

Рис. 2. Дислокация технических средств организации дорожного движения на автомобильной дороге

Литература

1. Михеева Т.И., Савченко А.С. База данных паспортизации улично-дорожной сети / Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межвуз. сб. науч. статей. - Самара, Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – С. 151-155.
2. Головнин О.К., Ключников В.А., Михеев С.В. Автоматизированная система паспортизации автомобильной дороги / Перспективные информационные технологии (ПИТ 2013): труды Международной научно-технической конференции. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2013. –С. 230-233.
3. Головнин О.К. [и др.] Дислокация дорожных знаков по геовидеомаршруту / Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы XVII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. – Рязань: РГРТУ, 2012. –С. 214.

А.А. Федосеев, В.А. Ключников

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СТАТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Ненадлежащее качество автомобильных дорог является причиной дорожно-транспортных происшествий, ухудшения технического состояния транспортных средств, снижения пропускной способности автодорог и т.д. Диагностика и мониторинг состояния статических объектов дорожно-транспортной



инфраструктуры – дорожных покрытий методом дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) является актуальной и перспективной задачей. Гиперспектральные измерения, направленные на оценку физико-химических свойств материалов, обеспечивают решение класса задач по оценке состояния дорожных покрытий, а именно выявление различного рода дефектов, связанных с наличием выбоин, ям, определение степени износа и старения дорожного полотна. Желаемым результатом обработки гиперспектральных данных должна являться тематическая карта дорожного полотна, характеризующая пространственное распределение его качества и состояния.

В отличие от гиперспектрометрии растительных и почвенных покровов данное направление анализа является слабо исследованным, фактически, вследствие недостаточного понимания спектральных свойств материалов объектов транспортной инфраструктуры [1]. Отсутствует достаточное количество эталонов спектральных характеристик дорожных покрытий в зависимости от их типа, возраста и условий, а также спектральных различий между этими покрытиями и другими материалами, присущими урбанизированной территории. Важным вопросом при проведении работ в данном направлении является разработка библиотеки спектральных сигнатур дорожных покрытий различных классов и в различных состояниях, а также характерных для урбанизированной территории материалов на основе информации, полученной с использованием полевого гиперспектрометра. Для эффективного решения тематических задач данного класса материалы гиперспектральной съёмки должны иметь сверхвысокое (субметровое) пространственное разрешение и охватывать спектральный диапазон от 0,4 до 2,5 мкм [2].

Спектральные характеристики дорожных покрытий имеют специальные особенности в зависимости от их типа, возраста, состояния и качества. Так, естественное старение асфальтового покрытия вызвано реакциями с атмосферным кислородом, фотохимическими реакциями с падающим солнечным излучением, а также температурным влиянием. В результате имеют место три основных процесса: потеря маслянистых компонентов вследствие непостоянства (летучести) и поглощения, изменения в структуре (в том числе молекулярной) вследствие окисления, что оказывает влияние на вязкость асфальтовой смеси. Потеря маслянистых компонентов является относительно непродолжительным процессом, в отличие от двух других процессов, занимающий более длительный период времени. Результаты указанных процессов хорошо выражаются спектральными профилями. Новое асфальтовое покрытие имеет наименьший средний по спектру коэффициент отражения, который линейно возрастает до области спектра с длиной волны $\lambda=2100$ нм.

Углеродородное поглощение проявляется в окрестности длины волны $\lambda \sim 1750$ нм, а также в окрестностях длин волн $\lambda=2310$ нм и $\lambda=2350$ нм. С увеличением возраста дорожного полотна, повышением его износа и разрушением коэффициент отражения возрастает в видимом, ближнем и коротковолновом ИК (соответственно NIR и SWIR) диапазонах спектра. Со временем асфальтовая смесь разрушается, при этом оголяются твёрдые компоненты покрытия. Про-



цесс продолжается до тех пор, пока твёрдые компоненты не становятся преобладающими [1].

Эрозия асфальтовой смеси уменьшает вязкость поверхности и оказывает непосредственное влияние на образование структурных повреждений. Упомянутые процессы снижают поглощательную способность смеси при значительном увеличении отражательной способности. Рост отражательной способности как функции от длины волны хорошо прослеживается в диапазонах NIR и SWIR при отражательной способности более 10%. Учитывая данную особенность, разработано два специальных индекса: *ARVNIRI* (Asphalt Road Visible Near InfraRed Index) и *ARSWIRI* (Asphalt Road Short Wave InfraRed Index). Они вычисляются следующим образом:

$$ARVNIRI = \rho_{830} - \rho_{490}, \quad (1),$$

где ρ_{830} и ρ_{490} – отражательные способности соответственно для длин волн $\lambda=830$ нм и $\lambda=490$ нм.

$$ARSWIRI = \rho_{2120} - \rho_{2340}, \quad (2),$$

где ρ_{2120} , ρ_{2340} – отражательные способности соответственно для длин волн $\lambda=2120$ нм и $\lambda=2340$ нм.

Спектральный профиль в этих диапазонах незначительно изменяется для нового асфальтового покрытия и имеет более вогнутую форму для старого асфальтового покрытия. Процесс окисления и появления твёрдых компонентов сопровождается наличием особенностей поглощения оксидами железа на длинах волн $\lambda=520$ нм, $\lambda=670$ нм и $\lambda=870$ нм. Спектральные особенности, связанные с наличием в покрытии углеводорода, прослеживаются только для новых асфальтовых поверхностей и исчезают с увеличением возраста и ухудшением состояния, когда появляются особенности, связанные с минеральным поглощением. Для старых дорог отражательная способность увеличивается в диапазоне длин волн от 2100 до 2200 нм и уменьшается в диапазоне от 2250 до 2300 нм [1]. Трещинообразные дефекты сопровождаются уменьшенной отражательной способностью. Некоторые подобные дефекты содержат также элементы зелёной растительности, что оказывает влияние на спектральный профиль в части характерных особенностей, присущих растительности.

Первоочередным мероприятием при анализе состояния дорожных покрытий является выделение дорожной сети с использованием методов классификации. В качестве исходных данных использовались фрагменты гиперспектрального аэроснимка территории Самарской области. Данные получены в 36 каналах видимого и ближнего инфракрасного диапазона спектра. Классификация позволяет произвести разделение всего дорожного покрытия, представленного на снимке, на несколько классов в зависимости от возраста и состояния. Так, на снимке с использованием метода спектрального угла (SAM) выделяется 3 вида асфальтового покрытия улично-дорожной сети, соответствующих трём обучающим классам (рисунок 1): асфальтовое покрытие первого рода (шоссе), асфальтовое покрытие второго рода (просёлочная дорога), асфальтовое покрытие третьего рода. Однако, вместе с тем, на обработанном изображении выделяются характерные элементы урбанизированной территории – крыши домов, их стены



и подъездные пути, имеющие схожие с дорожными покрытиями спектральные характеристики.

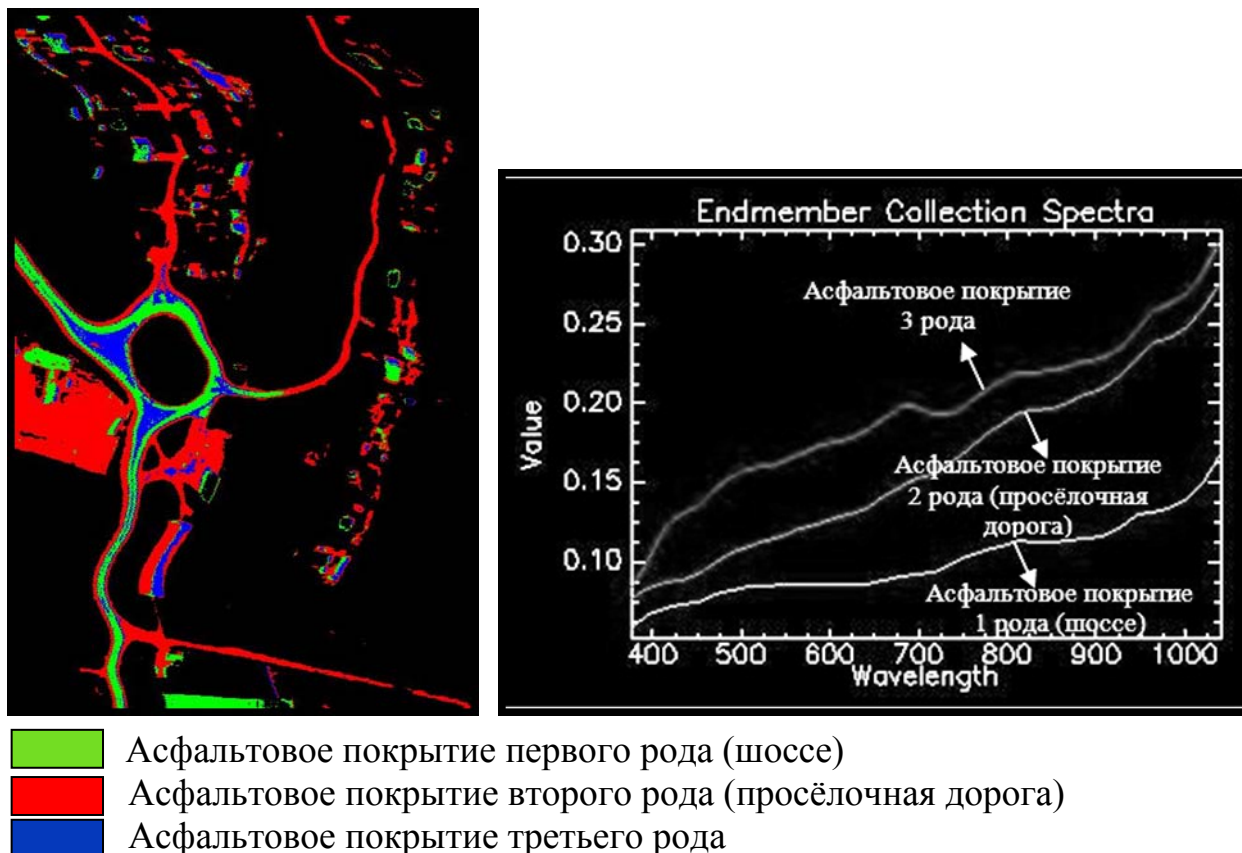


Рис. 1. Классификация дорожной сети в окрестности кольцевой развязки (слева), спектральные характеристики трёх типов асфальтовых покрытий (справа)

Анализируя спектральные профили каждого из трёх типов асфальтового покрытия на основании вышеизложенных теоретических оснований можно сделать вывод о том, что асфальтовое покрытие первого рода (шоссе) является более новым по сравнению с асфальтовым покрытием второго рода (просёлочная дорога), т.к. покрытие первого рода обладает наименьшим средним по спектру коэффициентом отражения, в отличие от покрытия второго рода. Асфальтовое покрытие третьего рода имеет наибольший средний по спектру коэффициент отражения, являющийся следствием значительного возраста в сочетании с элементами краски дорожной разметки.

Оценку состояния асфальтового покрытия, как было упомянуто выше, можно произвести, используя специальный индекс *ARVNIRI*, рассчитывающийся в данном случае следующим образом:

$$ARVNIRI = \rho_{831,3} - \rho_{489,8}, \quad (3)$$

где $\rho_{831,3}$ и $\rho_{489,8}$ – отражательная способность соответственно для длин волн $\lambda=831,3$ нм и $\lambda=489,8$ нм.

Анализ асфальтового покрытия с использованием данного индекса производился на основе фрагмента снимка с изображением кольцевого участка ав-



тодороги. Сначала построена маска дорожной сети, затем выполнена указанная арифметическая операция, в результате чего получено цветное индексное изображение, характеризующее состояние покрытия (рисунок 2). Фиолетовый цвет соответствует «свежему» асфальтовому покрытию, тёмно-красный цвет соответствует старому и изношенному покрытию.

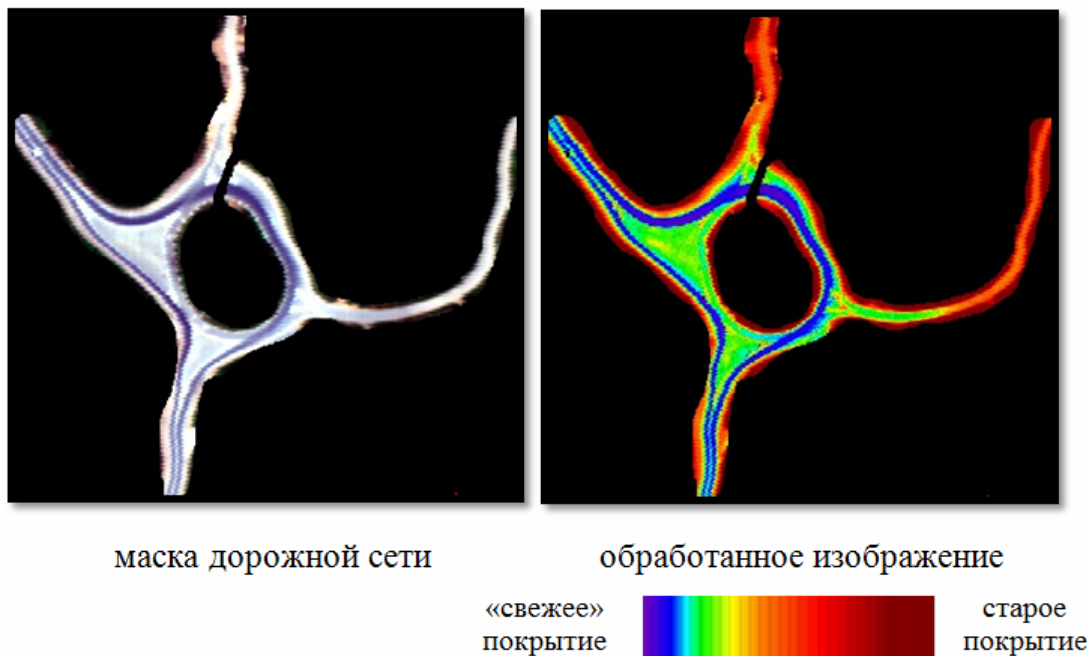


Рис. 2. Результат расчёта индекса *ARVNIRI*

Полученные результаты показывают возможности обнаружения, классификации и мониторинга объектов транспортной инфраструктуры по материалам гиперспектральной авиационной съёмки. Для тщательного и подробного анализа рекомендуется использовать данные наземных полевых гиперспектральных измерений.

Литература

- 1 Herold M., Roberts D., Gardner M. & P. Dennison 2004. Spectrometry for urban area remote sensing - Development and analysis of a spectral library from 350 to 2400 nm, *Remote Sensing of Environment*, 91, 3-4, 304-319.
- 2 Журавель Ю.Н., Федосеев А.А. Особенности обработки гиперспектральных данных дистанционного зондирования при решении задач мониторинга окружающей среды // *Компьютерная оптика*. Том 37. № 4. 2013. С. 471–476.