

ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ВЫДЕЛЕНИИ ЦЕЛЕВЫХ РЕГИОНОВ НА МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКАХ

А.И. Смирнова

Российский университет дружбы народов, Москва

Рассмотрен математический аппарат для обработки мультиспектральных снимков. Приведены примеры классификации методом «закраски». Рассмотрена схема применения параллельных вычислений в обработке мультиспектральных снимков.

Введение

В данной работе рассмотрена задача распознавания объектов и областей на мультиспектральных снимках, полученных в процессе дистанционного зондирования Земли. Задача анализа космических снимков в настоящее время широко распространена. Существуют различные системы, в которых реализованы алгоритмы обработки и тематической классификации космических снимков.

В работе рассмотрен алгоритм тематической классификации изображений, основанный на обобщенной метрике. Обработка мультиспектральных снимков требует больших вычислительных мощностей. В связи с этим возникает задача распараллеливания вычислений с целью ускорения процесса обработки и классификации изображений.

Особенности космических снимков

Космические снимки представляют собой изображения земной поверхности, полученные в результате дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Они отличаются друг от друга в зависимости от масштаба, обзорности, пространственного разрешения и количества спектральных каналов.

Мультиспектральные снимки получают с различных околоземных спутников. В данной работе используются снимки со спутника TERRA, сделанные с помощью камеры ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflector Radiometer).

Снимки представлены 15 каналами, характеристики которых даны в табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики сканера ASTER

<i>№ канала</i>	<i>Пространственное разрешение, м</i>	<i>Спектральные диапазоны, мкм</i>	<i>Полоса обзора, км</i>
1	15	0.51 - 0.60	60
2	15	0.63 - 0.69	
3	15	0.76 - 0.86	
Стерео	15	0.76 - 0.86	
4	30	1.60 - 1.70	
5	30	2.145 - 2.185	
6	30	2.185 - 2.225	
7	30	2.235 - 2.285	
8	30	2.295 - 2.365	

9	30	2.360 - 2.430	
10	90	8.125 - 8.475	
11	90	8.475 - 8.825	
12	90	8.925 - 9.275	
13	90	10.25 - 10.95	
14	90	10.95 - 11.65	

Тематическая классификация мультиспектральных снимков

Под тематической классификацией космических снимков понимают разделение всех пикселей изображения на отдельные классы, каждому из которых соответствуют различные объекты или области. Каждый пиксель мультиспектрального изображения характеризуется набором яркостей, полученных в разных спектрах. Анализ данных показателей в совокупности и по группам позволяет выделять на снимках объекты и области.

Классификация может быть параметрической и непараметрической. При параметрической классификации считается, что значение яркостей в различных спектральных каналах распределено по нормальному закону. Могут использоваться другие статистические характеристики. При непараметрической классификации распределения яркостей не учитывается. Также различают классификацию с обучением (контролируемая) и без обучения (неконтролируемая). В данной работе рассмотрена непараметрическая классификация с обучением.

Математическая модель

Существуют различные алгоритмы тематической классификации космических снимков. Среди них способ расстояния Евклидова и способ «Расстояние Махаланобиса». Они основаны на соответствующих метриках. Рассмотрим каждую из них.

Метрика Евклида

$$R_E^2(x_1, x_2) = (x_1 - x_2)^T \cdot (x_1 - x_2)$$

позволяет определить расстояние между двумя точками. В случае работы с мультиспектральными снимками роль точки играет пиксель. Каждый пиксель имеет n значений яркости, где n - количество спектров. Таким образом, каждый пиксель представляет собой n -мерный вектор. Кроме того считается, что заранее выделено несколько эталонных областей – классов пикселей. Задача классификации – отнести каждый пиксель к одному из таких классов.

Метрика Евклида не позволяет учитывать распределение точек в эталонном, заранее выделенном классе, поэтому ее использование при классификации может привести к появлению ошибок. В связи с этим используется другая метрика – метрика Махаланобиса:

$$R_M^2(x, Y) = (x - \bar{y})^T C^{-1} (x - \bar{y}).$$

Здесь x – n -мерный вектор, соответствующий одному пикселю, Y – эталонный класс, \bar{y} – центр класса Y , C – матрица ковариации для класса Y .

С помощью метрики Махаланобиса можно измерить расстояние от точки до центра класса. Данная метрика учитывает распределение пикселей в эталонных классах. Однако может возникнуть ситуация, когда матрица C необратима. Это возможно, если значения соответствующих признаков разных пикселей одного класса близки друг к другу. В таком случае данная метрика неприменима.

В работе [1] рассматривается обобщенная метрика Евклида–Махаланобиса,

$$R_G^2(x, Y) = (x - \bar{y})^T A^{-1} (x - \bar{y}),$$



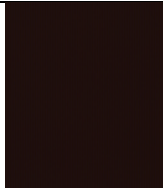
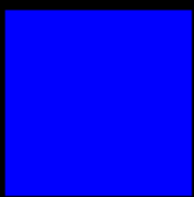

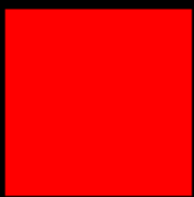
которая учитывает распределение точек в заданном классе, и которая применима при малых значениях дисперсий, входящих в ковариационную матрицу. Здесь x – вектор, соответствующий определенному пикселю, Y – эталонный класс точек, \bar{y} – центр класса, $A = C + E$, C – ковариационная матрица класса Y , E – единичная матрица. Именно наличие единичной матрицы обеспечивает обратимость матрицы A и дает возможность применять данную метрику в более широком классе ситуаций. В работе [1] более подробно рассмотрены свойства обобщенной метрики и приведены примеры ее применения.

В данной работе метрика Евклида-Махаланобиса является основным математическим инструментом тематической классификации мультиспектральных снимков.

Результаты тематической классификации

Приведем результаты тематической классификации снимков со спутников TERRA, полученных из базы [2]. В приведенном ниже примере классификация проводилась с учетом яркостей каналов 1, 2, 3. Для просмотра исходного снимка использовалась цветовая система RGB: Red – 1, Green – 2, Blue – 3. В табл. 2 приведены названия выбранных областей, соответствующие им участки на исходном снимке, цвет, присваиваемый пикселям данного класса при классификации и матрица ковариаций. Ниже на рис. 1 представлены исходный снимок и снимок, полученный в результате классификации.

Таблица 2. Назначение цветов экспертами

Название	Исходная область	Назначенный цвет	Матрица ковариации
Земля 1			93.9088 71.99 50.2181 71.99 74.0846 41.309 50.2181 41.309 38.5354
Вода			0.46609 -0.169965 -1.32732 -0.169965 0.545563 1.75268 -1.32732 1.75268 10.5845
Земля 2			77.5992 58.7464 19.0058 58.7464 65.9987 7.73242 19.0058 7.73242 134.27

Использование параллельных вычислений в тематической классификации мультиспектральных снимков

Мультиспектральные космические снимки при хранении занимают большие объемы памяти, а их обработка и классификация связана с использованием больших вычислительных мощностей. При таких условиях целесообразно использование параллельных вычислений для ускорения процесса классификации.

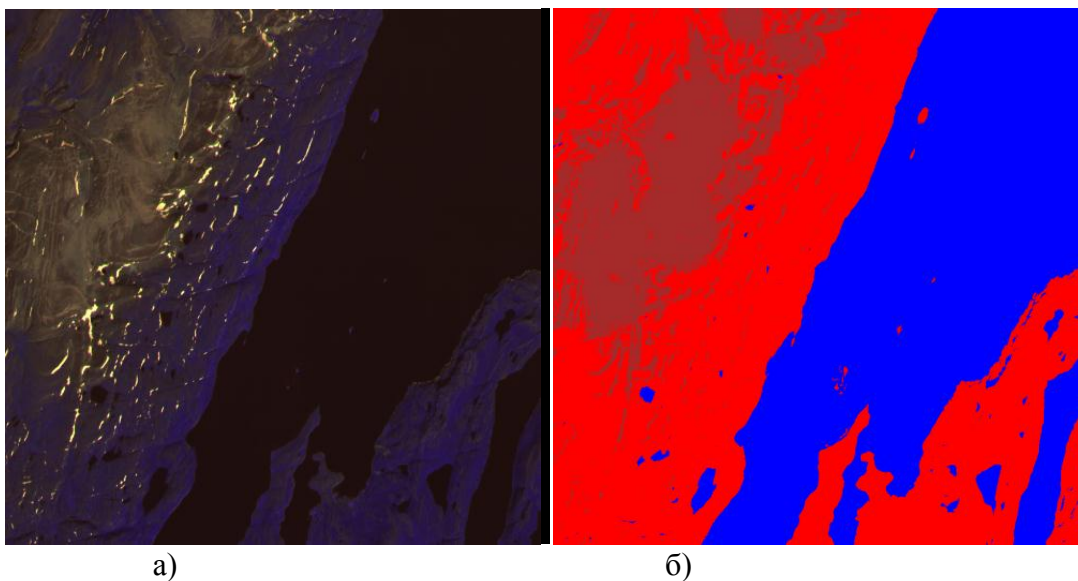


Рис. 1. Исходный снимок и результат тематической классификации

При распараллеливании вычислительного процесса важно правильно разделить исходную задачу на подзадачи. В условиях тематической классификации возможен параллельный расчет характеристик каждого класса и разбиение изображения на части для ускорения процесса классификации. Такое распараллеливание значительно сократит время выполнения задачи, что является важным фактором при обработке больших массивов космических мультиспектральных снимков. Важным также является правильное согласование мощностей и пропускных способностей вычислительных кластеров.

Программный комплекс, реализующий тематическую классификацию с закрасиванием областей, состоит двух блоков: блок визуализации исходных и классифицированных изображений, написанный на языке C# и расчетный блок, написанный на языке C++. Средства языка C++ дают возможность модифицировать программу, введя параллельные процессы, что ускорит процесс решения задачи.

Литература

1. Амелькин С.А., Хачумов В.М. Обобщенное расстояние Евклида-Махаланобиса и его свойства. – Информационные технологии и вычислительные системы. № 4, 2006. С. 40–44.
2. База мультиспектральных снимков ASTER – [<http://gis-lab.info/projects/aster/index.html>].
3. Амелькин 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.