

# АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ ОБЛАКОВ НА СПУТНИКОВЫХ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Л.В. Дударь, С.А. Бибигов

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет) (СГАУ), Самара, Россия

Объектом исследования данной работы являются методы детектирования объектов на гиперспектральных изображениях, в частности изображений облаков, с целью исключения областей, содержащих облака, из последующей обработки и анализа. Исследован алгоритм выделения изображений облаков и разработана его программная реализация. На тестовом примере произведена оценка качества реализованного алгоритма.

**Ключевые слова:** обработка изображений, гиперспектральные изображения, изображения облаков, пороговая обработка, бинарные изображения, сшивка изображений.

## Формулировка задачи

Современные методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) активно используют возможности гиперспектральной съемки (ГСС). Эффективность использования ГСС обусловлена возможностью автоматизированного спектрального анализа и идентификации наблюдаемых поверхностей Земли. В частности, для эффективного решения задач с использованием гиперспектральных изображений (ГСИ) необходима, во-первых, качественная предварительная обработка получаемых данных и, во-вторых, реализация достаточно точной внутренней и внешней радиометрической калибровки в сочетании с обеспечением режима сбора спектральных характеристик и формирования на их основе базы данных для распознавания [1].

В настоящее время съемка со спутников в большинстве случаев производится в ясную безоблачную погоду, что позволяет получить качественные снимки заданной местности и снизить объем работы на этапе предобработки. Но проведение ГСС только при условии безоблачной погоды значительно снижает оперативность получения информации.

Предобработка ГСИ, заключающаяся в выделении облаков, т.е. формировании маски, позволяет повысить оперативность быстрой съемки и ускорить процесс получения изображения. Качество обработки изображений с удаленными облаками повышается в сравнении с обработкой снимка, на котором облака присутствуют. Например, это становится заметным при текстурной обработке и выборе ключевых точек (облака могут серьезно понизить качество сопоставления). Целью настоящей работы является предварительная обработка гиперспектрального снимка, которая заключается в выделении изображений облаков.

## Общая схема выделения изображений облаков

Общая схема выделения изображений облаков на спутниковых ГСИ состоит из трех основных этапов:

- выделение изображений облаков на каждом канале в отдельности (априори предполагается, что облака присутствуют на всех каналах ГСИ);
- слияние полученных слоев в единое изображение в градациях серого для наглядного представления облаков разной степени плотности.

Полученное на последнем этапе изображение и будет результатом проделанной работы. Локальным признаком, по которому можно определить облака на изображении, является яркость пикселя, достаточно высокое значение яркости позволяет отделить изображения облаков от других объектов и фона. Завершающий этап обработки – это сегментация – проверка каждого отдельного пикселя на принадлежность к искомому объекту. Дальнейшая работа ведется с полученной в ходе сегментации бинарной маской, каждый пиксель которой определяет принадлежность соответствующего гиперпикселя изображения облаку.

### **Выбор метода сегментации**

Для решения задачи определения положения облаков ГСИ разбивается на отдельные слои, каждый из которых содержит изображение в одном спектральном канале. Этот этап можно считать подготовительным. После его выполнения можно приступить к выделению изображений облаков и дальнейшей обработке данных.

В качестве алгоритма вычисления порога по гистограмме изображения для каждого из выделенных полутоновых изображений был выбран метод Отсу. Суть метода состоит в нахождении порога, уменьшающего внутриклассовую дисперсию, определяемую как взвешенная сумма двух классов [2].

Возможность использования этого метода обуславливается простотой его реализации, точностью выбора порога бинаризации для изображений, на которых присутствуют участки высокой яркости (именно такими участками и являются изображения облаков).

### **Результаты и анализ полученных данных**

В качестве исходного изображения было использован снимок космического летательного аппарата Ресурс-П, производящего съемку в 130 спектральных слоях (диапазон длин волн 402,45 — 999,51 нм) [3].

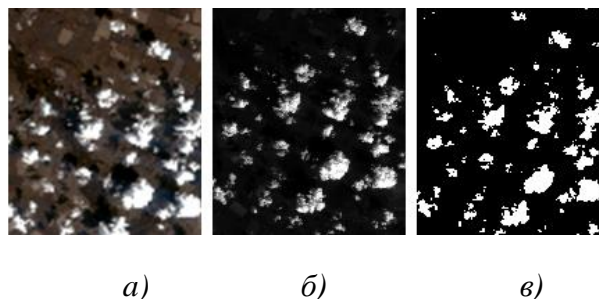
Для разделения исходного изображения на спектральные слои была использована свободно распространяемая программа MultiSpec.

После разбиения на каждом полученном слое были выделены изображения облаков (бинарные изображения, на которых белым цветом выделены облака, черным – подстилающая поверхность).

На следующем, завершающем этапе произведено объединение полученных бинарных изображений в полутоновое и формирование результирующего изображения. Эта задача решена путем повышения яркости пикселей, положение которых совпадает с положением пикселей, отнесенных к облакам, на изображении с нулевой яркостью. Значение, на

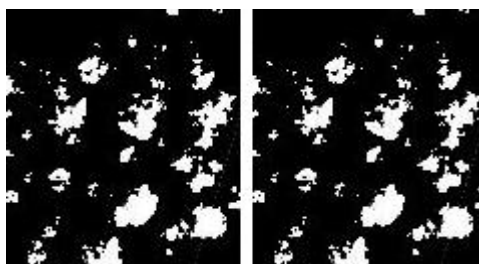
которое повышается яркость пикселей, может отличаться для снимков разных космических аппаратов, т. к. зависит от числа рассматриваемых спектральных слоев.

На рисунке 1 приведен участок исходного тестового изображения, участок одного из выделенных слоев и тот же слой после выделения изображений облаков. Для примера взят 22-ой спектральный слой соответствующий диапазону длин волн 488,09 — 490,21 нм.



**Рис. 1.** Участок изображения на каждом этапе обработки (а – исходное многоканальное изображение; б – 22-ой слой исходного изображения; в – 22-ой слой после пороговой обработки)

Из-за особенностей съемки конкретного аппарата происходит смещение изображений облаков. Для решения этой проблемы были выделены слои, на которых происходит смещение и производится разделение исходного снимка на два изображения. Первая часть включает в себя слои 1 – 58 (соответствующий диапазон длин волн: 402,45 — 636,43 нм), 60 (636,43 — 642,27 нм), 62 (642,28 — 648,28 нм), 64 (648,28 — 654,28 нм), вторая часть — 59 (631,74 — 637,06 нм), 61 (637,31 — 642,9 нм), 63 (643,11 — 649,11 нм), 65 (649,22 — 655,50 нм), 66 – 130 (655,59 — 999,51 нм). В результате работы получены два изображения, каждое из которых является полутоновым и отображает положение облаков на половине слоев исходного 130-канального гиперспектрального снимка. Участки результирующих изображений приведены на рисунке 2.



**Рис. 2.** Результат объединения слоев для двух частей исходного изображения

При более детальном рассмотрении полученного изображения первой части снимка можно заметить шум, выражающийся в частности в полосах на снимках. Этот шум возникает из-за включения в объединение первых слоев ГСИ, содержащих спектральную информацию и не несущих никакой полезной для выделения объектов информации. При исключении первых слоев из обработки качество выделения изображений облаков не страдает, но это позволит избавиться от шума. Появление пунктирной линии, проходящей через весь снимок, вызвано повреждением матрицы космического аппарата. На рисунке 3 приведен результат удаления шума с первой части тестового изображения.

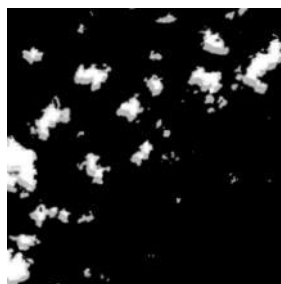


Рис. 3. Участок изображения первой части изображения после удаления шума

Результирующие изображения могут быть использованы для формирования маски для удаления облаков с гиперспектрального снимка.

Стоит отметить, что используемый в работе метод может быть применен лишь для ГСИ, содержащих изображения облаков. Предобработка гиперспектральных снимков, сделанных в безоблачную погоду, приведет к получению ошибочных результатов и выделению элементов подстилающей поверхности с наиболее высоким значением яркости.

Методы оценивания полученных результатов классификации зависят от данных Ground Truth, получаемых на Земле, например, средствами аэросъемки и измерением длины спектров элементов подстилающей поверхности. Другой способ заключается в сравнении исходного изображения и изображения, полученного после наложения маски. Эта тема требует дополнительных исследований и в данной работе не рассматривалась.

## Заключение

В процессе разработки и исследования были решены такие задачи, как:

- детектирование изображений облаков на каждом отдельно взятом спектральном слое ГСИ, приведение имеющихся слоев к бинарному виду;
- формирование полутонового изображения на основе полученных бинарных.

В результате проделанной работы получен алгоритм выделения изображений облаков, включая полупрозрачные области. Полученные после обработки ГСИ данные могут быть использованы для определения маски, по которым будет производиться обработка снимков ГСС и сшивка изображений.

Разделение ГСИ на каналы и поиск порога для каждого из них в отдельности, позволило наиболее точно определить положение облаков. Сшивка бинарных изображений в единое полутоновое сделала возможным выделить также полупрозрачные участки облаков и визуализировать их.

## Литература

1. Остриков В.Н., Плахотников О.В, Кириенко А.В. Обработка гиперспектральных данных, получаемых с авиационных и космических носителей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. - 2013. - Т. 10(2). - С. 243-251.
2. Otsu N. A Threshold selection method from gray-level histograms // IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics. - 1979. – Vol. 1. - С. 62-66.

3. Кирилин А.Н., Ахметов Р.Н., Стратилатов Н.Р., Бакланов А.И., Федоров В.М., Новиков М.В. Космический аппарат «Ресурс-П» // Геоматика. - 2010. – Том 4(9). - С. 23-26.
4. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. - М.: Техносфера, 2010. - 556 с.
5. Ramesh N. Thresholding based on histogram approximation // Image and Signal Processing. - 1995. - Vol. 142(5). - Pp. 271-279.