

Анализ спектрографических текстур данных дистанционного зондирования земли¹

Аннотация. Предлагается подход к анализу данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) на основе текстурного классификатора, базирующегося на метрике Евклида-Махаланобиса. Классификатор не рассматривает точки на снимке как отдельные совокупности спектральных значений. Вместо этого оцениваются группы близлежащих точек, формирующие спектрографические текстуры. Приведены результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: метрика Евклида-Махаланобиса, дистанционное зондирование Земли, классификатор.

Введение

Одной из сфер применения распределенных информационных систем является обработка данных ДЗЗ, которые преимущественно состоят из визуальных образов. В связи с этим особую роль играет наличие в системе обработки данных ДЗЗ эффективных и удобных средств визуализации входных данных и результатов обработки. Типичным ее применением является поиск целевой информации в заданном районе по образцу: поиск мест лесных пожаров, схода селевых потоков, полезных ископаемых и т.п.

Обычным способом настройки такой системы является явное выделение экспертом подобластей (например: лесной массив, водоем, нефть) – Region Of Interest (ROI) [1]. Результатом работы системы является обработанное изображение, показывающее искомые регионы, классифицированные на заданном мультиспектральном изображении. Для повышения эффективности классификации имеет смысл задавать возможно большее число ROI и манипулировать их пороговыми значениями. В работе [1] на этапе настройки системы эксперт обязан задать подмножества точек, т.е. классы, к которым требуется отнести

остальные точки изображения. В случае снимков Landsat каждая точка – это семь значений с плавающей точкой [2]. Точки результирующего изображения окрашиваются в тот или иной цвет в зависимости от степени близости к ROI. Степень близости определяется на основе метрики Махаланобиса (Mahalanobis distance) [3], которая отличается от Евклидова расстояния тем, что учитывает корреляции между компонентами векторов в заданном экспертом ROI. Параллельный классификатор на базе метрики Махаланобиса был разработан в ИПС РАН с использованием системы динамического автоматического распараллеливания OpenTS [1]. В случае, если найденное минимальное расстояние оказывается больше выбранного экспертом порога, текущий элемент считается неклассифицированным. Такой метод позволяет поставить в соответствие изображению на космических снимках реальные географические объекты – озера, реки, горы и т.п.

1. Предлагаемый подход

Метрика Махаланобиса описывается как

$$R_M(x, Y) = \sqrt{(x - \bar{y})^T C_Y^{-1} (x - \bar{y})},$$

¹ Работа выполнена в рамках ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" (лот шифр: 2010-1.1-411-009), тема: "Разработка технологии интеллектуальной обработки информации в командно-измерительных системах космического назначения" (шифр: 2010-1.1-411-009-033) и проекта «Нейросеть» программы Союзного государства «Космос - НТ»

где $\bar{y}$ – среднее выборочное класса Y , а C_Y^{-1} – матрица, обратная корреляционной для рассматриваемого класса.

Эта метрика обладает известным недостатком: она не применима, если выборочная дисперсия хотя бы одного из параметров равна нулю. Поэтому для решения указанной задачи уместнее применять обобщенную метрику Евклида-Махаланобиса [4], которая определяет расстояние между двумя классами X_1 и X_2 в форме

$$R_G(X_1, X_2) = \sqrt{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^T A^{-1} (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)},$$

где $\bar{x}_1$ и $\bar{x}_2$ – средние выборочные классов, матрица A^{-1} – обратная матрица произведения: $A = (C_1 + E)(C_2 + E)$, C_1 и C_2 – ковариационные матрицы для классов X_1 и X_2 соответственно. Для определения расстояния между классом Y и точкой x , используется формула $R_G(x, Y) = \sqrt{(x - \bar{y})^T A^{-1} (x - \bar{y})}$, где матрица $A = C_Y + E$.

В процессе настройки эксперт выбирает на имеющихся изображениях интересующие его регионы. Далее выбранные области каждого ROI разбиваются на блоки размером $n \times m$, каждая точка в таком блоке – набор спектральных значений. Полученные текстуры формируют выборку для обучения классификатора на базе обобщенной метрики, с помощью которого производится раскраска изображений ДЗЗ. Основное отличие предлагаемого подхода в том, что вместо классификации отдельных точек изображения (в формате Landsat) оцениваются группы близлежащих точек, т.е. спектральные текстуры.

2. Реализация алгоритма и эксперименты

Для проведения тестирования было выделено 16 классов регионов, n и m были взяты равными 15. В качестве спектральной информации о каждой точке использовались ее HSV-составляющие. Модель HSV (англ. Hue, Saturation, Value — тон, насыщенность, значение) была создана Элви Реем Смитом, одним из основателей Pixar, в 1978 году. Она является

нелинейным преобразованием модели RGB [5]. В ходе тестирования были обработаны шесть изображений ДЗЗ размером порядка 1400x800 точек. Заданные классы регионов и соответствующие им эталоны приведены в Табл. 1.

Табл. 1. Заданные классы регионов

№ класса	Регионы					
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						

При решении данной задачи был использован следующий набор модулей:

- **readpng** – модуль чтения изображений в формате PNG;
- **emarking** – модуль раскраски снимков ДЗЗ на основе метрики Евклида-Махаланобиса;
- **savepng** – модуль сохранения изображений в формате PNG.

Текст задачи оформлен в соответствии с правилами описания xml-схем для работы вычислительного ядра (Табл. 2).

Табл. 2. Текст задачи в формате XML

```

<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
<task xmlns="http://tempuri.org/KernelTask.xsd">
  <modules>
    <module internalname="Objects" name="readpng">
      <var name="path">./tasks/emarking_test/scan.xml</var>
    </module>
    <module internalname="Emarking" name="emarking">
      <var name="alpha">0</var>
      <var name="bgclass">-1</var>
      <var name="path">./tasks/emarking_test/etalons.xml</var>
      <var name="complex">0</var>
    </module>
    <module internalname="Writer" name="savepng">
      <var name="path">./tasks/emarking_test/output/</var>
    </module>
  </modules>
  <channels>
    <channel>
      <out>Objects.Output</out>
      <in>Emarking.Input</in>
    </channel>
    <channel>
      <out>Emarking.ImageOutput</out>
      <in>Writer.Input</in>
    </channel>
  </channels>
</task>

```

Алгоритм обработки входных данных можно описать следующим образом:

- модуль Objects (readpng) считывает предназначенные для раскрашивания изображения и передает их модулю Emarking;
- модуль Emarking (emarking) получает изображения, раскрашивает их согласно xml-файлу настроек и передает данные модулю Writer;

- модуль Writer (savepng) сохраняет полученные от модуля Emarking раскрашенные изображения в указанную в своих настройках директорию.

Выходные изображения, получаемые после обработки описанным алгоритмом, отличаются хорошей информативностью (Рис. 1-Рис. 6). Выделенные регионы соответствуют определенным экспертом классам и могут использоваться по назначению.

3. Анализ спектрографических текстур в системе «ППС ИНС»

В Институте программных систем имени А.К. Айламазяна РАН разработана нейросетевая технология, включающая методы параллельной обработки информационных потоков в бортовых и наземных командно-измерительных комплексах [6]. В рамках системы «ППС ИНС» функционирует модуль анализа спектрографических структур. Программная система отвечает требованиям гибкости и расширяемости, обеспечивает помимо параллельной обработки данных и конвейерную. Особенностью реализации представленного алгоритма является то, что каждая позиция сканирующего окна обрабатывается параллельно на узлах кластерной установки класса «СКИФ». При этом оценивается расстояние Евклида-Махаланобиса от анализируемого образа (позиции сканирующего окна) до классов регионов. Окончательное

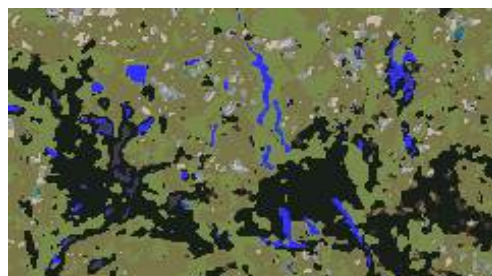


Рис. 1. Результат работы алгоритма (изображение 1)



Рис. 2. Результат работы алгоритма (изображение 2)

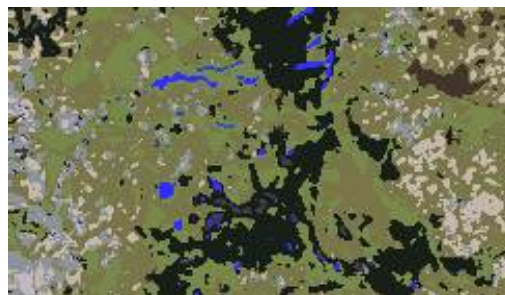


Рис. 3. Результат работы алгоритма (изображение 3)

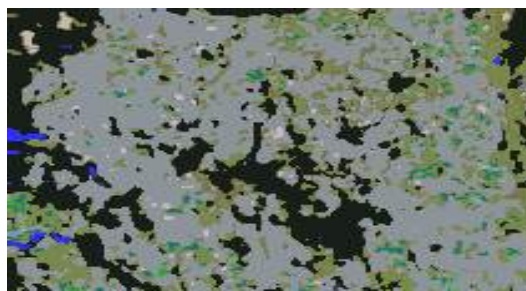


Рис. 4. Результат работы алгоритма (изображение 4)

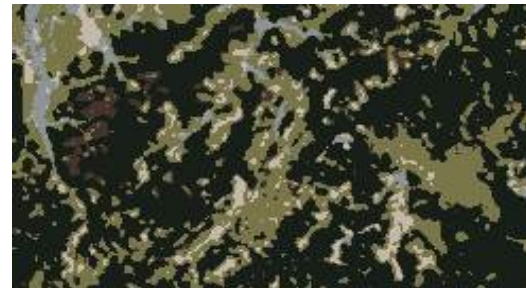


Рис. 5. Результат работы алгоритма (изображение 5)



Рис. 6. Результат работы алгоритма (изображение 6)

решение о принадлежности анализируемого образа к классу региона принимает узел-мастер, получая данные от узлов, производящих основные расчеты.

Общее время работы на одном вычислительном ядре кластерной вычислительной установки СКИФ, равное 139.61 секунд, взято за единицу масштаба. В соответствии с ним по-

строен график эффективности параллельной реализации (Рис. 7).

Заключение

Предлагаемый подход оказался эффективным с точки зрения качества выделения ROI, что подтверждается экспериментально. Приме-

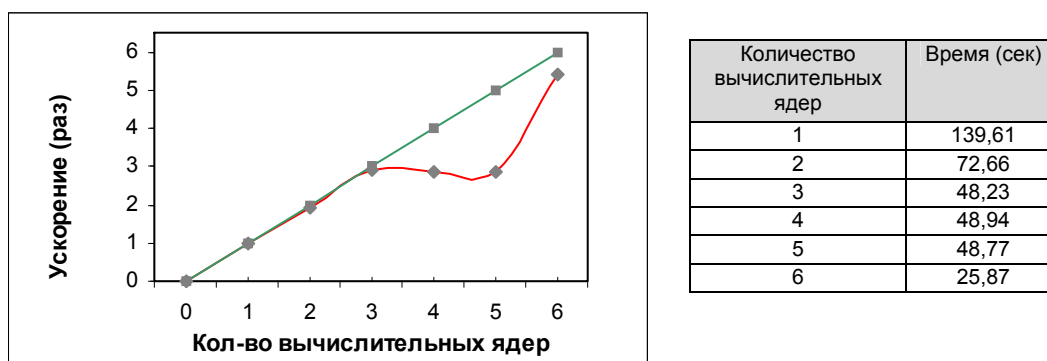


Рис. 7. Оценка эффективности параллельной реализации на КВУ

нение классификатора спектрографических текстур обеспечивает нахождение сложных географических объектов, что недостижимо для классификаторов, работающих с отдельными точками изображения. Выполненная параллельная реализация обеспечивает масштабируемость алгоритма на многопроцессорных установках.

Литература

1. Абрамов С.М., Московский А.А., Первин А.Ю. Разработка высокопроизводительных клиент-серверных приложений для работы с данными дистанционного

зондирования Земли. — Москва: Научно-техническая конференция ФГУП «РНИИ КП», 2006.

2. Landsat-7 Science Data User's Handbook, NASA/Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD.
3. Mahalanobis P.C. On the generalised distance in statistics, Proceedings of the National Institute of Sciences of India, 2, 1936, pp. 49-55.
4. Амеликин С.А., Хачумов В.М. Обобщенное расстояние Евклида-Махаланобиса и его применение в задачах распознавания образов. — Доклады 12-ой Всероссийской конференции «Математические методы распознавания образов». — М.: МАКС Пресс, 2005, с. 7-9.
5. Smith A.R. "Color Gamut Transform Pairs," in Proc. of ACM SIGGRAPH '78, 1978, pp. 12-19.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010610208.

Фраленко Виталий Петрович. Инженер-исследователь Института программных систем имени А.К. Айламазяна РАН. Окончил в 2007 г. Институт программных систем "УГП имени А.К. Айламазяна". Автор 24 печатных работ. Область научных интересов: искусственный интеллект, нейронные сети, шифрование, сжатие. E-mail: alarmod@pereslavl.ru.