

## О Т З Ы В

на автореферат диссертационной работы С.А. Рылова "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".

За последние десятилетия методы дистанционного аэрокосмического зондирования нашли широкое применение в различных областях народного хозяйства. С повышением разрешающей способности космических снимков, увеличением геометрической точности привязки и появлением составных ортофотомозаик данные дистанционного зондирования Земли из космоса начинают играть инфраструктурную роль. Примером служат различные системы, доступность которых в сети Интернет способствует замещению традиционных картографических материалов данными космической съемки. Этот сегмент рынка все активнее осваивается компаниями с частным капиталом, поскольку создается высокоинтеллектуальный информационный продукт коммерческого использования. Инфраструктура пространственных данных как составная часть "электронного правительства" в кадастровых, геоинформационных и других системах имеет непосредственное отношение к оказанию услуг в сфере земельно-имущественных отношений, строительства, где велика роль бизнеса. При этом пакеты прикладных программ обработки данных гиперспектрального и многоспектрального зондирования (ERDAS, ENVI и др.), поставляемые зарубежными фирмами, содержат лишь некоторые стандартные процедуры классификации объектов по их аэрокосмическим изображениям.

Жесткая конкуренция разработчиков мультиспектральных космических систем сверхвысокого пространственного разрешения (менее 2 м) приводит к особой востребованности информационной продукции обработки данных именно такого разрешения со стороны пользователей для целей развития инфраструктуры пространственных данных. Традиционные приложения развиваются в форме создания географических информационных систем, интегрирующих базы данных различного назначения.

Типичными задачами для решения которых используются технологии подобного рода являются: создание и обновление мелкомасштабных топографических и специальных карт; детальная инвентаризация и оценка состояния лесов; создание высокоточных планов землепользования и точное земледелие; инвентаризация и мониторинг состояния транспортных, энергетических, информационных коммуникаций; создание высокоточных цифровых моделей рельефа; различные задачи в области охраны окружающей среды. Решение этих задач предусматривается рядом текущих государственных программ. Так, например, стратегией развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года предусматривается повышение точности учета лесных ресурсов и эффективности федерального государственного лесного надзора на региональном уровне. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы предусматривает решение таких задач, как совершенствование системы информационного обеспечения в сфере агропромышленного комплекса, научное обеспечение реализации мероприятий по развитию агропромышленного производства и регулированию рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, а также совершенствование управления в сфере агропромышленного комплекса. Для достижения запланированных целей необходимы разработка и внедрение дистанционных методов мониторинга на различных пространственно-временных масштабах. Подходы, предлагаемые в автореферате диссертационной работы Рылова Сергея Александровича "Методы и алгоритмы сегментации мультиспектральных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения" могут быть эффективно использованы для решения задач указанных выше государственных программ, что обеспечивает актуальность и востребованность проведенных исследований.

Существенным достижением автора является новизна полученных результатов. Предложенные в работе непараметрические и иерархические алгоритмы кластеризации данных позволяют решать широкий круг задач классификации, которые не могут быть решены стандартными методами кластерного анализа. Приведенные тестовые примеры демонстрируют явное преимущество предлагаемых методов. Также следует подчеркнуть вычислительную эффективность предлагаемых алгоритмов и

программных реализаций. Известно, что практическое использование стандартных методов иерархической кластеризации связано с существенными вычислительными затратами, что приводит к невозможности их применения для обработки аэрокосмических изображений большого объема. Автором диссертационной работы был предложен оригинальный способ построения ансамбля иерархических разбиений в рамках сеточного подхода. По сравнению с известными методами формирования ансамбля иерархических разбиений, предложенный подход является вычислительно эффективным и применим для обработки мультиспектральных спутниковых изображений сверхвысокого пространственного разрешения.

Важным результатом исследований является разработка методики классификации, позволяющей использовать совместно спектральные и текстурные признаки. Автором предложен новый метод описания мультиспектральной текстуры, не требующий введения единой метрики в пространстве разнородных спектрально-текстурных признаков. С его помощью разработан и исследован вычислительно эффективный алгоритм спектрально-текстурной сегментации мультиспектральных изображений. На основе созданного алгоритма разработана многоэтапная схема сегментации спутниковых изображений высокого пространственного разрешения, предназначенная для исследования природных и антропогенных объектов.

Разработанные автором диссертации методы и алгоритмы были реализованы в виде комплекса программ ЕССА-Раск, предназначенного для обработки и анализа мультиспектральных спутниковых изображений. Имеются соответствующие свидетельства о регистрации программ. Программный комплекс ЕССА-Раск был внедрен в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН для решения задачи картографирования типов растительности по данным спутниковой съемки высокого пространственного разрешения, а также в СЦ ФГБУ НИЦ "Планета" для создания оперативных карт паводковой обстановки по данным с отечественных космических аппаратов Ресурс-П и Канопус-В для потребителей Росгидромета и региональных служб МЧС.

Оценивая автореферат диссертации С.А. Рылова в целом, считаю, что представленные результаты являются новыми и достоверными. Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, имеющей важное научное и практическое значение в области создания автоматизированных систем обработки

аэрокосмических изображений. Основные результаты опубликованы автором в научных журналах и представлены на всероссийских и международных конференциях. Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым ВАК России к кандидатским диссертациям, а ее автор Рылов Сергей Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 — "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ".

Дмитриев Егор Владимирович,

кандидат физико-математических наук,

старший научный сотрудник,

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт  
вычислительной математики Российской академии наук (ИВМ РАН),

119333 Москва, ул. Губкина, дом 8,

Тел. (495) 984-81-20, (495) 989-80-24, факс: (495) 989-80-23

E-mail: director@mail.inm.ras.ru

Подпись \_\_\_\_\_ Е.В. Дмитриев

“06” декабря 2016 г.

Подпись Е.В. Дмитриева заверяю  
Ученый секретарь ИВМ РАН, в.н.с.,  
доктор физико-математических наук

В.П. Шутяев

“06” декабря 2016 г.