мониторинга

С целью повышения качества анализа информации, идентификации автомобиля, повышения безопасности движения, увеличения пропускной способности дорожно-транспортной сети авторами предлагается схема проведения мониторинга на базе технологии радиочастотной идентификации (RFID-технологии). В основе указанной технологии лежит использование энергии электромагнитного поля для чтения и записи информации на RFID-метку, которую можно перезаписывать и дополнять. Система RFID состоит из трех основных составляющих: считывателя информации, RFID-метки и программного обеспечения, обрабатывающего данные. Считыватель генерирует и распространяет электромагнитные волны в окружающее пространство, этот сигнал принимается RFID-меткой, в которой формируется обратный сигнал, улавливаемый антенной считывающего устройства. Далее данные расшифровываются и переходят на обработку в электронный блок. Идентифицируется объект, оснащенный RFID-меткой, по уникальному цифровому коду, хранящемуся в памяти электронной метки. Авторами статьи предлагается оснастить все автомобили RFID-метками, в которые будут записаны необходимые данные: номер транспортного средства, отметка о наличии технического осмотра, страховке, штрафах, данные владельца. На трудные участки дорог предлагается поставить считывающие устройства с антеннами, разнесенными на расстоянии до 20 метров для считывания и передачи по Wi-Fi-связи параметров, характеризующих дорожную ситуацию.

Связь RFID-технологии с синтезируемой нечеткой системой.

На основе синтеза нечеткого и лингвистического подходов [5; 6; 7] разработана модель интегральной оценки качества дорожной ситуации. Состояние дорожной ситуации характеризует выходная переменная S, значение которой зависит от величин V (скорости потока), K (коэффициента загрузки дороги) и N (интенсивности потока машин) (рисунок).

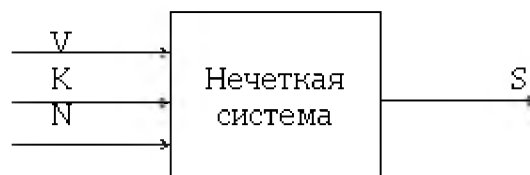


Рис. Величины на входе и выходе синтезируемой модели

Исследования показали, что для мониторинга дорожной ситуации целесообразно использовать систему со следующими параметрами: алгоритм нечеткого вывода – Сугено 0-го порядка [8], количество функций принадлежности для каждой входной величины – 2, форма функций принадлежности для каждой входной величины – треугольная.

Функционирование синтезируемой системы основано на применении базы нечетких правил следующего вида:

$$\begin{aligned}
 & \text{Если } (V = \alpha_V) \text{ и } (K = \alpha_K) \text{ и } (N = \alpha_N), \text{ то } (S = Y_1), \\
 & \text{Если } (V = \alpha_V) \text{ и } (K = \alpha_K) \text{ и } (N = \beta_N), \text{ то } (S = Y_2), \\
 & \text{Если } (V = \alpha_V) \text{ и } (K = \beta_K) \text{ и } (N = \alpha_N), \text{ то } (S = Y_3), \\
 & \text{Если } (V = \alpha_V) \text{ и } (K = \beta_K) \text{ и } (N = \beta_N), \text{ то } (S = Y_4), \\
 & \text{Если } (V = \beta_V) \text{ и } (K = \alpha_K) \text{ и } (N = \alpha_N), \text{ то } (S = Y_5), \\
 & \text{Если } (V = \beta_V) \text{ и } (K = \alpha_K) \text{ и } (N = \beta_N), \text{ то } (S = Y_6), \\
 & \text{Если } (V = \beta_V) \text{ и } (K = \beta_K) \text{ и } (N = \alpha_N), \text{ то } (S = Y_7), \\
 & \text{Если } (V = \beta_V) \text{ и } (K = \beta_K) \text{ и } (N = \beta_N), \text{ то } (S = Y_8),
 \end{aligned}$$

где α_V – терм «низкое значение» входной величины V; β_V – терм «высокое значение» входной величины V; α_K – терм «низкое значение» входной величины K; β_K – терм «высокое значение» входной величины K; α_N – терм «низкое значение» входной величины N; β_N – терм «высокое значение» входной величины N; $Y_1=0$, $Y_2=Y_3=Y_5=1$, $Y_4=Y_6=Y_7=2$, $Y_8=3$ – значения индивидуальных выводов нечетких правил.

В соответствии с используемым алгоритмом нечеткого вывода значения функций принадлежности для каждой входной величины определяются на основе следующих выражений:

$$\mu_1(V) = \begin{cases} 1, & V < a_{V1}; \\ \frac{a_{V2} - V}{a_{V2} - a_{V1}}, & a_{V1} \leq V < a_{V2}; \\ 0, & V \geq a_{V2}; \end{cases}$$

$$\mu_2(V) = \begin{cases} 0, & V < b_{V1}; \\ \frac{V - b_{V1}}{b_{V2} - b_{V1}}, & b_{V1} \leq V < b_{V2}; \\ 1, & V \geq b_{V2}; \end{cases}$$

$$\mu_1(K) = \begin{cases} 1, & K < a_{K1}; \\ \frac{a_{K2} - K}{a_{K2} - a_{K1}}, & a_{K1} \leq K < a_{K2}; \\ 0, & K \geq a_{K2}; \end{cases}$$



$$\mu_2(K) = \begin{cases} 0, & K < b_{K1}; \\ \frac{K - b_{K1}}{b_{V2} - b_{V1}}, & b_{K1} \leq K < b_{K2}; \\ 1, & K \geq b_{K2}; \end{cases}$$

$$\mu_1(N) = \begin{cases} 1, & N < a_{N1}; \\ \frac{a_{N2} - N}{a_{N2} - a_{N1}}, & a_{N1} \leq N < a_{N2}; \\ 0, & N \geq a_{N2}; \end{cases}$$

$$\mu_2(N) = \begin{cases} 0, & N < b_{N1}; \\ \frac{N - b_{N1}}{b_{N2} - b_{N1}}, & b_{N1} \leq N < b_{N2}; \\ 1, & N \geq b_{N2}; \end{cases}$$

где $a_{V1}, a_{V2}, b_{V1}, b_{V2}, a_{K1}, a_{K2}, b_{K1}, b_{K2}, a_{N1}, a_{N2}, b_{N1}$ и b_{N2} – параметры функций принадлежности соответствующих входных величин, определяемые на основе использования экспертной информации.

Степень истинности условий нечетких правил вычисляется с помощью следующих выражений:

$$\begin{aligned} G_1 &= \mu_1(V) \wedge \mu_1(K) \wedge \mu_1(N); \\ G_2 &= \mu_1(V) \wedge \mu_1(K) \wedge \mu_2(N); \\ G_3 &= \mu_1(V) \wedge \mu_2(K) \wedge \mu_1(N); \\ G_4 &= \mu_1(V) \wedge \mu_2(K) \wedge \mu_2(N); \\ G_5 &= \mu_2(V) \wedge \mu_1(K) \wedge \mu_1(N); \\ G_6 &= \mu_2(V) \wedge \mu_1(K) \wedge \mu_2(N); \\ G_7 &= \mu_2(V) \wedge \mu_2(K) \wedge \mu_1(N); \\ G_8 &= \mu_2(V) \wedge \mu_2(K) \wedge \mu_2(N). \end{aligned}$$

Значение искомой величины определяется по формуле:

$$S = \frac{\sum_{r=1}^8 Y_r G_r}{\sum_{r=1}^8 G_r}.$$

Выходная величина S определяет текущую интегральную оценку дорожно-транспортной ситуации (см. табл. 3).

Таблица 3

Оценивание дорожно-транспортной ситуации

Значение S	Интегральная оценка дорожно-транспортной ситуации	Характеристика дорожно-транспортной ситуации
$S \in [0; 0,5)$	«неудовлетворительная»	движение транспортных средств блокировано
$S \in [0,5; 1,5)$	«удовлетворительная»	движение транспортных средств затруднено
$S \in [1,5; 2,5)$	«хорошая»	транспортные средства движутся достаточно свободно
$S \in [2,5; 3)$	«отличная»	транспортные средства движутся свободно

Заключение



Предложенная интегральная интеллектуальная система оценки с одновременным проведением оснащения RFID-метками автотранспорта региона (при прохождении ежегодного технического осмотра) позволит проводить качественный мониторинг дорожно-транспортной сети. На основе синтезированной системы можно формировать полноценную и многокомпонентную базу данных, позволяющую выявить зависимость качества управления ТС от времени года, суток, климатических условий, состояния дорожного полотна. Реализация данного проекта обеспечит повышение качества прогнозирования динамики изменения транспортных потоков, решение вопросов, связанных с регистрацией нарушений, своевременным оформлением страхового свидетельства, диагностической карты автомобиля и тем самым повысит безопасность движения.

Литература

1. Сайт Федеральной службы государственной статистики. Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/transport/#
2. Константинов И. С., Бакаева Н. В., Озаренко О. В., Федоров Д. И. Обобщенная модель системы мониторинга состояния территориальной автотранспортной системы. // Научные ведомости БелГУ. Серия История. Политология. Экономика. Информатика – 2011. – №7(102) 2011. – Вып. 18/1 – С. 137 – 144.
3. Константинов И. С., Ивашук О. А. Адаптивное управление экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса. // Научные ведомости БелГУ. Серия История. Политология. Экономика. Информатика – 2009. – №7(62) 2009. – Вып. 10/1 – С. 53 – 58.
4. Шендер, А.В. Анализ современных технологий детектирования транспортных потоков // Системы организации и управления безопасностью дорожного движения: сб. докладов и статей целевой конф., Санкт-Петербург, 22 – 24 сен. 2008 г. / Институт безопасности дорожного движения СПбГАСУ, 2008 СПб., 2008 – С. 49 – 56.
5. Ивашук О. А., Ивашук О. Д. Модели интеллектуального анализа данных в информационных системах экологической безопасности. // Научные ведомости БелГУ. Серия История. Политология. Экономика. Информатика – 2013. – №15(158) 2013. – Вып. 27/1 – С. 163 – 169.
6. Polshchikov K. O. Synthesis of neuro-fuzzy systems of data flows intensity control in mobile ad-hoc network // Microwave and Telecommunication Technology (CriMiCo), 23rd International Crimean Conference. – 2013. – P. 517–518.
7. Польщикова К. А., Здоренко Ю. Н. Усовершенствованный метод нейро-нечеткого управления отбрасыванием пакетов в транзитных маршрутизаторах телекоммуникационной сети // Проблемы телекоммуникаций. – 2014. – № 2 (14). – С. 76–90.
8. Takagi T. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control / T. Takagi, Sugeno M. // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 15, no 1, 1985, pp. 116–132.

SYSTEM MONITORING TRAFFIC CONDITIONS BASED ON RFID TECHNOLOGY

I. S. KONSTANTINOV
O. D. IVASCHUK
E. S. MIKHALEVA

*Belgorod National
 Research University*

*e-mail:
 mikhaleva@bsu.edu.ru*

Intensification, increase and complexity of industrial and infrastructural components of the transport complex allow the conclusion about the need to develop an effective system of monitoring road and traffic situation. It is proposed integrated intelligent evaluation system based on RFID technology, which allows for the collection of data and the need to assess on the basis of RFID equipment places the motor region (during the passage of the annual technical inspection). This project will improve the quality of the prediction of the dynamics of change in traffic flows, issues related to registration violations, timely processing of insurance certificate, car diagnostic card, thus enhancing safety of traffic.

Keywords: transport system, monitoring of road network, the detecting device, radio frequency identification, integral quality assessment