

УДК 528.7:504.06

© М.Г. Разакова, М. Душенко

М.Г. Разакова, М. Душенко

КОСМИЧЕСКАЯ СЪЕМКА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ



Основными факторами, влияющими на экологическую обстановку территорий, прилегающих к полигонам твердых бытовых отходов (ПТБО), являются:

- распространение фильтрата в почве при разложении отходов;
- выделение ядовитых газов.

Исследование растительности в областях непосредственной близости к ПТБО позволяет косвенно оценить влияние фильтрата в почве на окружающую среду.

Область и динамика распространения вредных веществ зависит от площади, объема и возраста ПТБО. Спутниковая информация сегодня позволяет получить геометрические параметры объектов ТБО (площадь, объем, динамика распространения и другие). Применение спутниковой информации, а также всего комплекса геоинформационных технологий позволит дать объективную оценку параметров ПТБО.

Методика вычисления объема объектов, дешифрируемых по данным дистанционного зондирования, зависит от исходного материала. Кроме измерения площадных характеристик свалок по одиночным космическим снимкам, современные системы ДЗЗ предоставляют возможность измерения высоты тела свалки, а также расчета объема складированного мусора за счет выполнения съемки в стереоскопическом режиме (по паре космических снимков). Для построения цифровой модели рельефа использовались данные космической съемки высокого пространственного разрешения оптического диапазона.

Для вычисления объема складированного мусора необходимо точное определение его контура и построение цифровой модели местности. В работе были использованы космические снимки со спутников WorldView-3 и GeoEye-1, предоставленные компанией TerraLink. В основном содержащиеся в свалках материалы с высокими коэффициентами отражения дают резкое повышение яркости на космических снимках. При исследовании композиции спектральных каналов данных WorldView-3

(480 nm, 605 nm, 660 nm), характерных для почвы и сооружений, было получено, что строения и ПТБО по яркостным характеристикам попадают в один класс (рис. 1).

В связи с этим необходимо создать методику однозначной идентификации объектов ТБО по космическим снимкам. Свалка твердых бытовых отходов состоит из хаотичного набора предметов биологического, синтетического и другого происхождения. Основываясь на физических свойствах объекта изучения, по космическим данным были выделены составляющие спектральной яркости с высокими значениями среднеквадратического отклонения (СКО) и соответствующего текстурного признака.

Яркостные особенности объекта ТБО выделялись не только на фоне почвы, но и строений и населенных пунктов (рис. 2), что позволило применить автоматическую классификацию методом К-средних (рис. 3).

Таким образом, индикационным признаком мест размещения ТБО служат текстурные особенности, а также спектральные характеристики поверхности, отличающиеся от фоновых. Средствами ArcMap из тематического растрового изображения был получен контур ПТБО и вычислена его площадь. Стереоскопический режим съемки данных GeoEye-1 предоставляет возможность измерения объема тела свалки за счет построения цифровой модели рельефа. Спутник оснащен двумя сенсорами высокого разрешения: панхроматическим с разрешением 0,41 м и мультиспектральным с разрешением 1,65 м, поддерживает съемку в стереорежиме. Из одиночной стереопары GeoStereo с коэффициентами рационального многочлена (RPC – Rational Polynomial Coefficients) [1], полученной со спутника GeoEye-1, построена цифровая модель местности (ЦММ) методами цифровой фотограмметрии (рис. 4). Значения высот варьируют на данной площади от 700 до 840 м. Средствами ArcMap построены контуры через 1 м.

По цифровой модели местности определено, что ПТБО расположен на максимальной высоте

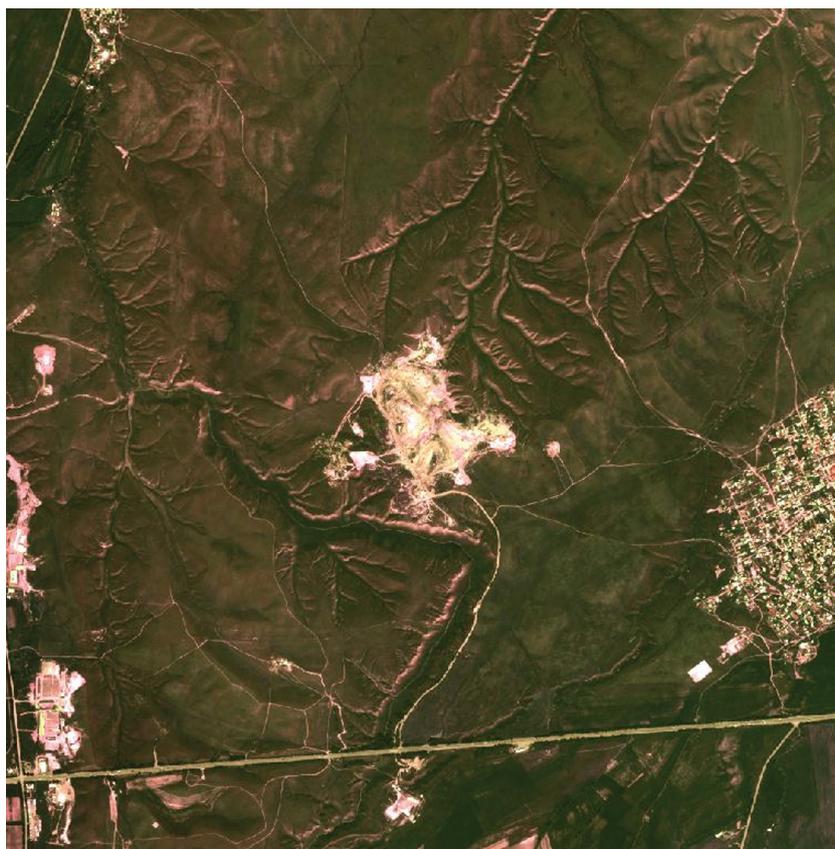


Рис. 1. Изображение данных WorldView-3 на территорию ПТБО

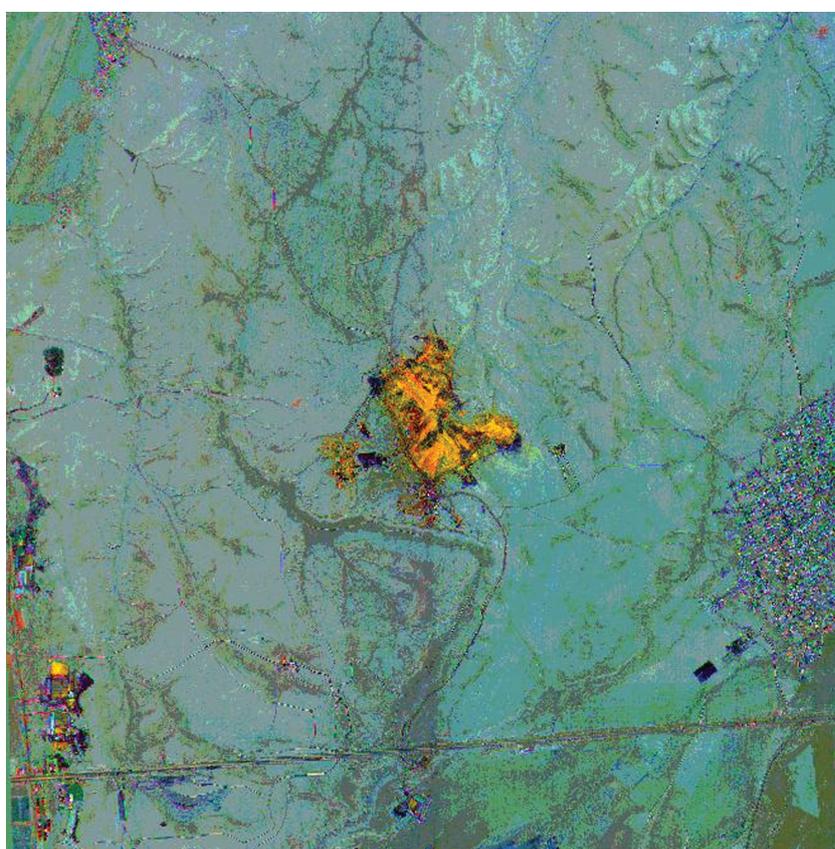
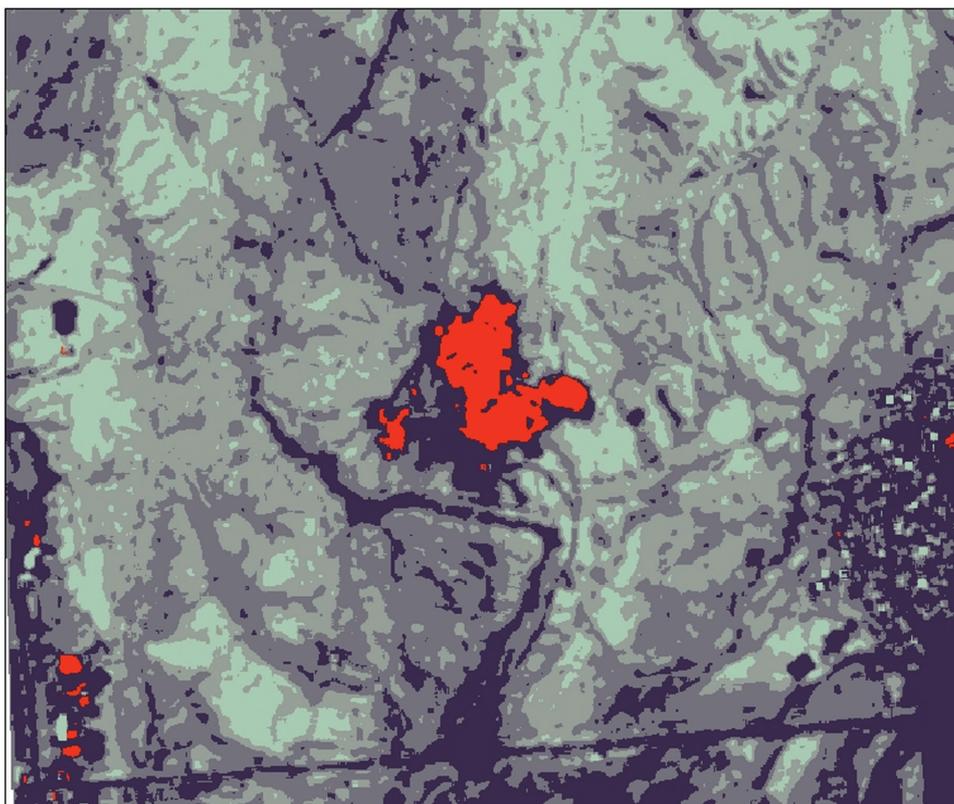


Рис. 2. Результаты обработки данных WorldView-3 для распознавания ПТБО



0 435 870 1,740 Meters



Условные обозначения



- | | | | |
|---|---------------|--|-------------|
|  | почва без р/п |  | почва тип 1 |
|  | объекты ТБО |  | почва тип 2 |
| | |  | почва тип 3 |

Рис. 3. Результаты классификации по данным WorldView-3

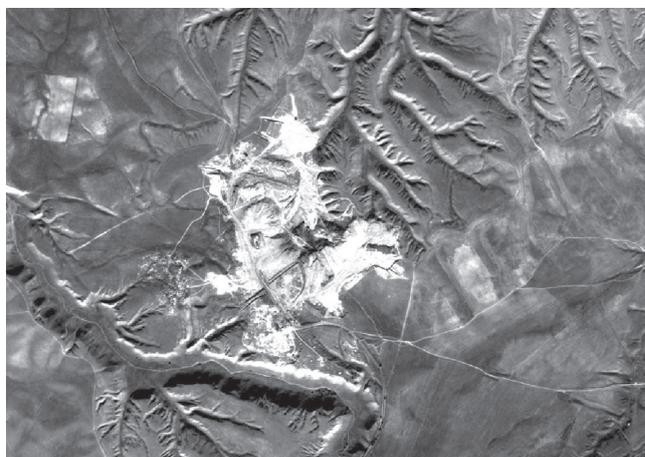


Рис. 4. Цифровая модель местности и фрагмент изображения по данным GeoEye-1

местности относительно площади охваченной съемкой. Для более детального изучения строения полигона произведена градуированная цветовая раскраска в зависимости от высот и построены контуры полигона, дешифрованные по данным WorldView-3 (рис. 5).

Определено, что ввозимый бытовой мусор сваливается в ущелье, незначительная часть мусора достигла дна, а в основном он распределен на склоне. Была решена задача определения вместимости ущелья или его объема. Первым шагом была маскирована область для вычисления объема (площадь ПТБО) из построенного ЦММ. Вторым шагом определена изолиния высоты, которая принимается за начальное значение отсчета измерения объема. На трехмерном цветном изображении граница ПТБО находится при переходе коричневого цвета в желтый (рис. 6).

На третьем шаге был вычислен объем и площадь поверхности между полигоном и поверхностью ЦММ. Вычисления выполняются только для перекрывающихся частей входных полигонов и набора данных ЦММ.

Границы каждого полигона сначала пересекаются с зоной интерполяции поверхности. Это позволяет определить общие для них участки. Затем вычисляется объем и площадь поверхности для всех треугольников, а также их частей, которые попадают в пределы пересекающего полигона.

Объем представляет собой кубическую площадь между выделенной частью поверхности и горизонтальной плоскостью, расположенной на высоте, заданной параметром поля высот (Height Field). Объем вычисляется между плоскостью и нижней частью поверхности.

Вычисленный объем 23 694 924,14 куб. м может служить базовым объемом резервуара для свалки мусора (табл. 1). При повторной процедуре вычисления объема по данным ДДЗ через определенный промежуток времени можно определить по разности объемов количество ввозимого мусора.

Итак методика определения объема полигона ТБО по оптическим данным дистанционного зондирования заключается в следующем:

1. Покрытие области интереса оптическими данными дистанционного зондирования, с определенным временным интервалом, со следующими параметрами: высокое пространственное разрешение, многозональное изображение в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне, стереоскопический режим съемки.
2. Классификация космического снимка.
3. Векторизация полигона ТБО.
4. Вычисление разновременных цифровых моделей местности методами фотограмметрии по стереопаре.
5. Построение изолиний высот.
6. Построение 3D изображения.
7. Вырезание области для вычисления объема по выявленной площади полигона из ЦММ.
8. Определение уровня начала отсчета процедуры вычисления объема.
9. Вычисление объемов по разновременным ЦММ.
10. Определение разности разновременных объемов.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, дешифрирование по космическим снимкам, объем свалки твердых бытовых отходов, неконтролируемая классификация.

ЛИТЕРАТУРА

1. Grodecki J. IKONOS Stereo Feature Extraction – RPC Approach // Proceedings of ASPRS. St. Louis, Conference, 23-27 April, 2001.
2. Remote Sensing to Assess Landfill Gas Migration, Jones H.K. Elgy J. // Waste Management and Research. – 1994. – Vol. 12. – P. 327-337.
3. Silvestri and M. Omri, A method for the remote sensing identification of uncontrolled landfills: formulation and validation // International Journal of Remote Sensing. – 2008. – 29 (4) . – 975-989.

Таблица 1

| Конечное значение высоты (м) | Начальное значение высоты (м) | Площадь поверхности (кв. м) | Объем (куб. м) |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------|
| 53 | 63 | 399458,17 | 23694924,14 |

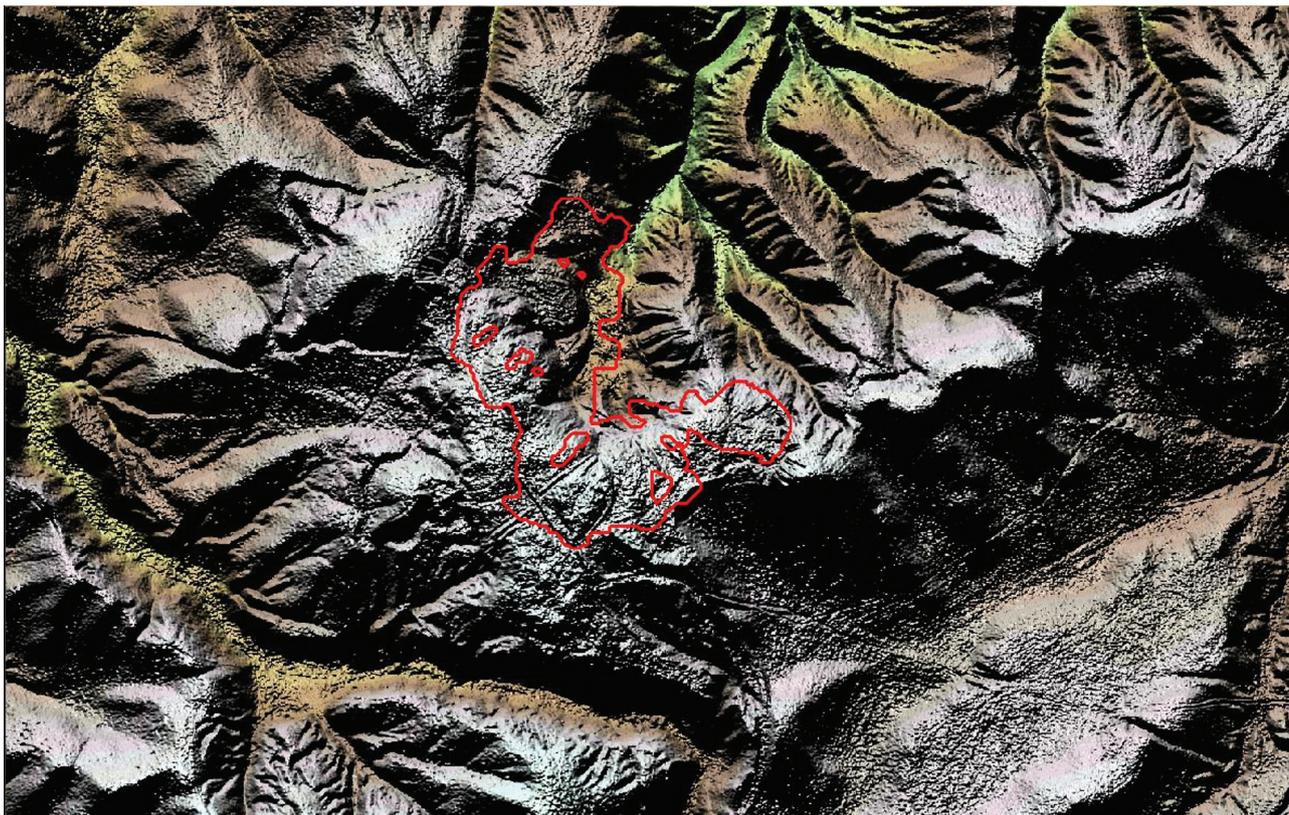


Рис. 5. Трехмерная визуализация ЦММ (контуры полигона нанесены красной линией)

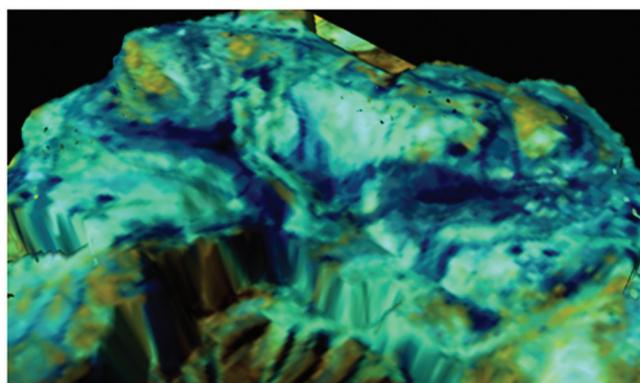
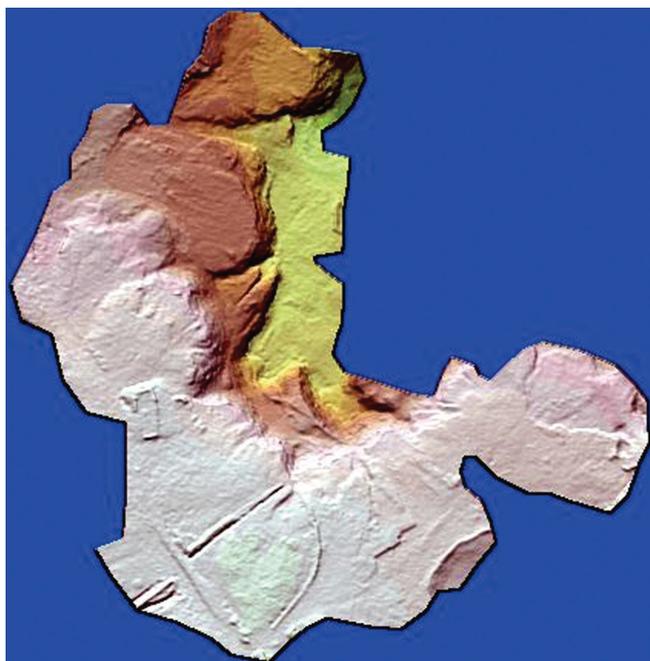


Рис. 6. Выделенная область ЦММ по площади полигона и ее трехмерная визуализация