

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «НТЦ - Геотехнология»,

докт. техн. наук

А.В. Соколовский

«25» марта 2021г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Общество с ограниченной ответственностью «НТЦ-

Геотехнология» на диссертацию Митясовой Ольги Юрьевны

«Разработка методики оценки изменения топологии объектов добычи полезных ископаемых», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.35 – «Геоинформатика» (технические науки).

Диссертация Митясовой Ольги Юрьевны посвящена разработке методики обработки открытых данных дистанционного зондирования Земли для отслеживания изменений, происходящих в районах добычи полезных ископаемых открытым способом, а также применения данных, полученных таким образом для эффективного их использования путем сохранения в специальной базе знаний для соответствующей территории.

Полученные в диссертации результаты направлены на решение актуальных вопросов в области проектирования горных работ, мониторинга и оптимизации разработки месторождений полезных ископаемых для повышения эффективности горнодобывающих предприятий с целью рационального освоения недр.

Актуальность темы диссертации

Использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в настоящее время является неотъемлемым элементом для большого числа отраслей развития современного производства, в числе которых находится и горнодобывающая промышленность.

Накопленный ранее и размещенный в открытом доступе большой объем ежедневно пополняемых данных ДЗЗ можно использовать гораздо более эффективно при условии создании новых и более совершенных методов их обработки.

В представленной диссертации автор рассматривает, как уже известные методы автоматизации процесса дешифрирования снимков с космических аппаратов, так и предлагает новые, более эффективные способы обработки данных ДЗЗ для целей идентификации процессов развития горных работ при добыче полезных ископаемых открытым способом. Реализация основной идеи работы, которая заключается в использовании аппарата математики на решетках для повышения точности обработки растровых материалов ДЗЗ, делает возможным использование доступных данных для идентификации текущего состояния горнопромышленных объектов с необходимой и достаточной точностью.

Данный подход является востребованным для практики и определяет научную **актуальность** настоящей диссертации.

Структура и содержание диссертации

Диссертация включает в себя введение, 3 главы, заключение, список использованных источников. Объем работы составляет 161 стр., в том числе основное содержание – 97 стр., 40 рисунков и 26 таблиц – 54 стр., список литературы из 131 наименования – 16 стр., приложения – 41 стр.

Целью исследования является разработка новой методики для автоматизации дешифрирования данных ДЗЗ для оценки изменения контуров объектов добычи полезных ископаемых открытым способом, позволяющей повысить исходную точность оконтуривания области горных работ и достоверность контроля ее изменения во времени.

Поставленная цель достигается решением следующих основных **задач**:

1. Проанализировать информацию по современным технологиям обработки спутниковых снимков и оценить текущее состояние данной области исследований.

2. Разработать новую методику для обработки данных ДЗЗ, позволяющую отслеживать границы объектов на растровых изображениях и выявлять динамику их изменений.
3. Разработать соответствующий математический аппарат идентификации границ выявленных объектов и последующего их распознавания.
4. Разработать необходимые программные средства для реализации математического аппарата отслеживания границ и распознавания объектов.
5. Провести тестирование методики и программных средств.

Основные научные положения, выносимые на защиту:

1. Методика идентификации горнопромышленных объектов по спутниковым данным, отличающаяся комплексным подходом к использованию проблемно-ориентированной бинаризации изображения, фильтрации, эвристических процедур отслеживания контуров и вычисления признаков формы, позволяет оценить динамику изменения контуров объектов и их текущего состояния.

2. Способ отслеживания контуров, включающий анизотропную фильтрацию бинарного изображения и эвристическое выделение контуров исследуемых объектов (географических, геологических, горнопромышленных и других объектов), позволяет идентифицировать и фиксировать полученные границы объектов в виде цепного кода Фримена и/или в виде цепочки координат и обеспечивает относительную точность получения площадей исследуемых объектов в пределах 3%.

3. Эвристическая процедура отслеживания контуров позволяет определить каждую последующую координату с учетом значения инкремента, получаемого на основе связи текущей и предыдущей координат, определяемой бинарной суммой восьми соседних с принадлежащим контуру пикселем.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, теоретическая и практическая значимость результатов, определяются цель, и задачи исследования, формулируются положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Анализ текущего состояния информационных возможностей аэрокосмического монитора объектов земной поверхности» рассмотрено

современное состояние области исследования данных ДЗЗ и их возможность для исследования процессов деятельности горнопромышленных объектов.

Во второй главе «Методика для идентификации протяженных объектов (МИПО)» приведена, разработанная автором новая специальная методика обработки спутниковых изображений, которая включает следующие шаги:

1. Определение объекта исследования и выбор информации из различных источников.
2. Предварительная обработка, преобразование к двухградационному виду и фильтрация.
3. Отслеживание на снимке границ объектов.
4. Вычисление для каждого из объектов информативных признаков для дальнейшего распознавания.
5. Занесение полученной информации об объектах в хранилище и накопление материалов.

В данной главе каждый этап рассмотрен достаточно подробно. Для демонстрации был выбран снимок реального объекта добычи полезных ископаемых открытым способом. Каждый этап проиллюстрирован промежуточными результатами обработки спутникового снимка.

Особое внимание уделяется основному этапу обработки снимка, заключающемуся в отслеживании границ на изображении. Для вычисления координат границ объектов автор использует эвристические зависимости:

$$\begin{aligned}x_{i+1} &= x_i + f\left(\sum_{j=0}^i (k_j + a)\right) \\ y_{i+1} &= y_i + f\left(2 + \sum_{j=0}^i (k_j + a)\right)\end{aligned}$$

где k_j – сумма значений всех восьми пикселей, соседних с j -м пикселем, принадлежащим контуру; a – константа (для прямоугольного растра $a=3$); i – номер

точки контура; $f(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } \text{mod } 8(t) \in \{7, 0, 1\}, \\ 0, & \text{если } \text{mod } 8(t) \in \{2, 6\}, \\ -1, & \text{если } \text{mod } 8(t) \in \{3, 4, 5\}, \end{cases}$

В третьей главе «Разработка программного средства для реализации предлагаемой методики и апробация результатов» рассмотрены существующие

программные продукты для работы с данными ДЗЗ и описан процесс создания специального программного средства (АИС «Система анализа космических снимков») для реализации предложенной во второй главе методики, а также приведены результаты апробации новой методики.

В данной главе автор подробно описывает процесс разработки указанного программного средства и связанной с ним базы данных.

В тексте работы автором приведены снимки экрана, демонстрирующие интерфейс программного средства. После чего на тестовых изображениях из различных источников показаны результаты, демонстрирующие возможности предлагаемой методики и позволяющие оценить точность результатов. В таблицах также показаны рассчитанные для тестовых объектов «признаки формы», используемые в дальнейшем при распознавании объектов. В завершающей части главы показано, что разработанный автором инструментарий имеет достаточно универсальный характер и может быть использован не только в сфере мониторинга горнопромышленных объектов, но и для объектов других отраслей промышленности.

В **заключении** обобщаются основные результаты, полученные лично автором в ходе решения важной научно-технической задачи, которой посвящена диссертация.

Представленные материалы (диссертация, автореферат, презентация) позволяют достаточно полно оценить объем и сложность проведенного исследования.

Предложены и обоснованы новые научные результаты, имеющие весомое научное и прикладное значение для развития автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Все разделы работы характеризуются достаточной полнотой изложения соответствующих вопросов и логически взаимосвязаны между собой, что обеспечивает завершенность и целостность диссертации.

Новизна исследований, полученных результатов, выводов и рекомендаций

Проведенное автором исследование характеризуется новизной как по используемым методам и подходам, так и по полученным результатам, основные из которых заключаются в том, что:

- показана возможность использования открытых данных ДЗЗ для решения задач горнопромышленной и других отраслей;
- предложен новый подход к использованию принципов математики на решетках для идентификации горнопромышленных и других объектов на спутниковых изображениях;
- разработана методика обработки данных ДЗЗ для идентификации и анализа состояния протяженных объектов земной поверхности;
- на основе предложенной методики разработаны новые программные средства.

Теоретическое значение диссертации определяется разработкой оригинальной методики идентификации объектов на спутниковых изображениях с использованием элементов математики на решетках.

Практическое значение диссертации состоит в расширении возможностей оперативного анализа и контроля состояния не только горнопромышленных, но и других объектов (линейных, инфраструктурных, лесо и сельскохозяйственных и т.п.) по имеющимся доступным спутниковым данным. Интерес представляет и использование теории кворумного резервирования для агрегирования данных различных источников - спутниковых, натурных, контекстных. Разработанные методика и программные средства как готовый модуль могут стать составной частью геоинформационной системы недропользования, например, QGIS.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций работы

Достоверность научных положений, основных выводов и результатов диссертации обосновывается детальным анализом исходных данных и корректным использованием математического аппарата, подтверждается согласованностью

теоретических выводов с результатами вычислительных экспериментов с использованием разработанных алгоритмов, а также апробацией основных результатов диссертации в печатных трудах и докладах на международных научных специализированных конференциях.

О надежности результатов свидетельствует их повторяемость в процессе тестирования разработанных программных средств, проводимого в рамках проекта «Спутниковый мониторинг – активному развитию территорий (СМАРТ)» и сопоставимость с литературными источниками.

Имеются акты внедрения результатов работы от СКФ ФГБОУ ВО Московский технический университет связи и информатики (МТУСИ)», ООО «ЮРИА центр», Администрации Егорлыкского района.

Основные результаты исследований автора докладывались и обсуждались на форумах и конференциях, опубликованы в десяти публикациях автора, среди которых 4 статьи опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных результатов диссертационных работ, и 1 статья опубликована в журнале, включенных в реферативную базу Scopus.

Получены патенты (№ 2640331 и № 2710936). Получены свидетельства о регистрации программ для ЭВМ (№ 2017615097, № 2018614994 и № 2020615607).

Автореферат диссертации полностью отражает ее содержание. Содержание соответствует поставленной цели. Цель и задачи диссертации обусловлены актуальными проблемами науки и потребностями практики. Задачи исследования решены.

Диссертация хорошо структурирована, написана ясным языком с большим количеством графических материалов, корректно демонстрирующих результаты работы.

Диссертация написана автором самостоятельно и содержит новые научные и практические результаты. Публикации в полной мере отражают содержание работы.

Полученные соискателем научные и практические результаты соответствуют паспорту специальности 25.00.35 – «Геоинформатика (технические науки)».

Вместе с тем, по работе имеются замечания:

1. Из текста работы не ясно, как формально может быть рассчитан экономический эффект от внедрения предлагаемой методики в деятельность горнопромышленных предприятий. Так же, было бы целесообразно провести сравнение трудоемкости и точности оценки изменения размеров различных объектов – площадных, линейных, разноуровневых.
2. В работе несколько раз упоминаются базы знаний, как элемент разработанных автором программных инструментов, однако отсутствует четкое описание процесса трансформации данных в знания в ходе накопления результатов дешифрования снимков различных объектов.
3. В автореферате на стр. 15 приводится утверждение что «шестиугольники могут использоваться в качестве альтернативы стандартным квадратным пикселям», в диссертации же вопросу использования шестиугольных пикселей уделено большее внимание. Следовало бы более точно определить области применения шести-, четырех и трехугольных растров.

Отмеченные замечания не снижают общего положительного впечатления о работе и носит рекомендательный характер.

Заключение

На основе анализа содержания диссертации, автореферата, опубликованных автором работ можно сделать следующее заключение: диссертация Митясовой Ольги Юрьевны на тему «Разработка методики оценки изменения топологии объектов добычи полезных ископаемых» по своему теоретическому и экспериментальному уровню, актуальности, объему работы, научной новизне и практической значимости полученных результатов соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой, на основании проведенных автором теоретических и экспериментальных

исследований, дано решение актуальной задачи дешифрирования открытых данных дистанционного зондирования Земли для использования полученной информации в процессе анализа и контроля состояния объектов добычи полезных ископаемых открытым способом.

Митясова Ольга Юрьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.35 – «Геоинформатика (технические науки)».

Диссертационная работа Митясовой Ольги Юрьевны «Разработка методики оценки изменения топологии объектов добычи полезных ископаемых» заслушана и обсуждена на заседании научно-технического совета (протокол № 2 от 15.03.2021г.).

Отзыв составил:

кандидат технических наук, член совета директоров, консультант по техническим вопросам, зам. генерального директора,

Подпись Лапаева В. Н. удостоверяю,
директор по персоналу



Лапаев В. Н.



Каплан С. М.

Сведения о ведущей организации:

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НТЦ - Геотехнология» 454048, г. Челябинск, ул. Энтузиастов, 30, офис 712, почтовый адрес: 454004, г. Челябинск, а/я 13-533,

Телефон: +7 (351) 220-22-00,

E-mail: info@ustup.ru, сайт: <http://www.ustup.ru>.