

ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДИСЛОКАЦИИ ГЕООбЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

© 2014 О.К. Головнин, А.В. Сидоров, Д.А. Михайлов

Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева
(национальный исследовательский университет)

Поступила в редакцию 17.12.2013

В данной статье рассмотрены разработка методов и программных средств, позволяющих автоматизировать процесс дислокации дорожных знаков на УДС города с последующей обработкой и визуализацией. Ключевые слова: технические средства организации дорожного движения, геовидеомаршрут, дислокация, паттерн.

Разработка проектов организации дорожного движения на автомобильных дорогах требует принятия оптимальных проектных решений по дислокации технических средств организации дорожного движения (ТСОДД). Большинство проектных решений имеет неформальный характер. Попытки формализации задач разработки проектов организации дорожного движения привели к появлению нормативно-правовых документов, подходов, методик, необходимых разработчику в его деятельности. Однако использование документов осложнено их количеством, узконаправленностью и невозможностью комплексного применения в современных интеллектуальных транспортных системах (ИТС), направленных на автоматизацию разработки проектов дислокации ТСОДД на улично-дорожной сети.

Разумным видится применение интеллектуальных информационных систем поддержки принятия решений, интегрируемых в ИТС. Дислокация ТСОДД в ИТС относится к слабоструктурированному классу задач поддержки принятия решений (ППР), что делает резонным применение технологии CBR (Case-based reasoning) поиска описания прецедентов решения аналогичных задач в базах знаний. За базовую систему дислокации объектов транспортной инфраструктуры взята геоинформационная система "ITSGIS", интегрированная в ИТС и обеспечивающая доступ к требуемым для ППР знаниям об автомобильной дороге. По спецификациям "ITSGIS" разрабатывается подсистема, обеспечивающая ППР на основе паттернов по дислокации ТСОДД на улично-дорожную сеть.

При проведении мероприятий, направленных на улучшение транспортной ситуации на улично-дорожную сеть (УДС), особую роль отводят корректной и оптимальной (необходимой и достаточной) дислокации управляющих объектов транспортной инфраструктуры на УДС. К таким объектам относятся технические средства организации дорожного движения (ТСОДД): дорожные знаки, средства светофорного регулирования, дорожная разметка, дорожные ограждения.

В этой связи становится актуальной задача разработки методов и программных средств, позволяющих автоматизировать процесс дислокации дорожных знаков на УДС города с последующей обработкой и визуализацией. Для решения задач автоматизации технологических процессов сбора, хранения и последующей визуализации информации на электронной карте в среде интеллектуальной геоинформационной системы "ITSGIS" разработан программно-аппаратный комплекс. Он включает в себя аппаратную и программную части: два или более видеорегистратора и автоматизированную программную систему. Видеорегистраторы предназначены для сбора видеоизображений дороги и дорожных объектов с движущегося транспортного средства с учетом координат движения, записываемых в глобальной системе координат WGS-84.

Автоматизированная система, входящая в состав программно-аппаратного комплекса, способна обнаруживать и классифицировать дорожные объекты по видеоизображениям дороги с помощью передней камеры, выполнять их геопространственную привязку по боковой камере (рис. 1). По географическому положению и по распознанным параметрам объектов транспортной инфраструктуры система позволяет строить модель УДС (рис. 2).

В геоинформационной системе "ITSGIS" в программном модуле распознавания дорожных знаков основу составляет алгоритм Виолы-Джон-

Головнин Олег Константинович, аспирант.

E-mail: mikheevati@its-spc.ru

Сидоров Александр Владимирович, аспирант.

E-mail: mikheevati@its-spc.ru

Михайлов Дмитрий Александрович, аспирант.

E-mail: mikheevati@its-spc.ru



Рис. 1. Видеоизображение дороги и дорожного знака с прямой и боковой камер

са, построенный на основе каскада классификаторов. Ниже приведены ключевые этапы распознавания дорожного знака в системе.

1. Приведение исходного изображения к виду, не зависящему от условий регистрации изображения: степень освещенности, неравномерность распределения яркости от источников света, размытость, зашумленность и т.п.

2. Выделение на полученном изображении потенциальных областей, содержащих дорожный знак. Для этого изображения представляются в интегральном виде, что позволяет быстро вычислять необходимые объекты.

Интегральное представление изображения представляет собой матрицу, размерность которой совпадает с размерностью исходного изображения. Элементы матрицы рассчитываются по формуле:

$$A(x, y) = \sum_{i=0, j=0}^{i \leq x, j \leq y} I(i, j), \quad (1)$$

где $I(i, j)$ – яркость пиксела исходного изображения.

Каждый элемент матрицы $A(i, j)$ представляет собой сумму пикселей в прямоугольнике от $(0, 0)$ до (x, y) . Расчет матрицы занимает линейное время, пропорциональное числу пикселей в изображении.

Интегральное представление имеет особенность. По интегральной матрице можно быстро вычислить сумму пикселей произвольного прямоугольника, произвольной площади.

3. Проведение детального анализа потенци-

альных областей на основе формального представления типоразмеров дорожных знаков и сокращение пространства для дальнейшего поиска. Для выбора наиболее подходящих признаков у искомого объекта на данной части изображения используется бустинг – процедура последовательного построения композиции алгоритмов машинного обучения, когда каждый следующий алгоритм стремится компенсировать недостатки композиции всех предыдущих алгоритмов.

Резонность использования бустинга – простота, универсальность, гибкость (возможность построения различных модификаций), и, главное, высокая обобщающая способность. Все признаки поступают на вход классификатора, который дает результат: “истина” или “ложь”.

4. Приведение к стандартному размеру графического изображения дорожного знака с коррекцией качества изображения.

5. Предварительное определение класса и формы знака: в привязке к действующим стандартам: ГОСТ Р 52290-2004 “Технические средства организации дорожного движения”.

Знаки дорожные. Общие технические требования”, ГОСТ 10807-78* “Знаки дорожные. Общие технические условия” и ГОСТ Р 52289-2004 “Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств”.

6. Извлечение отдельных элементов и символов знака и их распознавание: анализ элементов

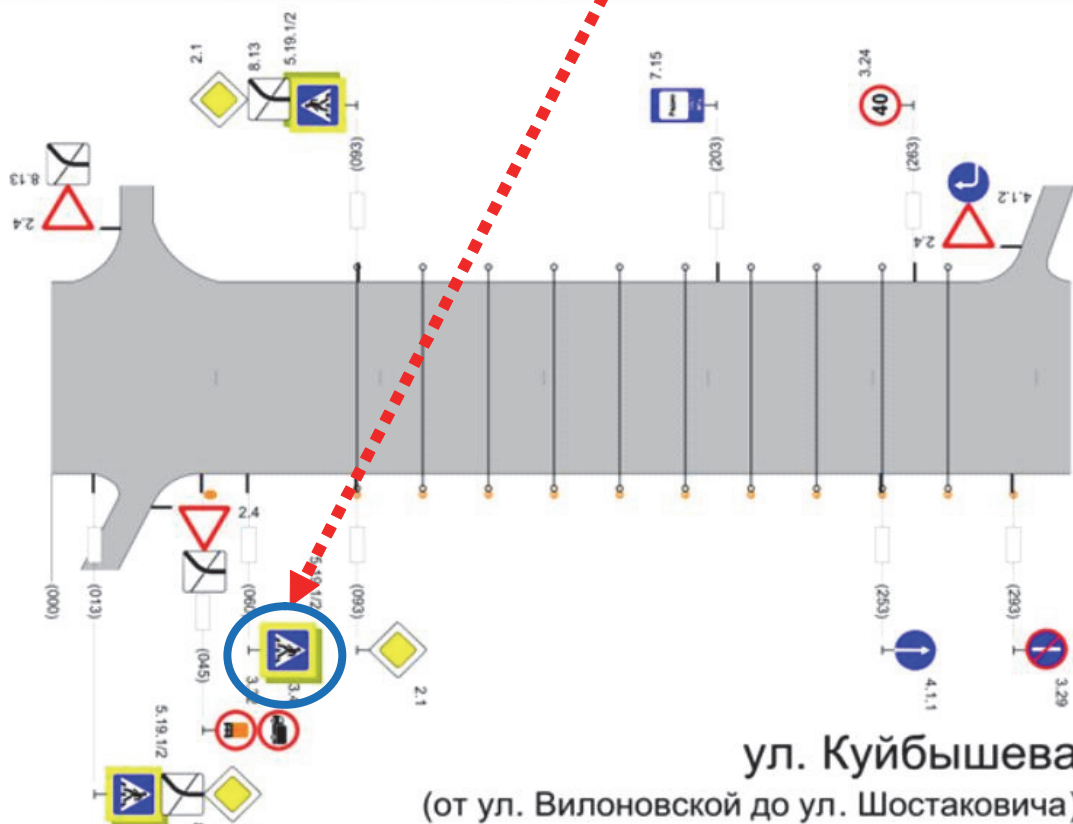
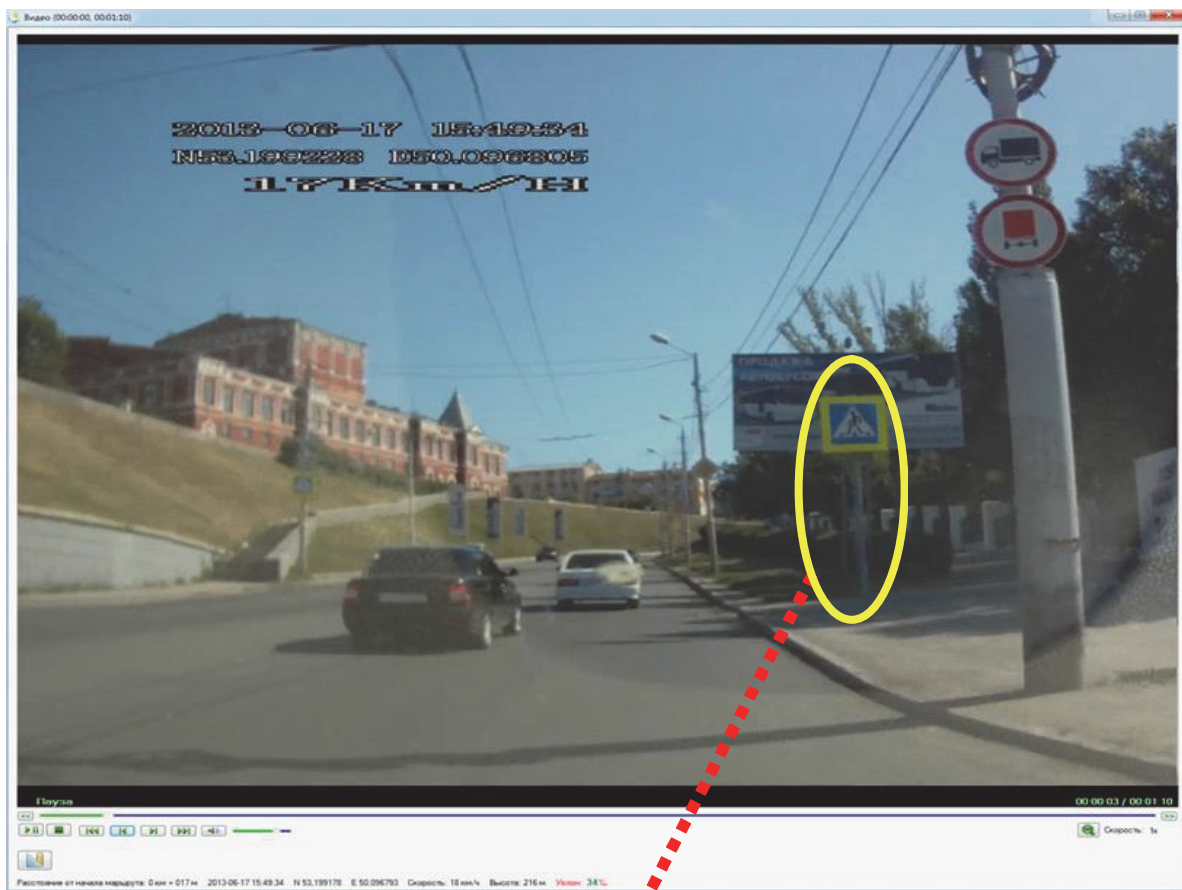


Рис. 2. Построение модели УДС по геовидеомаршруту

по ключевым характеристикам, независимым от масштаба, используемого шрифта, геометрических искажений и разрывов.

Для получения высоких результатов распознавания, обработанные изображения должны содержать в себе дорожные знаки с приемлемо

высокими пространственным разрешением и контрастностью.

Некоторыми типичными проблемами изображений при распознавании дорожных знаков являются:

- низкое разрешение;
- смазанное изображение;
- низкий контраст (равномерно загрязненное изображение);
- неравномерное освещение (тень или яркий свет);
- сильное искажение.

Описание прецедента в разрабатываемой подсистеме “ITSGIS. Дислокация” представляется в виде паттерна, который отражает некоторые характерные свойства задачи поиска решения. Паттерны рассматриваются как одна из форм представления знаний в ИТС. Принятие решения сводится к сопоставлению паттернов с описанием текущей ситуации поиска решения [3].

Для решения задачи ППР по дислокации ТСОДД разработаны паттерны верхних уровней, выражающие концептуальные (архитектурные) решения, и паттерны нижних уровней, соответствующие конкретным решениям. Паттерны находятся между собой в отношениях ассоциации, обобщения и зависимости. Использование разработанных паттернов в “ITSGIS. Дислокация” требует их описания в терминах и их отношениях, относящихся к определенной онтологии [4]. Онтология должна быть совместима с “ITSGIS”.

Паттерн P в разрабатываемой системе описывается тетрадой $\langle N, G, S, R \rangle$, где:

- N – уникальное имя паттерна, позволяющее однозначно идентифицировать паттерн, ссылаться на него, увеличить уровень абстрагирования, путем включения в имя паттерна описание проблемы проектирования, решение проблемы и последствия применения паттерна;
- G – задача и условия применения паттерна, описываемые в терминах естественного языка и префикатов [1, 5];
- S – решение задачи с помощью обобщенного сочетания элементов, отношений, способов взаимодействия;
- R – результаты применения паттерна, его влияние на объект применения паттерна.

ПОИСК РЕШЕНИЯ

Поиск решения в “ITSGIS. Дислокация” начинается с указания области автомобильной дороги, для которой ищутся решения. В случаях, допускающих вариации, возможно указание дополнительных параметров, специализирующих применяемое решение по критериям: повышение пропускной способности, повышение безопасно-

сти движения транспортных средств и пешеходов, понижение стоимости решения.

Выполняется анализ геометрических параметров дороги, текущей дислокации ТСОДД, аварийности и интенсивности дорожного движения на участке дороги. На основании результатов анализа “ITSGIS. Дислокация” ограничивает множество применимых в данной ситуации паттернов, анализируя компонент G паттерна. Во время операций поиска паттернов учитывается отраженная в онтологии синонимия. Тождественность устанавливается по управляющему воздействию различных ТСОДД или их комбинаций на движение транспортных средств и пешеходов согласно нормативно-правовым документам или эмпирическому опыту внедрения разработанных проектных решений. Если заданы дополнительные параметры, то анализируется компонент R паттерна. Если к участку дороги уже был применен паттерн более высокого уровня иерархии, то его ограничения и рекомендации накладываются на результирующий список подходящих к этому решению паттернов.

Система предлагает разработчику проекта несколько подходящих под ситуацию паттернов дислокации ТСОДД, используя в качестве идентификаторов имена паттернов N . Выбор конкретного паттерна осуществляется разработчиком на основании дополнительных знаний о предметной области.

Применение паттерна в системе реализуется путем выполнения действий, описанных в компоненте S паттерна.

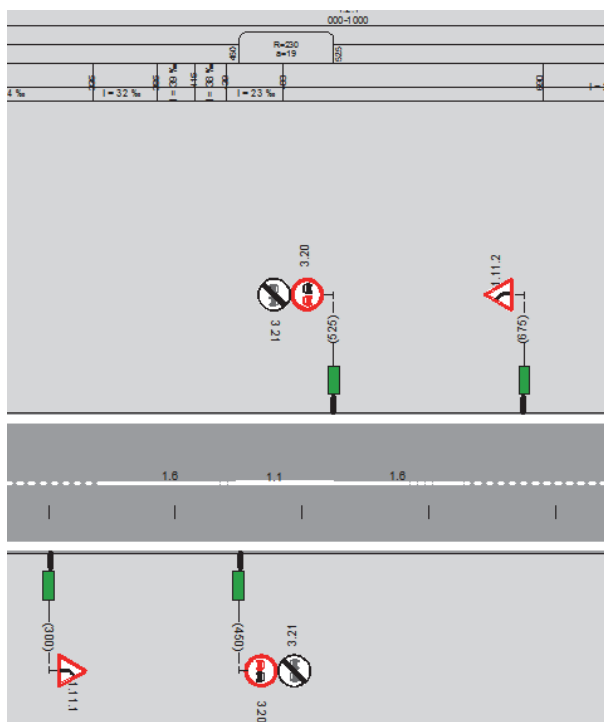


Рис. 3. Схема реализации паттерна “Прототип ТСОДД на повороте”

ПАТТЕРНЫ ДИСЛОКАЦИИ ТСОДД

В «ITSGIS. Дислокация» разработаны паттерны, обеспечивающие дислокацию ТСОДД на участках дороги: примыканиях и пересечениях с второстепенными дорогами, поворотах дороги, пересечениях с железнодорожными переездами, съездах и выездах на автозаправочные станции, остановках общественного транспорта и мостах. Примеры разработанных паттернов приведены ниже.

Паттерн “Прототип ТСОДД на повороте”

- N = Прототип ТСОДД на повороте;
- G = Если кривая в плане дороги имеет радиусы или углы поворотов, при которых ограничена видимость, или они превышают допустимые значения, требуется проектировать дислокацию ТСОДД таким образом, чтобы предупредить участников движения об опасном участке дороги;
- S = На границах поворота дислоцируются знаки 3.20, 3.21. За 150 м. от границ поворота дислоцируются знаки 1.11.1 и 1.11.2. Дислоцируется разметка 1.1 в границах поворота, 1.6 в переходных областях;
- R = Возрастает безопасность движения транспортных средств.

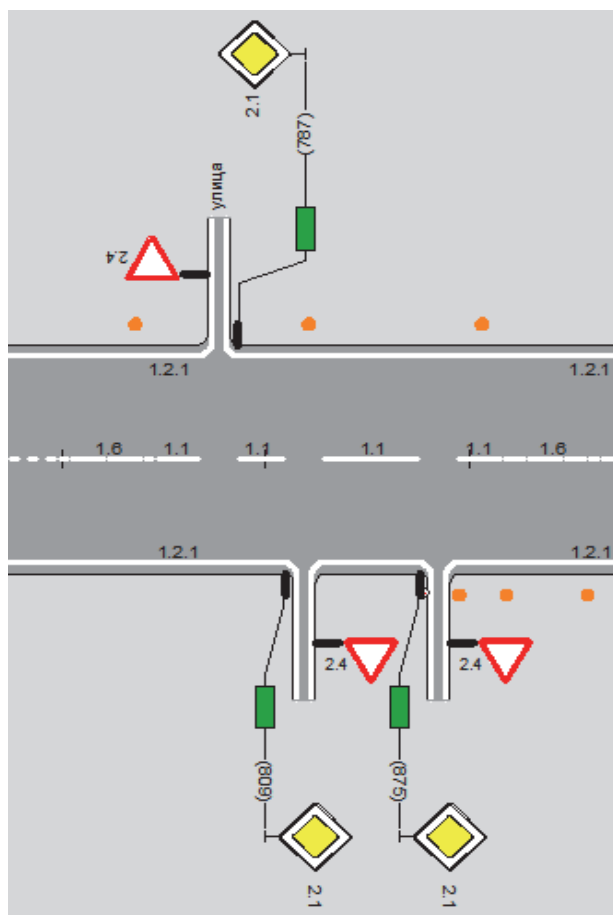


Рис. 4. Схема реализации паттерна “Прототип ТСОДД на примыкании”.
Случай нескольких городских улиц

Схема реализации паттерна в проекте организации дорожного движения приведена на рис. 1.

Паттерн “Прототип ТСОДД на примыкании”

- N = Прототип ТСОДД на примыкании;
- G = Если к главной дороге примыкает второстепенная (или пересекает ее), то необходимо обеспечить такую дислокацию ТСОДД, чтобы обеспечить безопасный разъезд транспортных средств, приближающихся к точке примыкания (пересечения);
- S = В населенном пункте перед примыканием устанавливается знак 2.1, на самом примыкании – знак 2.4. На перекрестке дислоцируется разметка 1.1 и 1.6 по 20 и 50 м. соответственно. Вне населенного пункта примыкание оформляется сигнальными столбиками по 6 шт. с каждой стороны. На примыкании устанавливается знак 2.4. За 150-300 м. от примыкания дислоцируются знаки 2.3.2 и 2.3.3. Напротив примыкания дислоцируются знаки индивидуального проектирования 6.10.1. Дислоцируется разметка 1.1 и 1.6 по 40 и 100 м. соответственно;
- R = Возрастает безопасность движения транспортных средств.

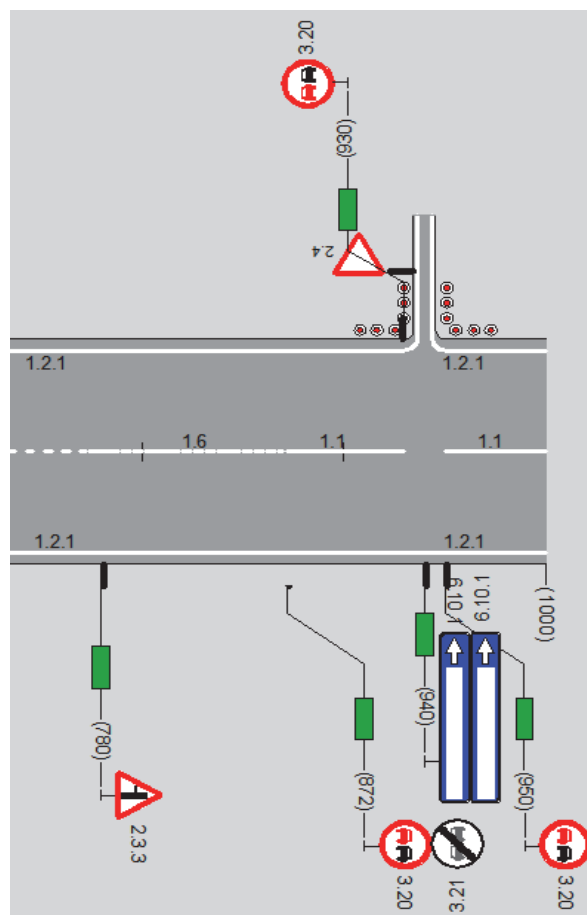


Рис. 5. Схема реализации паттерна “Прототип ТСОДД на примыкании”. Случай асфальтовой дороги вне населенного пункта

Схема множественной реализации паттерна “Прототип ТСОДД на примыкании” на городских улицах в проекте организации дорожного движения приведена на рисунке 3. На рисунке 4 приведена реализация паттерна для случая дороги вне населенного пункта и примыкающей к ней асфальтовой дороги.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Разработаны паттерны ППР по дислокации ТСОДД, разрабатывается подсистема “ITSGIS. Дислокация”, реализующая паттерновый подход к ППР. Дальнейшая работа может быть выполнена как по наращиванию глубины и мощности охватываемых решений, так и по их интеллектуализации. Кроме того, механизм паттернов ППР может быть использован в других задачах, использующих геоинформационные системы в качестве средства интеграции пространственной и атрибутивной информации, например в задачах прокладки тепловых и кабельных сетей, расчета областей покрытия территорий услугами и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Михеева Т.И.* Структурно-параметрический синтез

- интеллектуальных транспортных систем. Самара: Самар. науч. центр РАН, 2008. 380 с.
2. Towards an Ontology Driven EOR Decision Support System [Электронный ресурс] / *E.J. Nunez, L.W. Lake, R.B. Gilbert, S. Srinivasan, F. Yang, M.W. Kroncke*. URL: <http://www.w3.org/2008/12/ogws-slides/UT.pdf> (дата обращения: 26.10.2013).
 3. Паттерновое проектирование интеллектуальных транспортных систем [Электронный ресурс] / *Т.И. Михеева, О.К. Головнин, А.А. Федосеев* // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/106-7967> (дата обращения 26.10.2013).
 4. Распознавание знаков дорожного движения на изображениях с обучением на синтетических данных / *А.А. Чигорин, А.А. Конев, Г.Р. Кривовязь, А.Б. Велижев, А.С. Конушин*. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2010.
 5. Автоматическое распознавание объектов транспортной инфраструктуры по видеокадру / *А.В. Сидоров, Д.А. Михайлов, А.А. Федосеев* // Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы XVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. РГРТУ. Рязань, 2013. С. 195-196.
 6. Функции допустимости дислокации дорожных объектов на основе пространственно-логических связей [Электронный ресурс] / *Д.А. Михайлов, С.В. Михеев, А.В. Сидоров* // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 3. URL: www.science-education.ru/109-9412 (дата обращения: 26.10.2013).

SUPPORT OF DECISION-MAKING OF THE AUTOMATIC DISLOCATION OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE GEOOBJECTS

© 2014 О.К. Golovnin, A.V. Sidorov, D.A. Mikhailov

Samara State Aerospace University named after Academician S. P. Korolyov
(National Research University)

In this article development of methods and the software, allowing to automate process of a dislocation of road signs on city UDS with the subsequent processing and visualization are considered

Keywords: technical devices of the organization of traffic, geovideo route, dislocation, pattern.

Oleg Golovnin, Postgraduate Student.

E-mail: mikheevati@its-spc.ru

Aleksandr Sidorov, Postgraduate Student.

E-mail: mikheevati@its-spc.ru

Dmitriy Mikhailov, Postgraduate Student.

E-mail: mikheevati@its-spc.ru