

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 999.141.03
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННЫХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ДИНАМИКИ СИСТЕМ И ТЕОРИИ
УПРАВЛЕНИЯ ИМЕНИ В.М. МАТРОСОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И
ИНФОРМАТИКИ» МИНИСТЕРСТВА ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И
МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 1 июля 2021 г. № 50

О присуждении Синявскому Юрию Николаевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Непараметрические методы и программно-алгоритмический инструментарий для сегментации мультиспектральных спутниковых изображений» по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите 23 апреля 2021 г., протокол № 49, диссертационным советом Д 999.141.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 630090, ФИЦ ИВТ, пр. Академика Лаврентьева, 6, г. Новосибирск, Россия; Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 664033, ИДСТУ СО РАН, ул. Лермонтова, 134, г. Иркутск, Россия; федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский

государственный университет телекоммуникаций и информатики» Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, 630102, СибГУТИ, ул. Кирова, 86, г. Новосибирск, Россия. Приказ Минобрнауки России от 09 ноября 2012 г. № 717/нк.

Соискатель Синявский Юрий Николаевич 1983 года рождения, в 2005 году окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский государственный университет», в 2008 году окончил аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук, работает научным сотрудником в лаборатории аэрокосмического мониторинга и обработки данных (совместно с АлтГУ) Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Диссертация выполнена в лаборатории аэрокосмического мониторинга и обработки данных (совместно с АлтГУ) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (в 2020 г. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук переименован в Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий»).

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент Пестунов Игорь Алексеевич, ведущий научный сотрудник, и.о. заведующего лабораторией аэрокосмического мониторинга и обработки данных (совместно с АлтГУ) Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий».

Официальные оппоненты

Фаворская Маргарита Николаевна, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Институт информатики и телекоммуникаций Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика

М.Ф. Решетнева», г. Красноярск, заведующий кафедрой информатики и вычислительной техники,

Дмитриев Егор Владимирович, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука Российской академии наук, г. Москва, старший научный сотрудник (структурные подразделения в организации отсутствуют), дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, в своем положительном заключении, подписанном Ружниковым Геннадием Михайловичем, доктором технических наук, заведующим отделением информационных технологий и систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук, указала, что диссертация Синявского Ю.Н. полностью соответствует паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а сам соискатель заслуживает присуждения степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 29 опубликованных научных работ по теме диссертации (в скобках в числителе указан общий объем этого типа публикаций в печатных листах, в знаменателе – объем, принадлежащий лично автору), в том числе 7 статей (9.3 п.л. / 3.7 п.л.) в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК для представления основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора или кандидата наук, 3 статьи (1.9 п.л. / 0.6 п.л.) в рецензируемых журналах (Scopus и Web of Science), 8 статей (4.0 п.л. / 1.5 п.л.) в других рецензируемых научных журналах, 5 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, а также 11 работ (3.9 п.л. / 1.3 п.л.), опубликованных в материалах и тезисах всероссийских и международных конференций.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

Пестунов И.А., **Синявский Ю.Н.** Непараметрический алгоритм кластеризации данных дистанционного зондирования на основе grid-подхода // Автометрия. – 2006. – Т. 42. – № 2. – С. 90-99.

Пестунов И.А., Бериков В.Б., **Синявский Ю.Н.** Сегментация многоспектральных изображений на основе ансамбля непараметрических алгоритмов кластеризации // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета. – 2010. – Вып. 5 (31). – С. 56-64.

Pestunov I.A., **Sinyavsky Yu.N.** Non-parametric grid-based clustering algorithm for remote sensing data // Proceedings of the Second IASTED International Multi-Conference on Automation, Control, and Information Technology. Novosibirsk, Russia, 2005. P. 5-9.

Pestunov I.A., Rylov S.A., **Sinyavskiy Yu.N.**, Berikov V.B. Computationally efficient methods of clustering ensemble construction for satellite image segmentation // CEUR Workshop Proceedings of the International Conference Information Technology and Nanotechnology. Session Image Processing, Geoinformation Technology and Information Security. – 2017. – P. 194-200.

Пестунов И.А., **Синявский Ю.Н.** Алгоритмы кластеризации в задачах сегментации спутниковых изображений // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2012. – Т. 52. – № 4/2. – С. 110-125.

Синявский Ю.Н., Пестунов И.А., Дубровская О.А. и др. Методы и технология сегментации мультиспектральных изображений высокого разрешения для исследования природных и антропогенных объектов // Вычислительные технологии. – 2016. – Т. 21. – № 1. – С. 127-140.

Шокин Ю.И., Пестунов И.А., Смирнов В.В., **Синявский Ю.Н.** и др. Распределенная информационная система сбора, хранения и обработки спутниковых данных для мониторинга территорий Сибири и Дальнего Востока // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. – 2008. – Т. 1. – Вып. 4. – С. 291-314.

Смирнов В.В., Пестунов И.А., Добротворский Д.И., **Синявский Ю.Н.** Корпоративные картографические сервисы Сибирского отделения РАН // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № S18. – С. 130-135.

Помимо отзывов от оппонентов и ведущей организации на диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов (все отзывы положительные).

Это отзывы от: 1) **Белима Сергея Викторовича** (д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры «Комплексная защита информации» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет», г. Омск); 2) **Симонова Константина Васильевича** (д.т.н., ведущий научный сотрудник Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск); 3) **Шишкина Валерия Анатольевича** (к.т.н., старший научный сотрудник, заведующий лабораторией математического моделирования биологических систем и процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр Российской академии наук», республика Крым, г. Ялта); 4) **Родионовой Натальи Васильевны** (к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории радиолокационных систем и методов Фрязинского филиала Института радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова Российской академии наук, г. Фрязино); 5) **Ничепорчука Валерия Васильевича** (к.т.н., старший научный сотрудник отдела прикладной информатики Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск); 6) **Русина Евгения Владимировича** (к.т.н., старший научный сотрудник лаборатории математического моделирования гидротермодинамических процессов в природной среде Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск); 7) **Потатуркина Олега Иосифовича** (д.т.н., профессор, руководитель научного направления «Нанотехнологии и информационные технологии» Института автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск); 8) **Якубайлика Олега Эдуардовича** (к.ф.-м.н., доцент, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом технологий мониторинга природной среды Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск).

В отзывах высказаны следующие критические замечания (приведены наиболее существенные):

- 1) В работе задача сегментации изображений вместо выделения отдельных объектов на изображении рассматривается как задача попиксельной классификации. Только один раз упоминается алгоритм SPMeanSC, как один из реализованных в «Image Processing Toolkit», в котором учитываются пространственные отношения между обрабатываемыми пикселями. В остальных случаях выполняется кластеризация в пространстве значений спектральных каналов пикселей. Также не рассматривается использование каких-либо более сложных характеристик, например, LBP (Local Binary Patterns). Не понятно, как будут работать предложенные алгоритмы кластеризации при наличии атрибутов, не являющихся спектральными значениями.
- 2) Представлены результаты кластеризации спутниковых изображений невысокого разрешения, а именно 550×500 пикселей и 1001×1045 пикселей (стр. 62). Не совсем понятно, каким образом (программно или с помощью эксперта) ассоциировались результаты кластеризации с названиями текстур на рис. 2.7 и 2.8 (стр. 61). Было бы целесообразно привести результаты кластеризации спутниковых снимков высокого разрешения с учетом оценок быстродействия алгоритма.
- 3) На стр. 15, 1 абзац указано, что разрабатываемые алгоритмы кластеризации должны позволить пользователю обрабатывать спутниковые изображения в диалоговом режиме. Здесь важно было бы указать допустимые размеры изображения и число каналов.
- 4) Следовало бы объяснить, почему разработанные алгоритмы MeanSC и EMeanSC показали практически идентичные оценки точности на модельных данных. Оценки точности алгоритмов для реальных изображений отсутствуют (глава 4). Также хотелось бы видеть оценки ошибок разработанных алгоритмов и известных алгоритмов.
- 5) Требуется дополнительное обоснование идея алгоритма EMeanSC, состоящая в том, что надо усреднить результаты работы алгоритмов кластеризации с разными значениями параметров, если неизвестны хорошие значения этих параметров. Примеры, рассмотренные в работе, не смогли подтвердить целесообразность использования алгоритма EMeanSC. Например, в таблице 4.1 EMeanSC превосходит MeanSC только по времени работы. Все приведённые тесты EMeanSC выполнены на очень близких значениях

параметров, попадающих в диапазон хороших значений ($m = \{13, 14\}$ на стр. 74, $m = \{5, 7\}$ на стр. 75). Возможно, EMeanSC имеет смысл использовать для устранения влияния случайных факторов при запусках на одинаковых наборах параметров, но он явно не позволит получить наилучший результат, не зная этих параметров.

- 6) В описании итерационной процедуры (Определение 2.3) не рассматривается возможность задания какого-нибудь коэффициента перед $m_h(\dots)$, как это обычно делается при решении задач методом градиентного спуска.
- 7) Из текста автореферата сложно понять, в чем состоит отмечаемое в нем «внедрение» разработанных веб-сервисов в распределенную сервис-ориентированную геоинформационную систему ИБТ СО РАН (необходимость и целесообразность этого «внедрения»). Созданные автором веб-сервисы на основе технологий WPS/GRASS GIS выглядят, как самодостаточные автономные программно-технологические решения, и не понятно, как они связаны с упомянутой распределенной системой ИБТ СО РАН. Тем более, что актуализация каталога спутниковых данных ННЦ СО РАН, на основе которого создана эта распределенная система, как отмечается в тексте самой диссертации (стр. 94), оставляет желать лучшего – он работает лишь частично, а самые последние снимки в нем датируются 2012 годом.
- 8) Из текста про обнаружение усыхающих кедровых древостоев осталось непонятно: можно ли применять результаты кластеризации по одному снимку для обработки других снимков или кластеризацию требуется начинать с нуля для каждого нового снимка?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается близостью тематики исследования оппонентов и ведущей организации к теме диссертации Синявского Ю.Н., а также тем, что результаты, полученные за последние годы оппонентами и в ведущей организации, публикуются в ведущих мировых журналах по тематике диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложен вычислительно эффективный алгоритм кластеризации MeanSC для сегментации изображений, разработанный на основе непараметрических

оценок Розенблатта – Парзена с учетом характерных особенностей мультиспектральных спутниковых снимков;

предложен подход к построению ансамбля непараметрических алгоритмов кластеризации, основанных на оценках плотности Розенблатта – Парзена, с помощью согласованной матрицы различий;

предложен непараметрический ансамблевый алгоритм кластеризации EMeanSC для сегментации мультиспектральных изображений, построенный на основе согласованной матрицы различий;

реализованы в виде пакета программ «Image Processing Toolkit» алгоритмы кластеризации (включая предложенные в ходе диссертационной работы) для сегментации мультиспектральных изображений;

реализован набор стандартизованных веб-сервисов на основе предложенных алгоритмов и программного обеспечения с открытым исходным кодом;

разработан метод разделения формаций лесной растительности с близкими спектрально-яркостными характеристиками, позволяющий обеспечить качественное выделение мелких и сильно пересекающихся классов, которые зачастую не обнаруживаются при использовании традиционных методов автоматизированной обработки;

разработан метод обнаружения усыхающих древостоев по мультиспектральным изображениям, позволяющий с высокой степенью достоверности выявлять очаги повреждений древостоев, в том числе на ранних стадиях.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к проблематике диссертации результативно (с получением обладающих новизной результатов) использованы методы теории вероятности и математической статистики, методы Монте – Карло и современные информационно-вычислительные технологии;

предложен вычислительно эффективный непараметрический алгоритм кластеризации на основе оценок плотности Розенблатта – Парзена для сегментации мультиспектральных спутниковых изображений;

предложен подход к построению ансамбля непараметрических алгоритмов кластеризации, основанных на оценках плотности Розенблатта – Парзена, с помощью согласованной матрицы различий;

предложен ансамблевый алгоритм кластеризации EMeanSC, позволяющий обеспечить простоту настройки параметров и обработку мультиспектральных спутниковых изображений в диалоговом режиме;

предложен метод разделения формаций лесной растительности с близкими спектрально-яркостными характеристиками;

предложен метод обнаружения усыхающих древостоев по мультиспектральным изображениям.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и реализованы в виде пакета программ и набора стандартизованных веб-сервисов вычислительно эффективные алгоритмы кластеризации на основе непараметрических оценок плотности Розенблатта – Парзена и ансамблевого подхода, позволяющие осуществлять сегментацию спутниковых изображений; разработанные алгоритмы и программные модули были использованы при выполнении исследований в рамках междисциплинарных интеграционных проектов СО РАН (№№ 3, 86, 50), проектов РФФИ (№№ 09-07-12087-офи_м, 11-07-12083-офи_м, 11-07-00202, 11-07-00346, 14-07-31320-мол_а, 18-37-00492-мол_а), международного гранта фонда «Научный потенциал» («Human Capital Foundation») № 66, а также гранта мэрии г. Новосибирска № 09-09;

показано, что предложенные алгоритмы превосходят описанные в литературе по качеству кластеризации и/или времени обработки;

обоснована возможность применения разработанного пакета программ для решения задач, связанных с исследованием и оценкой состояния территорий по данным дистанционного зондирования Земли.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивается:

корректным применением используемых методов и подтверждается проведенными экспериментальными исследованиями на модельных данных;

согласованностью результатов автоматизированной сегментации спутниковых снимков с результатами визуально-инструментального дешифрирования, выполненного специалистами.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в формулировке задач, разработке алгоритмов кластеризации, проектировании и

реализации программного комплекса «Image Processing Toolkit» на языке программирования C++, реализации алгоритмов в виде стандартизованных веб-сервисов, планировании и проведении вычислительных экспериментов, анализе и интерпретации полученных результатов, представлении материала и подготовке публикаций по выполненной работе.

На заседании 1 июля 2021 г. диссертационный совет принял решение **присудить Синявскому Ю.Н. ученую степень кандидата технических наук.**

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 18 человек (6 присутствовали очно, 12 — дистанционно), из них 5 докторов наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (технические науки), участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, воздержавшихся – нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета

д.т.н.



Фионов Андрей Николаевич

Ученый секретарь
диссертационного совета

к.ф.-м.н.

Лебедев Александр Степанович

02 июля 2021 г.