DOI 10.15593/2409-5125/2015.02.06

УДК 528.88

**А.М. Бургонутдинов, Р.Д. Гарифзянов,
А.Г. Окунева, К.С. Стецюк**

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

АНАЛИЗ ДИСТАНЦИОННЫХ И ВИЗУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Для решения широкого спектра вопросов, связанных с проблемами наблюдения за состоянием автомобильных и железных дорог и мостов, экологического контроля разливов нефтепродуктов, мониторинга мест размещения отходов производства и потребления, поиска несанкционированных свалок, а также выявления лесных пожаров и наблюдения за местами массовых скоплений людей, в настоящее время на территории Российской Федерации используют популярные в современном мире геоинформационные технологии, геоинформационные системы, беспилотные летательные аппараты, а также системы управления базами данных, полученных с этих аппаратов. Эти «инструменты» представляют собой многофункциональный набор для решения практических задач. В последние годы данные методы применяются не только отдельно, но и совместно с традиционно используемыми. Изучение возможностей дистанционных методов анализа для решения задач устойчивого развития урбанизированных территорий является актуальным вопросом на сегодняшний день.

Ключевые слова: автомобильные дороги, безопасный город, беспилотные летательные аппараты, дешифрирование космических снимков, дистанционное зондирование земли, дорожно-транспортные происшествия, дорожное покрытие, космические снимки, метод визуальной оценки состояния дорог, мониторинг, полоса отвода, система геодезических координат, техногенные угрозы, транспортная инфраструктура, экзогенные процессы.

В декабре 2014 г. Правительством РФ была утверждена Концепция построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» в целях единого системного подхода, повышения уровня безопасности среды обитания за счет существенного улучшения координации деятельности муниципальных служб [15].

Одним из объектов интересов данной концепции является транспортная инфраструктура – тоннели, эстакады, мосты, участки железных и автомобильных дорог.

Основными предпосылками построения и развития данного комплекса являются техногенные угрозы – опасные ситуации, вызванные антропогенным воздействием, несущим опасность вредного физического, химического и механического воздействия на качество среды обитания [7]. В частности примером таких техногенных угроз могут являться транспортные аварии, включая дорожно-транспортные происшествия. Потенциально опасными объектами инфраструктуры Российской Федерации являются объекты, которые транспортируют радиоактивные, пожаро- и взрывоопасные, опасные химические и биологические вещества, твердые и жидкие бытовые отходы с мест их образования на места хранения и/или переработки и могут создать реальную угрозу возникновения кризисной ситуации, влекущей за собой материальные потери и человеческие жертвы [13].

Согласно статистике ГИБДД МВД РФ [14] одной из причин роста дорожно-транспортных происшествий является неудовлетворительное состояние дорожных покрытий (более 13 %), в том числе выбоины и трещины.

Данная ситуация возникает из-за отсутствия у муниципалитетов единой информационной базы по состоянию дорожной сети региона, а следовательно, не своевременного ремонта. Для решения этой проблемы необходимо иметь ресурс для оперативного информирования о состоянии дорожного покрытия [1, 8].

Для проведения комплексной оценки могут применяться несколько методик исследования автомобильных дорог:

1. Метод визуальной оценки состояния дорог. Визуальный осмотр, обследование и простейшие измерения могут применяться как самостоятельный способ упрощенной диагностики и оценки состояния дороги, на основании которой ориентировочно могут быть выявлены и дифференцированы участки с различным транспортно-эксплуатационным состоянием, в первом приближении установлены виды и причины деформаций и разрушений, назначены ремонтно-восстановительные и профилактические мероприятия, определены объемы работ и требуемые затраты на ремонт и содержание. Кроме того, визуальный осмотр и оценка, как правило, проводятся на первом этапе работ по объективной оценке состояния дороги, а также при оценке качества ремонта и содержания.

В практической деятельности дорожных организаций визуальную оценку широко применяют для оценки как состояния дороги и всех дорожных сооружений в целом, так и отдельных элементов и сооружений дорог. Наиболее часто применяются визуальные методы оценки состояния дорожных одежд и покрытий [6].

Существует большое количество разнообразных методов визуальной оценки, которые применяются в дорожной отрасли. Однако все эти методы имеют много общего. Всякая визуальная оценка включает в себя несколько этапов:

- осмотр и обследование состояния дороги и дорожных сооружений специально подготовленными высококвалифицированными специалистами-экспертами, по заранее разработанной методике;
- выявление дефектов в состоянии дороги и отступлений от требований норм;
- фиксацию информации об этих дефектах и отступлениях на различных носителях информации (в журналах, на дисках, и прочих носителях информации);
- экспертную оценку значимости выявленных дефектов и отступлений по заранее разработанной шкале оценок и назначение рекомендуемых мероприятий по их устранению, на основании которых можно ориентировочно определить виды и объемы дорожно-ремонтных работ, а также требуемые объемы финансирования и материально-технических ресурсов [6].

В чистом виде визуальная оценка применяется редко. Обычно она выполняется с применением простейших средств измерения, записи информации с помощью портативных диктофонов, видеосъемки, средств автоматической записи и обработки результатов оценки и т.д.

Исходя из вышесказанного метод визуальной оценки дорог требует больших временных затрат высококвалифицированных специалистов и длительной дальнейшей поэтапной проработки полученной информации, что может влиять на актуальность информации.

2. Дистанционное зондирование земли (ДЗЗ). Компьютерные возможности сделали применение воздушных съемок еще более привлекательным: появление цифровых фотограмметриче-

ских станций и автоматизация фотограмметрических работ позволила относительно быстро получать такие трудоемкие продукты, как ортофотопланы и 3D-модели местности, по которым производится проектирование [2].

Использование материалов космической съемки высокого разрешения для задач дорожного хозяйства в России до недавнего времени было ограничено. В последние годы космическая информация стала важным компонентом информационного обеспечения автодорожной отрасли, играя порой незаменимую роль в оперативной оценке дорожной обстановки даже в труднодоступных районах страны.

Основными перспективными направлениями применения материалов космической съемки в дорожном хозяйстве являются контроль объемов, сроков и видов выполнения работ по строительству и ремонту дорожных объектов; контроль и прогнозирование паводковой, пожарной и метеорологической обстановки в районах дорог; оценка масштабов разрушений из-за техногенных катастроф и стихийных бедствий в коридорах федеральных автотрасс, оперативное планирование восстановительных работ в этих районах; привязка дорожных объектов к координатам и уточнение трасс прохождения автодорог; оперативное наблюдение за состоянием дорожного полотна и выявление участков с неудовлетворительным состоянием, для дальнейшего принятия управленческих решений по ремонту данных участков, моделирование промерзания дорожного полотна [4, 12].

Применение технологий оперативной космической съемки высокого разрешения и современных методов обработки и дешифрирования космических изображений различных спутников позволяет снизить затраты и объективно с высокой частотой оценивать состояние дорожных объектов во всех регионах России.

Для расширения применения данных ДЗЗ в дорожном хозяйстве важно учитывать ряд специфических особенностей нашего региона [8]:

- отсутствие обновленных цифровых и растровых топокарт на районы строительных работ дорожных объектов Федерального дорожного агентства (ФДА) в Пермском крае РФ;
- отсутствие в открытом пользовании точной координатной привязки дорожных объектов ФДА;

- высокая итоговая стоимость ситуационных карт, в связи с интенсивными изменениями дорожной ситуации.

Автоматическая архивация снимков дает возможность создания обширной базы данных о состоянии объектов. Более того, такие архивы дают возможность мониторинга состояния дорожного полотна, с необходимой периодичностью, методом сравнения разновременных снимков [9]. Информация постоянно актуализируется за счет автоматического пополнения и обновления космических данных [3].

3. Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). БПЛА помогает производить оперативный дистанционный мониторинг автомобильных дорог в пределах полосы отвода. Этот метод отличается от вышеуказанных высокой оперативностью предоставления информации, качеством полученных снимков и широкой применимостью на всей территории региона, а также детальностью и геометрической точностью снимков, которые позволяют определять координаты дефектов дорожного покрытия в единой системе геодезических координат.

По результатам дешифрирования полученных снимков с БПЛА можно составить тематическую карту, в которой могут содержаться следующие основные данные [11]: координаты, площадь разрушения, глубина выбоин/трещин.

На базе данных картографической съемки также можно рассчитать коэффициент разрушения поверхности дорожного покрытия, а следовательно, получить рекомендации к текущему или капитальному ремонту.

При постоянном проведении данных исследований на базе картографических съемок одного и того же участка дороги можно сделать прогнозную карту по динамике разрушения дорожного покрытия, а также ситуационную карту экзогенных процессов [5, 10].

Данный метод обеспечивает своевременное доведение чрезвычайной информации до соответствующих государственных служб, так как он требует малых временных затрат и экономически более привлекательный, что является одним из основных его достоинств.

Библиографический список

1. Система мониторинга и управления пространственными гетерогенными объектами / Р.А. Алешко, А.Ю. Бекмешев, И.С. Васендина, А.Т. Гурьев, Т.В. Карлова, К.В. Шошина, В.С. Щеников // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – № 3(43). – С 104–107.

2. Алябьева А.Д., Непеина Н.Н. Применение воздушных и космических съемок в производстве картографической основы для изысканий и проектирования // Инновации в дорожном строительстве: эффективность и качество. Уральский федеральный округ: материалы IV межрегион. конф. / ГРВЦ «ИнЭкспо». – Екатеринбург, 2010. – С. 15–22.

3. Батракова Г.М., Ивенских О.В., Гарифзянов Р.Д. Обнаружение и характеристика мест размещения отходов в Пермском крае на основе тематической обработки космических снимков в программном продукте ScanEx Image Processor // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2013. – С. 23–30.

4. Бургонутдинов А.М., Стецюк К.С., Окунева А.Г. Моделирование процесса промерзания дорожной одежды (на примере Пермского края) // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, 2015. – С. 150–154.

5. Высокотехнологичное проектирование строительства и реконструкции дорог с непрерывным жизненным циклом в лесах с биоповреждениями / Ю.А. Варфоломеев, Р.А. Алешко, О.Г. Плехов, А.Т. Гурьев // Лесной журнал. – 2011. – № 2. – С. 145–152. – (Изв. высш. учеб. заведений).

6. Справочная энциклопедия дорожника: в 6 т. / под ред. А.П. Васильева. – Т. II. Ремонт и содержание автомобильных дорог. – М., 2004.

7. Гражданская защита: понятийно-терминологический словарь / под ред. Ю.Л. Воробьева. – М.: Флайст: Геополитика, 2001. – 240 с.

8. Гарифзянов Р.Д., Батракова Г.М. Возможности дистанционного зондирования земли в целях актуализации регионального кадастра отходов производства и потребления (на примере Пермско-

го края) // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – С. 210–213.

9. Козлова И.В. Дешифрирование аэрофотоснимков при картографировании ландшафтов: учеб.-метод. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 38 с.

10. Кучейко А.А., Рогова Н.В. Спутниковый мониторинг федеральных автотрасс // Земля из космоса. – 2009. – Вып. 2. – С. 5–10.

11. Филиппов Д.В., Великжанина К.Ю., Грядунов Д.А. Состояние автомобильных дорог изучает БПЛА // Дороги. Инновации в строительстве. – 2012. – № 20. – С. 74–78.

12. Шошина К.В. Система мониторинга и исследования лесных дорог // Вестн. Север. (Аркт.) федер. ун-та. – 2013. – № 4. – С. 50–54.

13. Государственная инспекция по экологии и природопользованию Пермского края. – URL: http://www.gioos.ru/perechen_objects.php (дата обращения: 16.04.2015).

14. ГУОБДД МВД России: офиц. сайт. – URL: <https://www.gibdd.ru/r/59/stat/> (дата обращения: 16.04.2015).

15. Об утверждении Концепции построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город»: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 3.12.2014 г. № 2446-р.

References

1. Aleshko R.A., Bekmeshev A.Yu., Vasendina I.S., Gur'ev A.T., Karlova T.V., Shoshina K.V., Shchenikov V.S. Sistema monitoringa i upravleniya prostranstvennymi geterogennymi ob'ektami [The monitoring and management of spatial heterogeneous objects]. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2014, no. 3 (43), pp. 104–107.

2. Alyab'eva A.D., Nepeina N.N. Primenenie vozdushnykh i kosmicheskikh s'emok v proizvodstve kartograficheskoy osnovy dlya izyskanij i proektirovaniya [Use of aerial and satellite imagery in the production of cartographic basis for the survey and design]. *IV Mezhhregional'naya konferentsiya "Innovatsii v dorozhnom stroitel'stve: effektivnost' i kachestvo. Ural'skij federal'nyj okrug"*. Ekaterinburg, 2010, pp. 15–22.

3. Batrakova G.M., Ivenskikh O.V., Garifzyanov R.D. Obnaryzhenie i kharakteristika mest razmeshcheniya otkhodov v Permskom krae na osnove tematicheskoy obrabotki kosmicheskikh snimkov v programmnom produkte ScanEx Image Processor [Detection and characterization of waste disposal sites in the Perm region on the basis of thematic processing of satellite images in the software product ScanEx Image Processor]. *Geoinformacionnoe obespechenie prostranstvennogo razvitiya Permskogo kraya*. Perm, 2013, pp. 23–30.

4. Burgonutdinov A.M., Stetsyuk K.S., Okuneva A.G. Modelirovanie protsessa promerzaniya dorozhnoy odezhdyy (na primere Permskogo kraya) [Simulation of the process of freezing pavement (for example, the Perm Territory)]. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Modernizatsiya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse»*. Perm, 2015, pp. 150–154.

5. Vyisokotekhnologichnoe proektirovanie stroitelstva i rekonstruktsii dorog s nepreryvnym zhiznennym tsiklom v lesakh s biopovrezhdeniyami [The high-tech design for the construction and reconstruction of roads with a continuous life cycle in forests biodegradation] / Yu.A. Varfolomeev, R.A. Aleshko, O.G. Plekhov, A.T. Gur'ev. *Lesnoj Zhurnal*, 2011, no. 2, pp. 145–152.

6. Vasil'ev A.P. Spravochnaya entsiklopediya dorozhnika. II tom «Remont i sodержanie avtomobilnykh dorog» [Reference Encyclopedia road workers. Vol. II "Repair and maintenance of highways"]. Moscow, 2004.

7. Vorob'eva Yu.L. Grazhdanskaya zashchita. Ponyatijno-terminologicheskii slovar [Civil protection. Conceptually terminological dictionary]. Moscow, 2001. 88 p.

8. Garifzyanov R.D., Batrakova G.M. Vozmozhnosti distant-sionnogo zondirovaniya zemli v tselyakh aktualizatsii regionalnogo kadastra otkhodov proizvodstva i potrebleniya (na primere Permskogo kraya) [Possibilities of remote sensing in order to update the regional inventory of waste production and consumption (for example, the Perm Territory)]. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Modernizatsiya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse»*. Perm, 2015, pp. 210–213.

9. Kozlova I.V. Deshifrirovaniye aerofotosnimkov pri kartografirovanii landshaftov [Interpretation of aerial photographs for mapping landscapes]. Tomsk: Izd-vo TPU, 2006. 38 p.

10. Kuchejko A.A., Rogova N.V. Sputnikovyy monitoring federalnykh avtotrass [Satellite monitoring of federal highways]. *Zemlya iz kosmosa*, 2009, no. 2, pp. 5–10.

11. Filippov D.V., Velikzhanina K.Yu., Gryadunov D.A. Sostoyaniye avtomobilnykh dorog izuchaet BPLA [State Highway exploring UAV]. *Dorogi. Innovatsii v stroitel'stve*, 2012, no. 2, pp. 74–78.

12. Shoshina K.V. Sistema monitoringa i issledovaniya lesnykh dorog [Sistem monitoring and research forest roads]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federalnogo universiteta*, 2013, no. 4, pp. 50–54.

13. Gosudarstvennaya inspektsiya po ekologii i prirodopolzovaniya Permskogo kraya [State Inspectorate for Environment and Nature of Perm Krai], available at: http://www.gioos.ru/perechen_objects.php (accessed 16 April 2015).

14. GUOBDD MVD Rossii [GUOBDD the Russian Interior Ministry] Oficial'nyj sayt Gosavtoinspektsii, available at: <https://www.gibdd.ru/r/59/stat/> (accessed 16 April 2015).

15. Rasporyazheniye Pravitel'stva Rossijskoj Federatsii ot 3 dekabrya 2014 g. № 2446-r «Ob utverzhdenii Kontseptsii postroeniya i razvitiya apparatno-programmnogo kompleksa «Bezopasnyj gorod» [On Approval of the Concept of construction and development of hardware and software complex "Safe City"].

Получено 30.04.2015

**A. Burgonutdinov, R. Garifzyanov,
A. Okuneva, K. Stetsyuk**

ANALYSIS DISTANCE AND VISUAL METHODS ASSESSMENT OF PAVEMENT

For a wide range of issues related to the problems surveillance roads, railways and bridges, environmental monitoring in the area of oil spills, monitoring of waste disposal sites of production and consumption, the search illegal dumping, as well as forest fire detection and monitoring of public places currently, the Russian Federation uses popular in the modern world geo-information technologies, geographical information systems (hereinafter – GIS), unmanned aerial vehicles (UAVs further), as well as database management systems, obtained from the unit. These "tools" are a versatile set for solving practical problems. [1] In recent years, these methods are not only applicable individually, but also in conjunction with the traditionally used. Therefore, the study of the possibility of remote analysis methods for solving problems of sustainable development of urban areas is an important issue today.

Keywords: roads, safe city, unmanned aerial vehicles, satellite image interpretation, remote sensing of the earth, road accidents, road surface, satellite imagery, visual method of assessing the state of roads, monitoring, ROW, geodetic datum, man-made threat, transport infrastructure, exogenous processes.

Бургонутдинов Альберт Масугутович (г. Пермь, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры автомобильных дорог и мостов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, burgonutdinov.albert@yandex.ru).

Гарифзянов Руслан Данилович (г. Пермь, Россия) – магистрант I курса, кафедра охраны окружающей среды, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, rusln@pstu.info).

Окунева Александра Геннадьевна (г. Пермь, Россия) – ассистент кафедры автомобильных дорог и мостов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, 79223300960@yandex.ru).

Стецюк Константин Станиславович (г. Пермь, Россия) – ассистент кафедры автомобильных дорог и мостов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, stew@yandex.ru).

Burgonutdinov Albert (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Department "Roads and bridges", Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: burgonutdinov.albert@yandex.ru).

Garifzyanov Ruslan (Perm, Russian Federation) – Graduate student, Department of Environmental Protection Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: rusln@pstu.info).

Okuneva Alexandra (Perm, Russian Federation) – Assistant, Department "Roads and bridges", Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: 79223300960@yandex.ru).

Stetsyuk Konstantin (Perm, Russian Federation) – Assistant, Department "Roads and bridges", Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: stew@yandex.ru).