

УДК 91.528.7

ОБРАБОТКА КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ МУЛЬТИМЕДИА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В КОСМИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ОБЪЕКТОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ

³Рихтер А.А., ^{1,2}Казарян М.Л., ^{1,3,4}Шахрамьян М.А.

¹Владикавказский филиал, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Владикавказ, e-mail: vfek@bk.ru;

²Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, Владикавказ, e-mail: nosu@nosu.ru;

³Институт аэрокосмических технологий и мониторинга РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина», Москва, e-mail: 7283963@mail.ru;

⁴Московский институт открытого образования, Москва

Разработан и протестирован мультимедийный метод обработки космических изображений, позволяющий подключать человека-оператора как наблюдателя и контроллера процесса обработки. Дана общая математическая модель получения фильма обработки и представлена общая блок-схема процесса получения областей детектирования различных объектов наблюдения. Описана программа-мультимедиа обработки и приведены примеры отдельных компонентов этой программы, которые могут быть как включены, так и не включены в нее. Результаты работы программы-мультимедиа показаны на примере космического мониторинга объектов захоронения отходов. В частности, в задаче обнаружения и выделения объектов захоронения отходов могут быть использованы различные методы, среди которых в работе приведен вариант комбинирования пороговой фильтрации и наполнения областей в режиме мультимедиа.

Ключевые слова: динамическая обработка изображений, карты детектирования, принцип «кино», математическая модель фильма, дистанционное зондирование, алгоритмы, космические изображения, полигон ТБО

PROCESSING OF SATELLITE IMAGES USING THE MULTIMEDIA AND ITS APPLICATION IN SPACE MONITORING OF DISPOSAL SITES

³Rikhter A.A., ^{1,2}Kazaryan M.L., ^{1,3,4}Shakhranyan M.A.

¹Financial University at Government of Russian Federation Vladikavkaz branch, Vladikavkaz, e-mail: vfek@bk.ru;

²North Ossetian State University by K.L. Khetagurov, Vladikavkaz, e-mail: nosu@nosu.ru;

³Institute of Aerospace Technology and Monitoring, Moscow, e-mail: 7283963@mail.ru;

⁴Moscow Institute of Open Education, Moscow

Developed and tested a multimedia processing method of space images, allowing you to connect human operator as an observer and controller of the processing. Given a General mathematical model for film processing and presents an overall block diagram of the receive process of detection areas of different objects of observation. The described program-multimedia processing and examples of individual components of this program that can be either included or not included in it. The results of the program-media shows on the example of space monitoring of the disposal sites. In particular, in the problem of detection and selection of disposal sites can be used various methods, among which the work provides for the option of combining threshold filtering and filling areas in the multimedia mode.

Keywords: dynamic image processing, card detection, the principle of «cinema», a mathematical model of the film, remote sensing, algorithms, space images, landfill

Использование методов и средств аэрокосмического мониторинга, ГИС-технологий, дискретных ортогональных преобразований становится все более популярным в различных отраслях науки и техники [3–6, 10]. Одна из задач аэрокосмического мониторинга – детектирование областей поверхности земли с требуемыми свойствами.

ЭВМ современного поколения не достаточно развиты для того, чтобы сравниться

с человеком-оператором. Это обуславливает наличие ошибок детектирования любых алгоритмов с любыми параметрами детектирования. Таким образом, для текущего поколения компьютерных технологий необходимо введение человека как основного звена космической обработки, в частности, в задаче детектирования областей. В этом случае любая обработка изображений не может быть полностью автоматической, т.е. имеет характер автоматизированной.

Постановка задачи

Число алгоритмов детектирования растет со временем. Большинство, если не все, из них имеют ошибки детектирования E , которые складываются из ошибок обнаружения истинных объектов ($E1$) и ошибок обнаружения ложных объектов ($E2$). Различным параметрам детектирования p соответствуют различные значения этих ошибок, т.е. регулирование значений этих параметров можно оптимизировать E . В этом случае область детектирования получается максимально полной (минимум $E1$) и четкой, т.е. с минимальным зашумлением (минимум $E2$). В исключительных случаях может быть $E = 0$. В связи с этим требуется разрабатывать специфические алгоритмы детектирования, применяемые для каждого конкретного типа объектов. При этом оптимальные параметры детектирования определяются ручным способом – варьированием p . Более того, имеет место многоэтапность обработки изображений, т.е. на каждом этапе алгоритм обрабатывает «полуфабрикат» изображения по своим информационным признакам. Рост числа этапов обработки ведет к усложнению алгоритма детектирования и к росту ошибок детектирования.

Описание метода

Предлагается метод, который условно назовем «Динамическая обработка изображений». В соответствии с этим методом человек вводится на все этапы обработки, в частности:

- 1) отслеживает и приостанавливает процесс обработки в любой момент времени;
- 2) регулированием значений параметров обработки просматривает и контролирует результат обработки;

3) обследует различные варианты результатов обработки в зависимости от тех или иных значений параметров обработки.

Для удобства и полноты управления «штурвалом самолета» детектирования предлагается идея использования принципа «кино» в обработке изображений различных видов. Данный принцип состоит в автоматическом перелистывании изображений обработки различных видов, в том числе космических снимков, каждому из которых соответствуют свои значения параметров обработки, которые изменяются во времени по некоторой временной функции. Кадры этого фильма сменяются один на другой при изменении параметров обработки за некоторый малый интервал времени.

Данная идея может быть программно реализована, например, в виде приложения мультимедиа с приведением различных внутренних механизмов обработки к «за-

конам» мультимедиа. Например, вводится терминология, которая включает такие понятия, как видеообработка, фильм, видеоэкран, трек, кадр, проигрывание, остановка, приостановка, режим, жанр, скорость, настройка воспроизведения.

Среди возможностей метода можно выделить:

- 1) демонстрацию процесса динамической обработки;
- 2) составление карт результатов обработки, в частности детектирования [7, 9];
- 3) прослеживание изменений результатов обработки в зависимости от значений тех или иных параметров [1, 2, 8];
- 4) теоретические обследования территорий и оптимизацию параметров обработки.

Общее представление математического аппарата методики

Математическую модель фильма можно представить в виде следующей формулы:

$$F = U[M, p]; p = f(t), \quad (*)$$

где F – фильм, который состоит из последовательности изображений обработки (видеоизображение); t – текущий момент времени; M – исходное изображение; $U[M, p]$ – текущее изображение обработки; p – параметр (параметры) обработки над исходным изображением; U – оператор, обрабатывающий исходное изображение M по заданному алгоритму, воздействуя на M параметром обработки p ; $f(t)$ – функция параметра обработки p от времени t (параметрическая функция).

Математическая модель кадра фильма:

$$F_0 = U[M, p_0]; p_0 = f(t_0),$$

где F_0 – кадр фильма, представляющий собой значение функции $U_0 = [M, p_0]$ в определенной точке $p = p_0$ для постоянного исходного изображения M ; t_0 – момент времени, в который отображается данный кадр (например, на экране дисплея).

Среди множества частных случаев (*) можно выделить видео пороговой фильтрации, кластеризации, дилатации, наполнения областей, выделения объектов и т.д.

Например, модель видео фильтрации полихроматического изображения:

$$U(x, y) = \begin{cases} 1, & m_1 \leq M(x, y) \leq m_2; \\ 0, & M(x, y) < m_1, \quad M(x, y) > m_2. \end{cases}$$

где x и y – координаты абсциссы и ординаты пикселя изображений M и U ; $U(x, y)$ – КСЯ данного пикселя на изображении U ; $M(x, y)$ – КСЯ данного пикселя на исходном изображении M ; U – бинарное изображение с выделением областей детектирования, которой соответствует интервал КСЯ $[m_1, m_2]$.



Рис. 1. Общая блок-схема методики

Программная реализация методики

Общая блок-схема программы представлена на рис. 1. Одним из вариантов программной реализации методики является программа-мультимедиа с использованием соответствующих мультимедийных настроек, таких как Play, Stop, Pause и т.д. В программе предусматривается возможность подключения различных программных блоков, обрабатывающих те или иные алгоритмы обработки относительно регулируемых параметров обработки. Например, для программного блока «пороговая фильтрация» параметрами обработки являются средние значения коэффициентов спектральной яркости (КСЯ) и их отклонения на различных каналах исходных мультиспектральных изображений.

Программная реализация может быть в различных программных формах и на различных уровнях сложности и завершенности:

- 1) программного блока;
- 2) многооконного виртуального приложения;
- 3) завершенного программного комплекса.

Программная «философия» реализации методики, приуроченной к принципу мультимедиа, включает множество различных компонентов, в частности панель управления, строку состояния, программное тело, панель, экран, пульт навигации, пульт рисования и мн. др.

Результаты работы программы на примере космического мониторинга объектов захоронения отходов

На примере объектов захоронения отходов (ОЗО) с использованием программных блоков «пороговая фильтрация» и «наполнение областей» покажем работу методики.

Как известно [1, 8, 9], ОЗО являются структурно сложными объектами, и для их выделения недостаточно использовать только пороговую фильтрацию. В связи с этим, сперва для исходного изображения (рис. 3) просматривался фильм пороговой фильтрации на его различных каналах с регулированием пороговых значений КСЯ на других каналах. Задача состояла

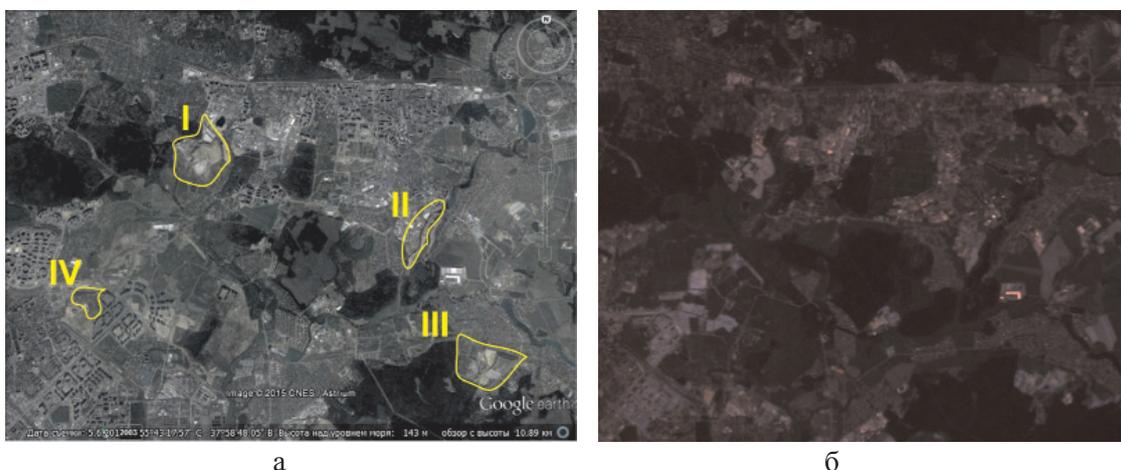


Рис. 2. Область наблюдения (а), программа Google Планета Земля; исходное изображение, Landsat 5 TM (июнь, 2010 г.)

в приведении к выделениям эталонных ОЗО в область детектирования. При проведении эксперимента было обнаружено, что оптимизировать параметры детектирования удобно поканально, с каждым последующим каналом приближаясь к эталону. В результате была «на глаз» получена одна из многочисленных оптимальных точек параметров детектирования:

$$m_1 = [93 \ 65 \ 67 \ 98 \ 91 \ 25 \ 3];$$

$$m_2 = [255 \ 91 \ 255 \ 80 \ 234 \ 178 \ 75].$$

Соответственно получено одно из оптимальных изображений детектирования – рис. 4. Данное изображение приближено к эталонной области с учетом минимального значения ошибок детектирования E , но очевидно, что она сильно отличается от эталонной области (см. I–IV на рис. 2):

Это предел возможностей пороговой фильтрации для ОЗО, поэтому целесообразно программный блок «пороговая фильтрация» усилить другим программным блоком, подключаемым к программе-мультимедиа. Одним из вариантов такого усиления является программный блок «наполнение областей» [7]. Кадры данного фильма – области детектирования, полученные пороговой фильтрацией с более широкой полосой пропускания для выделения самих ОЗО. При этом выделяются только те связные компоненты, которые включают области на рис. 3. Если при изменении параметров обработки в фильме площадь связных компонент меняется скачком, то предыдущее значение параметра дает уже выделение соответствующей включенной области (рис. 3).

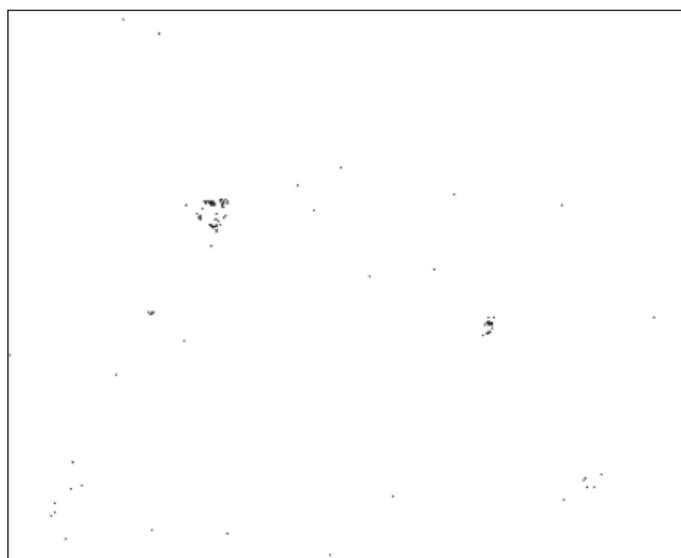


Рис. 3. Обнаружение ОЗО в программе-мультимедиа с помощью программного блока пороговой фильтрации

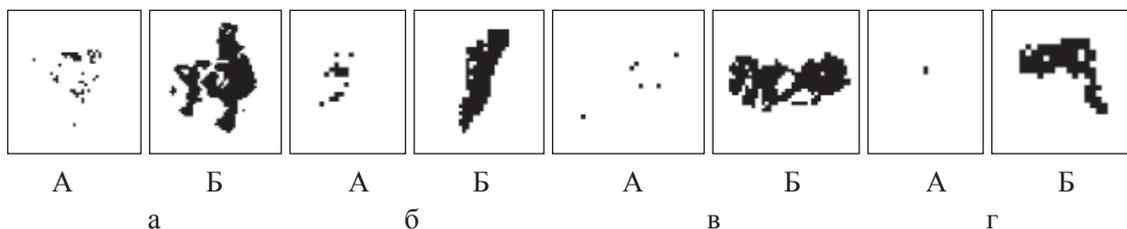


Рис. 4. Выделение ОЗО в программе-мультимедиа с помощью программного блока наполнения областей для ОЗО: а – I; б – II; в – III; г – IV

сами ОЗО обнаруживаются на изображениях, но не выделяются. В качестве областей I–IV представлены основные полигоны ТБО окрестностей: I – Кучино, II – Савино, III – Торбеево, IV – Некрасовка.

На рис. 4 показаны примеры предельного наполнения областей I–IV (см. рис. 3). А – обнаружение ОЗО, Б – выделение ОЗО.

Выводы

В соответствии с предлагаемой идеей была разработана полноценная программа-мультимедиа обработки космических изображений с возможностью подключения различных программных блоков для видеообработки. Данная программа была протестирована в различных задачах космического мониторинга, в частности ОЗО, деградации почвы, обнаружения и выделения антропогенных объектов, обследования импактных областей.

Список литературы

1. Бондур В.Г., Мурынин А.Б., Рикхтер А.А., Шахраманьян М.А. Разработка алгоритма оценки степени деградации почвы по мультиспектральным изображениям // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – Т. 131. – № 6. – С. 131–134.
2. Бондур В.Г., Рикхтер А.А., Мурынин А.Б. Алгоритм расчета степени деградации почвы // Технические науки в России и за рубежом: материалы II междунар. науч. конф. – М.: Буки-Веди, 2012. – С. 8–14.
3. 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.
4. Казарян М.Л. О дистанционном зондировании Земли – проблемы ТБО // Актуальные проблемы современной науки: теория и практика. – 2013. – С. 253–268.
5. Казарян М.Л. Об устойчивости задачи модифицированной вилерской фильтрации // Телекоммуникации. – 2009. – № 5. – С. 2–9.
6. Казарян М.Л. Оптимальное зонное кодирование цифровых Липшицевых сигналов посредством класса систем модифицированных преобразований Хаара // Телекоммуникации. – 2011. – № 1. – С. 2–10.
7. Рикхтер А.А., Шахраманьян М.А., Казарян М.Л., Мурынин А.Б. Оценка геометрических параметров областей замусоривания по мультиспектральным космическим изображениям // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2013. – С. 2866–2870.
8. Рикхтер А.А., Шахраманьян М.А., Казарян М.Л., Мурынин А.Б. Разработка метода оценки степени деградации почвы на основе данных долгосрочных наблюдений // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–14. – С. 3095–3099.
9. Шахраманьян М.А., Рикхтер 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.

10. Kazaryan M.L. Study of Haars wavelet transforms in space monitoring of the Earth // Eastern European Scientific Journal. – 2014. – № 4. – С. 112–119.

References

1. Bondur V.G., Murynin A.B., Rikhter A.A., Shakhramanyan M.A. Razrabotka algoritma otsenki stepeni degradatsii pochvy po multispektralnym izobrazheniyam // Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki. 2012. T. 131. no. 6. pp. 131–134.
2. Bondur V. G., Rikhter A. A., Murynin A. B. Algoritm rascheta stepeni degradatsii pochvy // Tekhnicheskie nauki v Rossii i za rubezhom: materialy II mezhdunar. nauch. konf. M.: Buki-Vedi, 2012. pp. 8–14.
3. Kazaryan M.L. Issledovanie vejvlet – preobrazovaniy KHaara na korrektnost v kontekste zadachi kosmicheskogo monitoringa Zemli // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Estestvennye nauki. 2013. no. 6 (178). pp. 14–17.
4. Kazaryan M.L. O distantsionnom zondirovanii Zemli – problemy TBO // Aktualnye problemy sovremennoj nauki: teoriya i praktika 2013. pp. 253–268.
5. Kazaryan M.L. Ob ustojchivosti zadachi modifitsirovannoj vinerovskoj filtratsii // Telekommunikatsii. 2009. no. 5. pp. 2–9.
6. Kazaryan M. L. Optimalnoe zonnnoe kodirovanie tsifrovyykh Lipshitsevykh signalov posredstvom klassa sistem modifitsirovannykh preobrazovaniy KHaara // Telekommunikatsii. 2011. no. 1. pp. 2–10.
7. Rikhter A.A., Shakhramanyan M.A., Kazaryan M.L., Murynin A.B. Otsenka geometricheskikh parametrov oblastej zamusorivaniya po multispektralnym kosmicheskim izobrazheniyam // Fundamentalnye issledovaniya. 2015. no. 2013. pp. 2866–2870.
8. Rikhter A.A., Shakhramanyan M.A., Kazaryan M.L., Murynin A.B. Razrabotka metoda otsenki stepeni degradatsii pochvy na osnove dannykh dolgosrochnykh nablyudenij // Fundamentalnye issledovaniya. 2015. no. 2–14. pp. 3095–3099.
9. Shakhramanyan M.A., Rikhter A.A. Metody i tekhnologii kosmicheskogo monitoringa obektov zakhoroneniya otkhodov v interesakh obespecheniya ehkologicheskoy bezopasnosti territorii: Uchebno-metodicheskoe posobie. M.: Izdatelskij tsentr RGU nefi i gaza imeni I.M. Gubkina, 2013. 241 p.
10. Kazaryan M.L. Study of Haars wavelet transforms in space monitoring of the Earth // Eastern European Scientific Journal. 2014. no. 4. pp. 112–119.

Рецензенты:

Заалишвили В.Б., д.ф.-м.н., профессор, директор ФГБУН «Центр геофизических исследований», г. Владикавказ;

Марчук В.И., д.т.н., профессор, ведущий кафедрой «Радиоэлектронные системы», Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал), ДГТУ, г. Шахты.