



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный
университет геосистем и
технологий»
(СГУГиТ)

Плахотного ул., д. 10, Новосибирск, 630108.
Тел. (383) 343-39-37.
Факс (383) 344-30-60, 343-25-44.
E-mail: rektorat@ssga.ru
<http://www.sgugit.ru>

№ _____

УТВЕРЖДАЮ

Ректор СГУГиТ

д-р. техн. наук, профессор

Александр Петрович Карпик



« 22 » декабря 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» (СГУГиТ) на диссертационную работу
Рылова Сергея Александровича

на тему «Методы и алгоритмы сегментации мультиспектральных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Актуальность темы выполненной работы. В последнее время весьма быстрыми темпами развиваются различные виды аэрокосмических съемок, растет число запускаемых спутников с мультиспектральными сенсорами высокого пространственного разрешения (до 1-5 метра на местности). Высокий спрос на космическую съемку высокого разрешения связан с большим числом практических задач (создание топографических и специальных карт крупных масштабов (до 1: 2000), цифровых моделей рельефа, 3D моделей, а также для точного земледелия, инвентаризации и мониторинга лесных массивов, водных объектов, чрезвычайных ситуаций и др.), для которых необходима детальная информация об исследуемых территориях. Существующие съемочные средства позволяют получать огромные массивы информации практически для всех участков поверхности Земли и отдельных объектов, причем в различном масштабе и различных спектральных зонах. Однако в

настоящее время наблюдается перманентное отставание методов и алгоритмов тематической обработки снимков. Причем если координатные проблемы (проблемы привязки данных) практически решены, то проблемы автоматического дешифрирования снимков, в том числе многоспектральных и гиперспектральных снимков, находятся в стадии разработки и их возможно эффективно использовать только для решения частных задач. Одним из основных процессов обработки снимков является сегментация изображений, которая в большинстве случаев определяет качество собственно дешифрирования снимков.

В диссертационной работе Рылова С.А. предложены новые вычислительно эффективные непараметрические алгоритмы сегментации многоспектральных космических изображений, основанные на сеточных моделях представления данных. Разработан новый подход для построения вычислительно эффективных иерархических алгоритмов кластеризации для обработки больших массивов спутниковых данных. В связи с этим тема диссертационной работы Рылова С.А. является актуальной и имеет существенное научное значение.

Содержание работы. Диссертация изложена на 135 страницах и состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников и пяти приложений.

Во введении обоснована актуальность работы, поставлена цель и задачи исследования, сформулирована научная новизна и практическая значимость полученных результатов, представлены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена анализу современного состояния проблемы сегментации мультиспектральных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения. Рассмотрены известные подходы к сегментации. Указаны особенности, возникающие при обработке мультиспектральных изображений высокого пространственного разрешения. Представлен обзор и проведен анализ известных методов и алгоритмов кластеризации и спектрально-текстурной сегментации.

Во второй главе предложены вычислительно эффективные непараметрические алгоритмы кластеризации ССА и ЕССА, разработанные в рамках сеточной модели оценки плотности. Показано, что использование разработанного ансамблевого подхода в алгоритме ЕССА позволяет повысить устойчивость и качество получаемых результатов. Представлены результаты экспериментального исследования алгоритмов ССА и ЕССА на модельных и реальных данных.

В третьей главе предложены вычислительно эффективные сеточные иерархические алгоритмы кластеризации НСА и НЕСА, которые позволяют выделять пересекающиеся кластеры. Алгоритм НЕСА создан на основе оригинального метода построения ансамбля иерархических разбиений в рамках сеточного подхода.

Представлены результаты экспериментального исследования алгоритмов НСА и НЕСА на модельных и реальных данных. Приведено сравнение результатов их работы с известными алгоритмами кластеризации, реализованными в программном пакете ELKI, которое показало преимущество предложенных алгоритмов в скорости работы и высокое качество результатов.

В четвертой главе предложен новый метод описания мультиспектральной текстуры и вычислительно эффективный алгоритм спектрально-текстурной сегментации изображений ESEG. Для описания мультиспектральной текстуры фрагментов изображения предлагается использовать векторы частот встречаемости кластеров, полученные с помощью предварительной кластеризации изображения по спектральным признакам. Проведены экспериментальные исследования разработанного алгоритма на модельных мозаичных и реальных спутниковых изображениях. Также на основе алгоритма ESEG предложена многоэтапная схема сегментации спутниковых изображений высокого пространственного разрешения, позволяющая учитывать антропогенные объекты, выделенные с помощью специализированных методов.

Пятая глава посвящена описанию разработанного программного комплекса «ЕССА-Риск» и решению задач оперативного мониторинга паводковой ситуации и крупномасштабное моделирование структуры степной растительности по данным спутниковой съемки высокого пространственного разрешения. Разработан новый двухэтапный метод автоматического выделения водных объектов на мультиспектральных спутниковых изображениях, основанный на предложенном во второй главе алгоритме кластеризации ЕССА и позволяющий эффективно отделять от выделяемой водной поверхности сильно увлажненные почвы, тени от облаков и антропогенные объекты.

В заключении приведены основные результаты, полученные в диссертационной работе. Список литературы состоит из 151 наименования, что свидетельствует о большом объеме работы, выполненной соискателем по изучению материала, относящегося к теме диссертации.

В приложениях представлены три свидетельства о регистрации программ для ЭВМ в Федеральной службе по интеллектуальной собственности и два акта о внедрении результатов диссертационной работы.

Научная новизна. Новизна результатов диссертационной работы Рылова С.А. заключается в том, что разработан новый алгоритм непараметрической сегментации многоспектральных космических снимков, отличающийся тем, что за счет использования сеточных алгоритмов непараметрической кластеризации и получения согласованной матрицы решений, алгоритм позволяет обрабатывать

многоспектральные снимки большого размера (до 100 миллионов элементов) с приемлемой для практических задач скоростью. Кроме того, для повышения устойчивости и качества результатов сеточного алгоритма кластеризации впервые применен ансамблевый подход, позволяющий с высокой эффективностью выполнять построение ансамбля иерархических разбиений (в рамках сеточного подхода), при этом эффективно разделять пересекающиеся кластеры.

Практическая ценность полученных результатов. Предложенные в работе непараметрические и иерархические алгоритмы кластеризации позволяют повысить качество тематической обработки мультиспектральных спутниковых изображений при решении прикладных задач. Созданный автором метод спектрально-текстурной сегментации расширяет круг решаемых задач, которые не могут быть эффективно решены с помощью известных методов сегментации. Также следует особо отметить высокую скорость работы реализованных алгоритмов, позволяющую проводить автоматизированную обработку спутниковых изображений в диалоговом режиме.

Достоверность разработанных алгоритмов и методик подтверждена достаточным количеством экспериментальных работ выполненных по макетным и реальным космическим снимкам, что доказывает способность алгоритмов выделять кластеры сложной структуры при наличии шума.

Предложенный новый метод автоматического выделения водных объектов на мультиспектральных спутниковых изображениях высокого пространственного разрешения имеет очевидную практическую ценность.

Результаты диссертационной работы внедрены в отделе обработки спутниковой информации Сибирского центра ФГБУ «НИЦ «Планета» для мониторинга паводковой ситуации в оперативном режиме и в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН для решения задачи крупномасштабного моделирования пространственной организации степной растительности, что подтверждено соответствующими актами о внедрении.

Результаты работы могут быть рекомендованы к внедрению в федеральном государственном бюджетном учреждении «Рослесинфорг», а также в учебный процесс кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий».

Публикации и соответствие автореферата диссертационной работе. Основные результаты работы опубликованы в 18-ти научных работах, в том числе, 4 – в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий. Имеется три свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Автореферат полностью и точно отражает содержание диссертации.

Замечания по диссертационной работе.

1. В результате экспериментальных исследований получены изображения, показывающие эффективность кластеризации разработанными алгоритмами, однако нет численных характеристик, характеризующих точность работы алгоритмов. Для каждого из приведенных примеров целесообразно было бы сравнить точность получения границ с реальным положением объектов на местности, используя, например, результаты полевых работ. Также нет сведений о точности геометрического трансформирования снимков, что соответственно не позволяет получить метрическую точность.
2. Возникает вопрос о возможности принятия решения о принадлежности к определенному классу по разнородным спектрально-текстурным признакам без явного введения единой метрики. Возможно, единая метрика все-таки существует в неявном виде? Следовало бы подробнее осветить этот вопрос в диссертационной работе.
3. В разделе 4.2 следовало бы пояснить, как выбирается порог R , и каковы размеры объектов, которые можно выделить данным методом в зависимости от параметра h и размеров элемента изображения (разрешения съемки).

Заключение. Отмеченные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей положительной оценки работы. Выводы, сформулированные в диссертации, достаточно обоснованы, обладают научной новизной и имеют практическую значимость. Содержание диссертации полностью соответствует паспорту специальности 05.13.18.

Также следует отметить, что диссертация очень хорошо иллюстрирована, а примеры для экспериментальных работ подобраны грамотно и эффективно обеспечивают доказательство работы предложенных алгоритмов и методик. Диссертация Рылова С.А. «Методы и алгоритмы сегментации мультиспектральных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача по разработке эффективных алгоритмов сегментации многоспектральных изображений. По своей актуальности, научной новизне, объему выполненных экспериментальных исследований и практической значимости полученных результатов представленная работа отвечает требованиям п. 9 «Положение о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а соискатель, Рылов Сергей Александрович, заслуживает присуждения ученой степени

кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Отзыв заслушан и утвержден на заседании кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования СГУГиТ «08» декабря 2016 г., протокол № 7.

Заведующий кафедрой физической геодезии
и дистанционного зондирования,
кандидат технических наук, доцент

Ирина Геннадьевна Ганагина



ПИСЬМО
ЗАВЕРЯЮ Специалист по кадровой работе

М.Г. Ганагина
Ирина Геннадьевна

СГУГиТ «08»
Физическая геодезия и дистанционное зондирование
Самарский государственный университет