



В.А. Беликов, В. В. Галянин

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ НА СУШЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА И СРЕДСТВ ДЗЗ

(Самарский государственный технический университет)

### **Введение**

По данным Министерства Природных Ресурсов и Экологии Российской Федерации в 2013 — 2015 гг. было официально зарегистрировано более 6000 нефтяных разливов, из них более 2500 за последний год [1]. Причиной такого большого количества экологических происшествий чаще всего являются ветхие нефтепроводы, незаконные врезки и аварии на транспорте.

Нефтяные разливы наносят существенный ущерб экологии, они могут произойти на любой из стадий нефтедобычи, переработки или хранения. Своевременное выявление и ликвидация снижает непоправимый ущерб экологии региона.

На данный момент уже существуют методики обнаружения нефтяных разливов с помощью средства ДЗЗ (дистанционного зондирования Земли), однако они в большинстве направлены на детектирование нефти на открытой воде (заливы, моря, океаны) радарными измерениями, либо на мониторинг какого-либо определённого протяжённого участка поверхности Земли с помощью средств беспилотных летательных аппаратов [2,3].

В данной работе описывается подход к определению нефтяных разливов на значительных территориях (в масштабе городов и областей) с использованием мультиспектральных данных с космического аппарата (КА) Landsat-8, методов хемометрики и машинного обучения[4,5].

### **Миссии**

В настоящее время существует несколько глобальных космических миссий ДЗЗ, как коммерческих, так и доступных свободно [2,3].

Одна из таких миссий – программа USGS «Landsat», использующая серию одноимённых космических аппаратов, оборудованных для получения мультиспектральных снимков. Последний из запущенных КА – Landsat-8, оснащённый сенсорами TIRS (Thermal InfraRed Sensor) и OLI (Operational Land Imager), позволяющий получать мультиспектральные изображения поверхности Земли с разрешением 30 метров для диапазонов 430-880 нм, 1600 нм, 2200 нм и приведённому к 30 метрам в диапазоне 10,6-12,5 мкм [6].

Аналогичную миссию ДЗЗ ведёт Европейское Космическое Агентство - Copernicus. Пока на орбиту запущен один КА – Sentinel-2A, его оборудование позволяет получать мультиспектральные снимки с разрешением 20 метров для диапазонов 490-865 нм, 1610 нм, 2190 нм[7].

В России разработана и выведена в космос группировка КА Ресурс-П, оборудование которой позволяет получать гиперспектральные изображения с разрешением 30м в диапазоне 400-1100нм [8].



Снимки поверхности Земли, полученные миссиями Landsat и Copernicus можно получить с сайтов этих проектов [6,7].

### Моделирование

Для исследования возможности определения нефтяных разливов на суше с использованием КА программы Landsat были проанализированы изображения Самарской области, полученные со спутника Landsat-8.

Пиксели изображений были поделены на 4 класса: городская застройка, поле, вода и нефтешламы. В качестве эталонного участка класса «нефтешламы» было выбрано озеро Нефтешламовое (53.085005, 50.027618). С помощью сервиса [TPT-cloud](http://TPT-cloud) была построена PCA[4] модель (метод главных компонент) и выявлены наиболее эффективные методы нормировки данных.

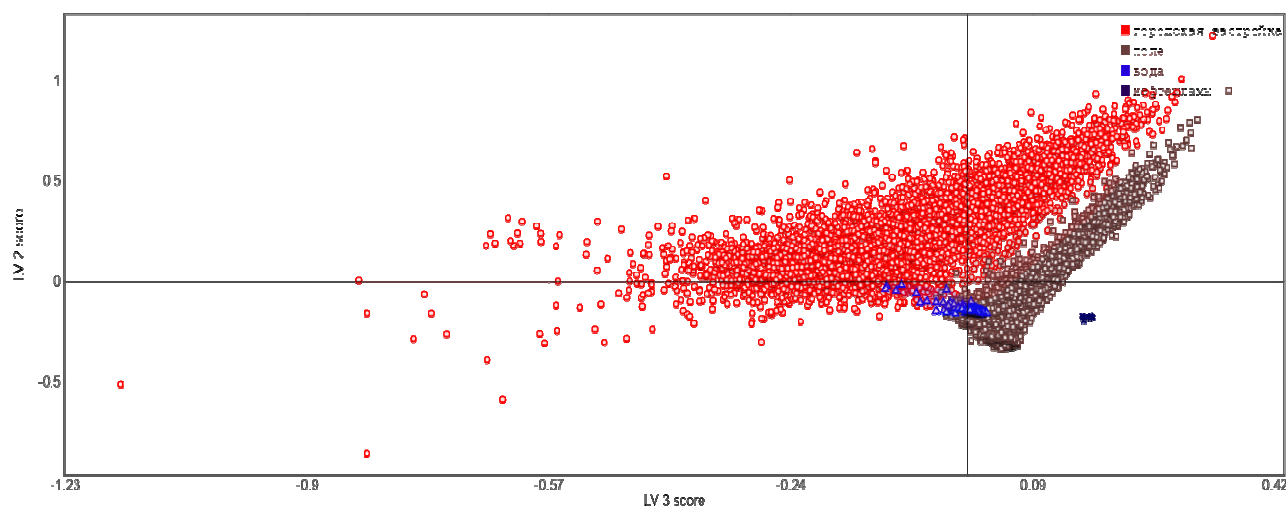


Рис.1 Графиков счетов PCA модели, построенной на мультиспектральных данных с КА Landsat-8 г. Снимок г. Самары, июнь 2014г.

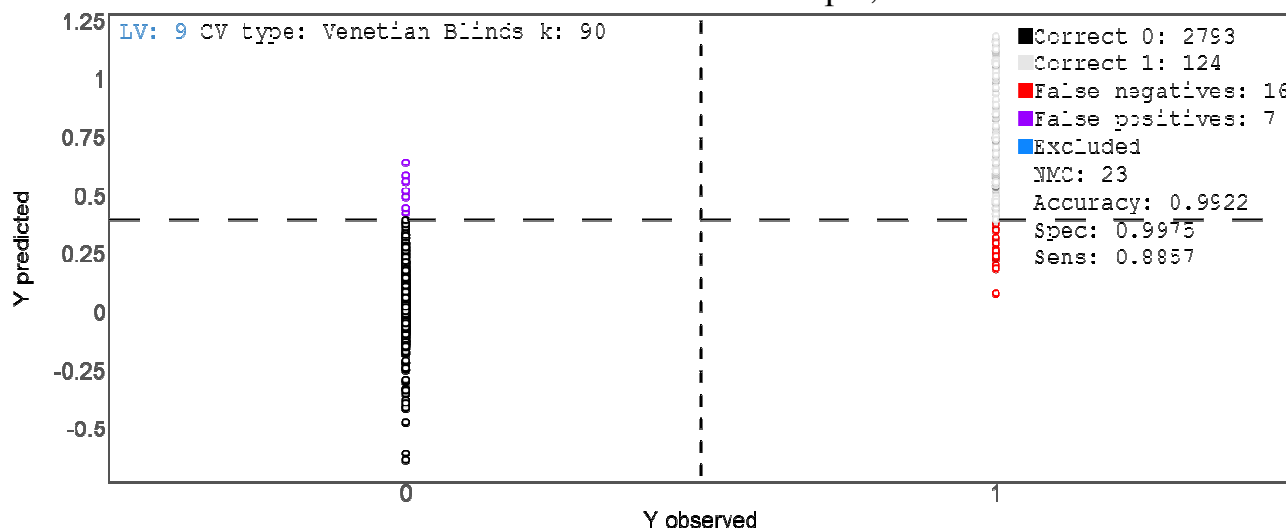


Рис. 2 График зависимости Y предсказанного от Y калибровочного модели PLS-DA, построенной на данных мультиспектрального изображения Landsat-8 г. Самары



На графике счетов (Рис. 1) хорошо видно сепарацию нефтешламов от трех других классов. Для дискриминации нефтепродуктов на поверхности Земли была построена регрессионная модель методом PLS-DA[5] (метод проекций на латентные структуры для дискриминационного анализа) (Рис. 2).

Для проверки данного подхода в масштабе различных городов и областей была построена аналогичная модель одновременно по нескольким изображениям города Самары и города Салавата Уфимской области. В качестве обучающего класса «нефть» были взяты пиксели открытых резервуаров с нефтепродуктами (г. Салават) и озеро Нефтешламовое (г. Самара).

Моделирование осуществлялось на изображениях со спутника Landsat-8, полученных в летние месяцы (июнь для г. Самары и август для г. Салават) в условиях малой облачности и схожих температур воздуха. В качестве преобразовок были использованы методы нормировки, выбранные при PCA моделировании. Полученная модель показала хорошее разделение нефтепродуктов, водных ресурсов, растительности и открытых участков почвы (Рис. 3, 4).

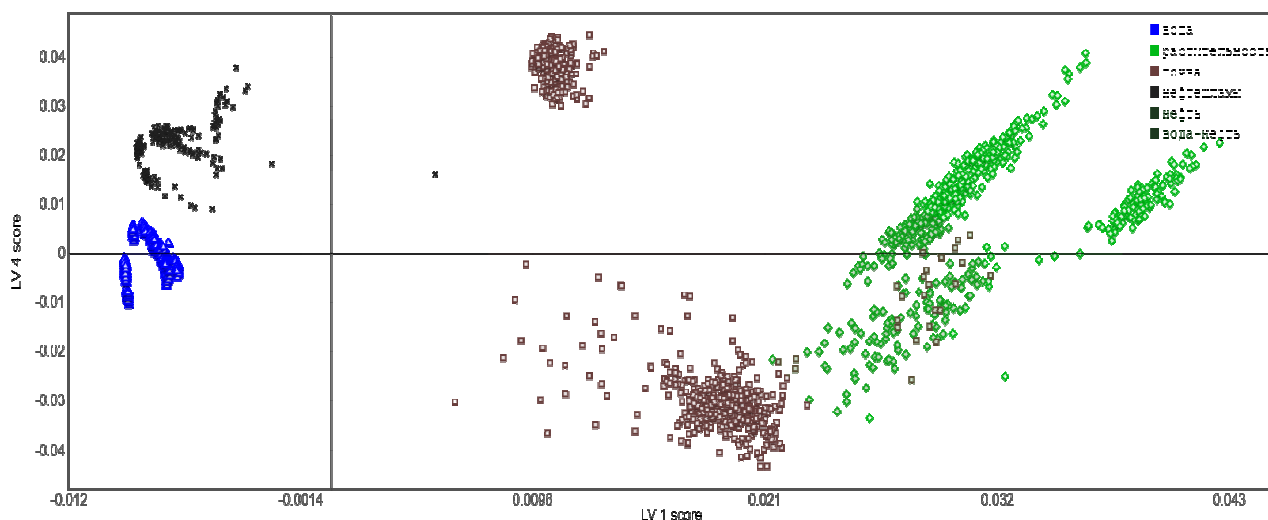


Рис. 3 График счетов PLS-DA модели, построенной на изображении г. Самары и г. Салават

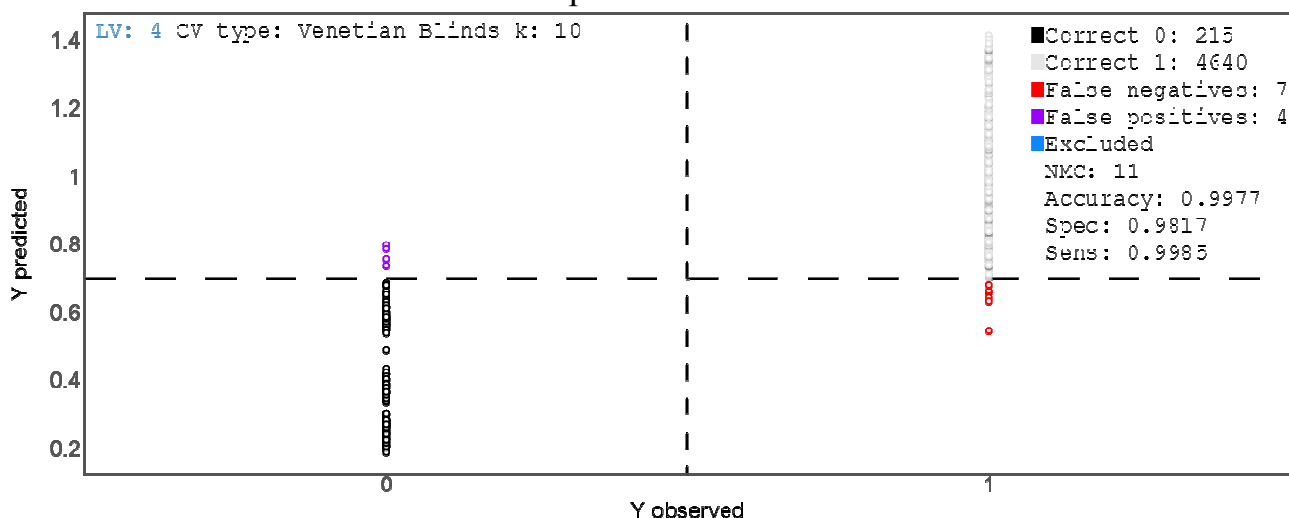


Рис. 4 График зависимости  $Y$  предсказанного от  $Y$  калибровочного модели PLS-DA, построенной на снимках г. Самары и г. Салават



На графике счетов (Рис. 3) наблюдается хорошее отделение классов воды и нефтепродуктов от классов почв и растительности. При построении модели так же использовались данные небольших водоёмов рядом с нефтехранилищами – они обозначены как класс «вода-нефть» на графике. Эта группа частично-го загрязнения, находящаяся между классами воды и нефтепродуктов.

Для валидации полученной модели была использована перекрёстная проверка (ПП) с разделением калибровочного набора на 10 частей. Чувствительность модели (ПП) к объединённому классу «нефть + нефтешламы + вода-нефть» составила 99,85%, а специфичность (ПП) 98,17% (Рис. 4) при минимуме общего количества ошибок дискриминации.

### **Вывод**

В данной работе показана возможность создания дискриминационных прогностических моделей для определения нефтяных разливов на суше с использованием снимков космического аппарата Landsat-8. Ожидается, что применение методов атмосферной коррекции и использование исторических данных об анализируемых пикселях позволит получить модели с более высокой прогностической способностью.

### **Литература**

1 Сайт Министерства Природных Ресурсов и Экологии Российской Федерации [Электронный ресурс]: статьи. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/> — Загл. с экрана. — Яз. рус.

2 Википедия [Электронный ресурс]: статьи. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/> — Загл. с экрана. — Яз. рус.

3 Дистанционное зондирование. Методы и модели обработки изображений [Текст]: учебное пособие / Шовенгердт, Р. А. / Пер. с англ. / Р. А. Шовенгердт, А. В. Кирюшина, А. И. Демьяникова — Издательство «Техносфера»

4 Wold S., Esbensen K., Geladi P. Principal Component Analysis. [Текст] / Wold S., Esbensen K., Geladi P. // Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 1987, Vol. 2, P. 37-52.

5 Sjöström M., Wold S., Lindberg W., Persson J.-Å., Martens H. A multivariate calibration problem in analytical chemistry solved by partial least-squares models in latent variables [Текст] / Sjöström M., Wold S., Lindberg W., Persson J.-Å., Martens H. // Analytica Chimica Acta. 1983, Vol. 150, P. 61–70.

6 Сайт Геологической службы США [Электронный ресурс]: статьи, граф. дан. — Электрон. дан. — Режим доступа: <https://www.usgs.gov/> — Загл. с экрана. — Яз. англ.

7 Сайт The European Space Agency [Электронный ресурс]: статьи, граф. дан. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.esa.int> — Загл. с экрана. — Яз. англ.

8 Сайт Роскосмос [Электронный ресурс]: статьи. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.roscosmos.ru/> — Загл. с экрана. — Яз. рус.