

МЕТОД ВИЗУАЛЬНОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ В ЗАДАЧЕ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ

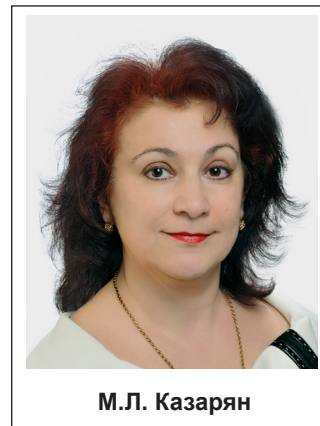
А.А. Рихтер*, М.А. Шахраманьян**, М.Л. Казарян***



А.А. Рихтер



М.А. Шахраманьян



М.Л. Казарян

Аннотация. В работе представлены общие сведения о визуальном детектировании объектов захоронения отходов. Приведены достоинства и недостатки метода визуального детектирования объектов исследования по сравнению с автоматизированным методом. Описаны объекты захоронения отходов с точки зрения визуального детектирования. Показано проведение метода визуального детектирования в программе Google «Планета Земля» на примере полигона ТБО Торбеево ближневосточного Подмосковья. Описан характер изменения территории полигона на период в десять лет. Описана общая структура полигона и его окружающей природной среды. Представлены для примера территориальная, транспортная подсистемы и подсистема захламления окрестности.

Ключевые слова: объекты захоронения отходов, захламления территорий, полигоны ТБО, свалки, визуальное детектирование, космический мониторинг, детектирование.

ВВЕДЕНИЕ

Замусоривание воплощается в различные формы – от хаотичного мусора, раскиданного по некоторой поверхности, до «цивилизованных» мусорных Эверестов, возвышающихся над городами. С развитием научно-технического прогресса возникло новое явление, имеющее антропогенный характер, но украшающее природу наравне с ее натуральными «красками», такими как березовые рощи, пресные озера, заливные луга и т. п. Нелепое сочетание имеет место во многих сторонах современного человеческого бытия, например, в человеческом сознании, где скапливаются совершенно разнородные, несовместимые компоненты. И при всем этом непрерывно происходят процессы этого сознания, благодаря чему высвобождается деятельность непредсказуемого рода. Физико-химические процессы в свалках аналогичны, в частности, настолько же непредсказуем состав веществ, высвобождаемых из них в жидком, твердом или газообразном состоянии. Этим, т. е. широ-

ким спектром вариантов своего поведения, они и опасны прежде всего. При исследовании рассматриваемой задачи используется определенный математический аппарат [5–8].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Ввиду ограниченной возможности большинства методов детектирования тех или иных объектов предлагается альтернативный подход к космическому мониторингу, проводимому в программе Google «Планета Земля». Речь идет о визуальном детектировании объектов заданного типа, в частности объектов захоронения отходов (ОЗО).

Освоив методику визуального детектирования свалок, можно стать пионером не только в своем районе, но и в других районах, открывать новые и новые свалки по мере поступления новых изображений (почти в режиме реального времени).

Визуальное детектирование – один из наиболее простых и общедоступных методов мо-

* Рихтер Андрей Александрович – инженер-программист, соискатель. НИИ АЭРОКОСМОС, РГУ нефти и газа им. Губкина (urfin17@yandex.ru).

** Шахраманьян Михаил Андраникович – д. т. н., профессор. Институт аэрокосмических технологий и мониторинга РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, Московский институт открытого образования, (7283763@mail.ru).

*** Казарян Маретта Леоновна – к. ф.-м. н., доцент. Владикавказский филиал Финансового университета при Правительстве Российской Федерации (marettak@bk.ru).



Рис. 1. Пример изображений ОЗО:
а) космическое изображение;
б) фотография

нитинга, прежде всего космического. Суть его состоит в изучении объекта исследования (ОИ) на изображении в интерактивном режиме, без разработки и использования специальных программ, автоматизирующих этот процесс. Изображения могут быть: аэрофото-, космическими снимками или их фрагментами; фотографиями ОИ, снятыми фотоаппаратами; отображениями ОИ на различных картах и др.

Детектирование – одна из основных операций аэрокосмического мониторинга, выделение ОИ на изображениях. Но в контексте «визуальное детектирование» слово «детектирование» будем понимать как изучение ОИ, в том числе его выделение. В данной работе визуальное детектирование – комплексное интерактивное исследование ОЗО по изображениям.

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ МЕТОДА ВИЗУАЛЬНОГО ДЕТЕКТИРОВА- НИЯ ОБЪЕКТОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ

Преимущества визуального детектирования:

1. Простота реализации – задача решается учащимися школ средних и старших классов в свободное от основных занятий время, и может приносить определенное удовольствие от работы;

2. Самообучение – на реальных, живых примерах ОИ учащийся осваивает основы космического мониторинга, например, выявляет некоторые закономерности в наблюдении за объектами;

3. Высокая производительность – используя

минимум информации на входе (Google Earth и собственное зрение), можно получить максимум информации на выходе (до полного анализа ОИ);

4. Точность – даже в автоматизированных программах возникают ошибки детектирования, которые устраняются оператором, т. е. человеческое зрение делает меньше ошибок, чем «машинное»;

5. Наглядность – видимые изображения наиболее близки человеческому зрению, поэтому визуальное детектирование удобно проводить по космическим видимым изображениям, несмотря на то, что они отражают вид сверху.

Недостатки визуального детектирования: 1) необходимость ручного и детального прослеживания области наблюдения; 2) индивидуальная работа с каждым ОИ; 3) высокая трудоемкость ввиду невозможности масштабного мониторинга области наблюдения; 4) невозможность полного анализа ОИ ввиду использования ограниченного числа каналов изображений, в частности только видимых каналов изображений (другие каналы, такие как инфракрасный или тепловой, не используются).

Автоматизированный метод мониторинга [2, 3] основан на разработке и / или использовании специальных программных средств, при работе с которыми требуются специализированные навыки, в частности изображения следует подвергать обработке. К тому же работа этих программ почти всегда дает ошибки детектирования, обнаружения ОИ. Но при этом по результатам разработки и тестирования программы детектирование может быть выполнено сразу по большой

области покрытия, что повышает быстродействие работы оператора.

ОБЪЕКТЫ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВИЗУАЛЬНОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ

ОЗО – это, проще говоря, свалки мусора, которые могут принимать различную форму [1]: захлапленный территорий, полигонов ТБО, муниципальных свалок, свалок радиоактивных отходов и т. п. ОИ являются именно ОЗО, а не их компоненты – мусор. Это связано с тем, что по космическим изображениям можно увидеть сам ОЗО, а конкретный мусор (пластиковую бутылку, резиновую камеру и т. п.) как мельчайшую составляющую ОЗО – нельзя. Иногда даже сам ОЗО нельзя увидеть на изображении, ввиду малости его размера.

С точки зрения визуального детектирования ОЗО – объекты, которые сильно отличаются от окружающей среды (рис. 1). На рис. 1а – космическое изображение, 1б – фотография ОЗО «полигон ТБО Кучино», Московский регион. Изображения сняты в близкое друг к другу время: 1а – 6 мая 2007 г., 1б – 2 апреля 2007 г. На 1а точка А и вектор r – место и направление съемки изображения 1б. Видно, насколько сильно визуально отличаются изображения сверху (1а) от изображения спереди (1б) даже по цветовой палитре, несмотря на то, что оба – видимые изображения. Основная причина отличия – расстояние, с ко-

торого произведена съемка, а не направление съемки (будь то сверху, спереди, сзади, сбоку или снизу). Космическое изображение снято на расстоянии порядка сотен километров, а фотография – порядка сотен метров (в зависимости от размеров ОЗО).

ОЗО относятся к видимым сверху объектам. Правда, видна только поверхность этих объектов, а то что происходит внутри них и под ними, остается невидимым. Но это не значит, что невидимое является неизвестным, т. к. признаки процессов, происходящих внутри объекта, могут иметь проявление на его поверхности. Т. е. имеет место некоторый «градиент», воздействующий изнутри наружу Земли, причинами которого могут быть солнечная активность и гравитация.

Распознать свалку, конечно, проще по фотографии, т. к. это привычнее. Но ввиду того что всю планету с фотоаппаратом обойти проблематично, целесообразно использовать космические изображения и сверху, со стороны, дистанционно обследовать и перефотографировать свалки. По сути это те же полевые наблюдения, включающие фотографии, но более масштабные.

ПРИМЕР ВИЗУАЛЬНОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ

Рассмотрим одну из многочисленных задач визуального детектирования «структура объекта и его окружающей среды» на примере полигона



Рис. 2. Выделение ОЗО и его окрестности на примере полигона ТБО Торбеево



Рис. 3. Изменения окрестностей полигона ТБО Торбеево: а) июнь 2003 г.; б) апрель 2014 г.

ТБО Торбеево (Люберецкий район, Московская область). Покажем в общем виде структуру ОЗО и окружающей его природной среды (ОПС) – рис. 2. 1 – ОЗО, 2 – его ОПС (условно выделена в виде прямоугольника). В зоне ОПС находится одноименный населенный пункт – деревня Торбеево. Также полигон по дуге окружают деревни Русавкино-Романово, Русавкино-Поповщино, Полушкино, Новый Милет, Мичуринец и др. населенные пункты Балашихинского и Люберецкого районов. Многие из них, оказывается, расположены в санитарно-защитной зоне полигона, что является прямым нарушением правил проектирования, эксплуатации и рекультивации [4], т. к. по правилам ближайший жилой дом к свалке должен быть не менее чем в 1 км от нее. На

самом деле это незначительное нарушение по сравнению с другими, которые также наблюдаются визуальным детектированием в программе Google Earth.

Поверхность Земли технологически весьма сильно поменялась за последние несколько лет (рис. 3). В частности: 1) сама свалка выросла в несколько раз (1); 2) там, где были фермерские хозяйства, теперь – хозяйственная зона полигона со всеми вытекающими последствиями (2); 3) значительные территории перерыты под грунт и расширение полигона (3); 4) вырублена без того тонкая лесная полоса и уничтожены значительные территории плодородной земли (4); 5) «наметки» на внешние территории, за границами полигона (5) и др. особенности изменений.



Рис. 4. Деление территории полигона ТБО Торбеево в первом приближении



Рис. 5. Основные захламления окрестности полигона ТБО Торбеево



Рис. 6. Транспортная система полигона ТБО Торбеево

Следует заметить, что площадь покрытия растительностью (лесной, кустарниковой, травяной) стабильно уменьшается со временем в принципе, заменяя собой антропогенные объекты. Так, площади лесопосадок оказываются ничтожными по сравнению с площадями лесовырубок. Стабильное уменьшение площади покрытия рас-

тительности видно и на примере окрестностей ОЗО.

В состав ОПС ОЗО полигон ТБО Торбеево входят (см. рис. 2): высокого уровня заболеваемости населенные пункты, «нечистоплотная» складская зона (I), загрязненная река Черная (II), шаткие автодороги (III), остатки бывшего зверо-

совхоза – конюшня (IV), увядающие сельхозполя (V) и др. объекты природного и антропогенного происхождения.

Примечательно, что многие объекты одного класса привязаны к окружающей среде различных полигонов, такие как кладбища (ОПС полигонов ТБО Кучино, Долгопрудный и т. д.) и сельскохозяйственные зоны (ОПС полигонов ТБО Лисьи Горы, Торбеево и т. д.).

Вообще ОПС может быть представлена объектами многочисленных классов:

1. Природные объекты – водные (реки, водоемы), лесные (лесомассивы, посадки), травяные (луга, просеки) и др. зоны;

2. Антропогенные объекты – населенные пункты (деревни, поселки), производственные зоны (фабрики, заводы), сельскохозяйственные зоны (зверсовхозы, сельхозполя), зоны сервиса (АЗС, автостоянки), транспортная система (автодороги, железные дороги) и др. зоны.

ОЗО – это структурно сложные объекты, составленные из «кубиков» более простых объектов (объекты нижнего уровня). Этот структурный объект можно разрезать в первом приближении, как показано на рис. 4. Представить структуру можно полигональными областями и / или соответствующими метками (1–4). Имеем 4 зоны (участка): 1 – участок складирования, 2 – зона выработки грунта под складирование отходов, 3

– хозяйственная зона, 4 – зона расширения границ полигона под складирование отходов (предположительно).

В свою очередь каждая зона делится и / или содержит в себе более частные объекты. Например, хозяйственная зона представлена многочисленными технообъектами (офисными, производственными зданиями, складами, жилыми объектами – «вагончиками», автостоянкой и др.) и другими территориями (в частности, под размещение специализированных отходов).

Таким образом, территорию ОЗО и его ОПС можно представить в виде карты, состоящей из множества слоев. Для карты ОЗО полигон ТБО Торбеево один из слоев – деление его на основные зоны. Можно создать другие слои, например, «захламления окрестности ОЗО» (рис. 5), «транспортная система» (рис. 6) и др.

На рис. 6: 1 – подъездные дороги к полигону (внешняя часть транспортной системы полигона), 2 – главная дорога, 3 – серпантин, 4 – второстепенные дороги, 5 – транспортные развязки хозяйственной зоны, 6 – дороги на поверхности полигона, 7 – транспортные узлы. Транспортная система установлена прежде всего для мусоровозов, бункеровозов, скреперов и др. мусорооборочной техники. Каждая дорога ведет к тому или иному объекту, будь то здание, захламление, насыпи песка и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шахрамьян М.А., Рихтер А.А. Методы и технологии космического мониторинга объектов захоронения отходов в интересах обеспечения экологической безопасности территории: Учебно-методическое пособие. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2013. 241 с.
2. Рихтер А.А., Шахрамьян М.А., Казарян М.Л., Мурынин А.Б. Оценка геометрических параметров областей замусоривания по мультиспектральным космическим изображениям.
3. Рихтер А.А., Шахрамьян М.А., Казарян М.Л., Мурынин А.Б. Разработка метода оценки степени деградации почвы на основе данных долгосрочных наблюдений.
4. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов. Министерство строительства Российской Федерации. Академия коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова. – Москва, 1998 г.

5. Казарян М.Л. Исследование вейвлет-преобразований Хаара на корректность в контексте задачи космического мониторинга Земли // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2013. № 6 (178). С. 14–17.
6. Казарян М.Л. Об устойчивости задачи модифицированной винеровской фильтрации // Телекоммуникации. 2009. № 5. С. 2–9.
7. Казарян М.Л. Оптимальное зонное кодирование цифровых липшицевых сигналов посредством класса систем модифицированных преобразований Хаара // Телекоммуникации. 2011. № 1. С. 2–10.
8. Казарян М.Л. Об ортогональных преобразованиях в задаче сбора, обработки, архивации и распространения спутниковых данных // Психолого-педагогический журнал Гаудеамус. 2013. № 2(22). С. 194–200.

VISUAL DETECTION METHOD IN THE PROBLEM OF SPACE MONITORING DISPOSAL SITES

A.A. Richter*, M.A. Shakhramanyan**, M.L. Kazaryan***

* Applicant. Institute of Aerospace Technology and Monitoring, Moscow, Russia (urfin17@yandex.ru).

** Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Aerospace Technology and Monitoring, Moscow Institute of Open Education, Moscow, Russia (7283763@mail.ru).

*** Candidate of physical and mathematical sciences, assistant Professor. Financial University at Government of Russian Federation Vladikavkaz Branch, Vladikavkaz, Russia, North Ossetian (marettak@bk.ru).

Abstract. The paper presents an overview of the visual detection of waste disposal facilities. The advantages and disadvantages of the method of visual detection of objects of study, compared with an automated method are presented. Objects of waste disposal in terms of visual detection are described. Displaying holding by visual detection in Google Earth as an example landfill Torbeevo Middle East suburbs. The behavior of the landfill site for a period of ten years as well as the general structure of the landfill and its environment is described as an example of territorial, transport subsystem and subsystem littering the neighborhood are presented.

Keywords: Objects waste disposal, littering areas, landfills, dumps, visual detection, space monitoring, detection.

REFERENCES

1. Shakhraman'yan M.A., Rikhter A.A. *Metody i tekhnologii kosmicheskogo monitoringa ob'ektov zakhoroneniya otkhodov v interesakh obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti territorii: Uchebno-metodicheskoe posobie*. M.: Izdatel'skiy tsentr RGU nefti i gaza imeni I.M. Gubkina, 2013. 241 s.
2. Rikhter A.A., Shakhraman'yan M.A., Kazaryan M. L., Murynin A.B. *Otsenka geometricheskikh parametrov oblastey zamusorivaniya po mul'tispektral'nym kosmicheskim izobrazheniyam*.
3. Rikhter A.A., Shakhraman'yan M.A., Kazaryan M. L., Murynin A.B. *Razrabotka metoda otsenki stepeni degradatsii pochvy na osnove dannykh dolgosrochnnykh nablyudeniy*.
4. *Instruktsiya po proektirovaniyu, ekspluatatsii i rekul'tivatsii poligonov dlya tverdykh bytovykh otkhodov*. Ministerstvo stroitel'stva Rossiyskoy Federatsii. Akademiya kommunal'nogo khozyaystva im. K.D. Pamfilova. Moskva 1998 g.
5. Kazaryan M.L. *Issledovanie veyvlet-preobrazovaniy Khaara na korrektnost' v kontekste zadachi kosmicheskogo monitoringa Zemli // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Estestvennye nauki*. 2013. № 6 (178). S. 14-17.
6. Kazaryan M. L. *Ob ustoychivosti zadachi modifitsirovannoy vinerovskoy fil'tratsii // Telekommunikatsii*. 2009. № 5. S. 2-9.
7. Kazaryan M. L. *Optimal'noe zonnnoe kodirovanie tsifrovyykh lipshitsevykh signalov posredstvom klassa sistem modifitsirovannykh preobrazovaniy Khaara // Telekommunikatsii*. 2011. № 1. S. 2-10.
8. Kazaryan M. L. *Ob ortogonal'nykh preobrazovaniyakh v zadache sbora, obrabotki, arkhivatsii i rasprostraneniya sputnikovyykh dannykh // Psikhologo-pedagogicheskiy zhurnal Gaudeamus*. 2013. № 2(22). S. 194-200.

