

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 21.04.02 Землеустройство и кадастры
 Отделение геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

| Тема работы |
|--|
| Моделирование местности как элемент управления земельными ресурсами |
| УДК 528.94:004.7:332.33 |

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------------|
| 2УМ71 | Протасова Анастасия Романовна | | 03.06.2019 |

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОГ | Базавлук В.А. | к.т.н., доцент | | 03.06.2019 |

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН | Криницына З.В. | к.т.н., доцент | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент | Немцова О.А. | | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|-------------|------------------------|---------|------------|
| Руководитель ОГ | Гусева Н.В. | к.г.-м.н | | 05.06.2019 |

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

| Код | Результат обучения |
|-----|---|
| P1 | Уметь использовать абстрактное мышление, анализ, синтез; действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения |
| P2 | Использовать творческий потенциал, владеть навыками организации и саморазвития |
| P3 | Использовать коммуникативные технологии в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности |
| P4 | Руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия |
| P5 | Оценивать последствия принимаемых организационно-управленческих решений при организации и проведении практической деятельности в землеустройстве и кадастрах |
| P6 | Разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности на предприятии; оценивать затраты и результаты деятельности организации |
| P7 | Осваивать новые технологии ведения кадастров, систем автоматизированного проектирования в землеустройстве |
| P8 | Владеть приемами и методами работы с персоналом, методами оценки качества и результативности труда персонала |
| P10 | Формулировать и разрабатывать технические задания и использовать средства автоматизации при планировании использования земельных ресурсов и недвижимости; применять методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений, анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов |
| P12 | Решать инженерно-технические и экономические задачи современными методами и средствами |
| P13 | Использовать современные достижения науки и передовых информационных технологий в научно-исследовательских работах; ставить задачи и выбирать |

| | |
|-----|---|
| | методы исследования, интерпретировать и представлять результаты научных исследований в форме отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений |
| P9 | Разрабатывать и осуществлять технико-экономическое обоснование планов, проектов и схем использования земельных ресурсов и территориального планирования |
| P11 | Получать и обрабатывать информацию из различных источников, используя современные информационные технологии и критически ее осмысливать; использовать программно-вычислительные комплексы, геодезические и фотограмметрические приборы и оборудование, проводить их сертификацию и техническое обслуживание |
| P14 | Самостоятельно выполнять научно-исследовательские разработки с использованием современного оборудования, приборов и методов исследования в землеустройстве и кадастрах, составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 21.04.02 Землеустройство и кадастры
 Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Гусева Н.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|--|
| Магистерской диссертации |
| (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации) |

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|--------------------------------|
| 2УМ71 | Протасовой Анастасии Романовне |

Тема работы:

| | |
|---|---------------------|
| Моделирование местности как элемент управления земельными ресурсами | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | № 1059/С 11.02.2019 |

| | |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 05.06.2019 |
|--|------------|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|---|--|
| Исходные данные к работе | 1. Объект исследования – сельскохозяйственные земли, расположенные на Северо-Востоке России в условиях резко-континентального климата. 2. Нормативные документы, СП и ГОСТы, научная литература, электронные ресурсы. 3. Климатические, геологические, гидрогеологические и другие данные по объекту исследования в границах Томского района. |
| Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов | 1. Теоретические основы процесса управления земельными ресурсами. 2. Основы моделирования поверхности. 3. Цифровое моделирование местности с использованием геоинформационных систем. 4. Качественная и количественная оценка территории исследования на основании результатов моделирования. 5. Предложения по оптимизации мероприятий в сфере управления земельными ресурсами. |

| | |
|--|---|
| Перечень графического материала | 1.Схема расположения объекта исследования (с. Рыбалово, Томская область). 2.Цифровая модель рельефа исследуемой территории. 3.Цифровая модель объекта исследования в 3D-виде. 4.Тематическая векторная карта территории исследования (с. Рыбалово, Томская область). 5.Степень залесенности продуктивных угодий СПК «Рыбалово». |
|--|---|

| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы | |
|---|----------------|
| Раздел | Консультант |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Креницына З.В. |
| Социальная ответственность | Немцова О.А. |
| Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: | |
| The fundamental of GIS and spatial analysis | |

| | |
|---|------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 11.12.2017 |
|---|------------|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОГ | Базавлук В.А. | к.т.н., доцент | | 11.12.2017 |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------------|
| 2УМ71 | Протасова Анастасия Романовна | | 11.12.2017 |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 21.04.02 Землеустройство и кадастры
 Уровень образования Магистратура
 Отделение геологии
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года) _____

Форма представления работы:

| |
|---------------------------------|
| Магистерская диссертация |
|---------------------------------|

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

| | |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 05.06.2019 |
|--|------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
| 13.05.2019 | Разработка пояснительной записки ВКР | 50 |
| 20.05.2019 | Разработка графической части ВКР | 30 |
| 01.06.2019 | Устранение недостатков | 20 |

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОГ | Базавлук В.А. | к.т.н., доцент | | 11.02.2019 |

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------|-------------|------------------------|---------|------------|
| Руководитель ОГ | Гусева Н.В. | К.Г.-М. Н. | | 12.02.2019 |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

| | |
|---------------|--------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 2УМ71 | Протасовой Анастасии Романовне |

| | | | |
|----------------------------|--|----------------------------------|---|
| Школа | Инженерная школа природных ресурсов | Отделение школы (НОЦ) | Отделение геологии |
| Уровень образования | Магистратура | Направление/специальность | 21.04.02 Землеустройство и кадастры |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | |
|---|---|
| 1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> | Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску. Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ |
| 2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i> | Премияльный коэффициент 30%; Коэффициент доплат и надбавок 20%; коэффициент дополнительной заработной платы 12%; Коэффициент, учитывающий накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30% |
| 3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i> | Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 20 % |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|---|
| 1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i> | 1.1 Потенциальные потребители результатов исследования 1.2 Диаграмма Исикава 1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации |
| 2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i> | 2.1 2.1 Инициация проекта |
| 3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i> | 3.1 План проекта 3.2 Бюджет научного исследования 3.3 Организационная структура проекта 3.4 Матрица ответственности |
| 4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i> | 4.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 4.2 Оценка сравнительной эффективности исследования |

| | |
|--|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|--|--|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН | Креницына З.В. | к.т.н., доцент | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 2УМ71 | Протасова Анастасия Романовна | | |

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| | |
|---------------|--------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 2УМ71 | Протасовой Анастасии Романовне |

| | | | |
|----------------------------|--|----------------------------------|--|
| Школа | Инженерная школа природных ресурсов | Отделение школы (НОЦ) | Отделение геологии |
| Уровень образования | Магистратура | Направление/специальность | 21.04.02 Землеустройство и кадастры |

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|---|---|
| <i>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</i> | 1. Объектом настоящих исследований для проведения комплексного анализа местности являются сельскохозяйственные земли, расположенные на Северо-Востоке России в условиях пересеченной местности и резко-континентального климата |
|---|---|

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|--|
| <p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | <p>Рассмотрены специальные правовые нормы трудового законодательства, а также мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p> |
| <p>2. Производственная безопасность</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>2.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <p>механические опасности (источники, средства защиты); термические опасности (источники, средства защиты); электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты).</p> | <p>2.1 Проведен анализ вредные факторы проектируемой производственной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Отклонение показателей микроклимата в помещении. – Недостаточная освещенность рабочей зоны. – Шум. – Нервно-психические перегрузки. – Электромагнитное излучение. <p>2.2. Необходимо проанализировать опасные факторы проектируемой производственной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Электрический ток – Пожароопасность. |

| | |
|--|---|
| <p>3. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); <p>разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</p> | <p>Рассмотрены мероприятия по охране окружающей среды, предусмотренные действующим природоохранным законодательством.</p> |
| <p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. | <p>Наиболее вероятной ЧС, которая может возникнуть – наводнение территорий. Необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического, эксплуатационного и организационного характера.</p> |

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент | Немцова О.А. | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 2ум71 | Протасова Анастасия Романовна | | |

Реферат

Магистерская диссертация содержит 145 с., 27 рис., 31 табл., 84 источника, 6 прил.

Ключевые слова: ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ, УПРАВЛЕНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, 3D-МОДЕЛЬ, ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, БЕСПИЛОТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОЦЕНКА, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ОПТИМИЗАЦИЯ, ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ.

Объектом исследований являются сельскохозяйственные земли СПК «Рыбалово», расположенные на Северо-Востоке России в условиях слабопересеченной местности и резко-континентального климата.

Целью работы является разработка усовершенствованного алгоритма метода моделирования местности как инструмента управления земельными ресурсами.

В качестве методологической базы исследования использованы методы: аналитический, системный анализ, метод управляемых классификаций, картографический, методы районирования, методы пространственного ГИС-анализа, а также методики обработки геодезических измерений и данных, полученных с помощью беспилотных технологий.

Научная новизна работы заключается в разработке усовершенствованной технологической схемы моделирования местности, основанной на методах детальной классификации точек плотного облака и автоматизированном построении векторных контуров с использованием геоинформационных и беспилотных технологий.

Практическая значимость исследования заключается в повышении достоверности (точности) информационного обеспечения о фактическом состоянии земель для управления ресурсами на основании их объективной оценки.

Результаты работы могут быть применены на практике разработки проектов оптимизации в сфере управления земельно-имущественным комплексом.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины и определения:

БПЛА – беспилотный летательный аппарат;

ГИС – геоинформационные системы;

ГОСТ – межгосударственный стандарт;

ДЗЗ – дистанционное зондирование земли;

ЗИК – земельно-имущественный комплекс;

ЗУ – земельный участок;

ИЖС – индивидуальное жилищное строительство;

ПО – программное обеспечение;

ППБ – правила пожарной безопасности;

СанПиН – санитарные нормы и правила;

САПР – система автоматизированного проектирования;

СНиП – строительные нормы и правила;

СП – свод правил;

ЦММ – цифровая модель местности;

ЦМР – цифровая модель рельефа;

GRID – решетка, сеть;

TIN – Triangular Irregular Networks – нерегулярные триангуляционные

сети.

Оглавление

| | |
|--|----|
| Введение..... | 15 |
| 1 Теоретические основы процесса управления..... | 18 |
| 1.1 Сложившаяся система управления земельными ресурсами как инструмент управления | 18 |
| 1.2 Земельные ресурсы как потенциал развития территории..... | 22 |
| 1.3 Актуальные проблемы в сфере управления земельными ресурсами | 26 |
| 2 Основы моделирования поверхности | 31 |
| 2.1 Основные подходы к моделированию местности | 31 |
| 2.2 Эволюционное развитие методов моделирования | 36 |
| 2.3 Обзор программного обеспечения для моделирования поверхностей..... | 40 |
| 3 Цифровое моделирование местности с использованием геоинформационных систем | 46 |
| 3.1 Характеристика объекта исследования..... | 46 |
| 3.2 Алгоритм усовершенствованной методики моделирования местности как инструмент управления земельными ресурсами | 49 |
| 3.3 Технологическая схема классификации данных лазерного сканирования... | 54 |
| 4 Качественная и количественная оценка территории исследования на основании результатов моделирования | 64 |
| 4.1 Результат разработанного алгоритма усовершенствованной методики моделирования местности..... | 64 |
| 4.2 Оценка пространственных характеристик продуктивных угодий исследуемой территории | 66 |
| 4.3 Предложения в сфере управления земельными ресурсами..... | 72 |
| 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..... | 76 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 5.4 | Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования..... | 76 |
| 5.4.1 | Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения..... | 76 |
| 5.4.2. | Оценка экономического эффекта и сравнительной эффективности исследования..... | 80 |
| 6 | Производственная и экологическая безопасность..... | 87 |
| 6.1. | Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 87 |
| 6.1.2 | Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны | 88 |
| 6.2 | Производственная безопасность..... | 90 |
| 6.2.1 | Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению | 91 |
| 6.2.2 | Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению | 95 |
| 6.3 | Экологическая безопасность..... | 98 |
| 6.4 | Безопасность в чрезвычайных ситуациях..... | 100 |
| | Заключение | 101 |
| | Список литературы | 105 |
| | ПРИЛОЖЕНИЕ А | |
| | ПРИЛОЖЕНИЕ Б | |
| | ПРИЛОЖЕНИЕ В | |
| | ПРИЛОЖЕНИЕ Г | |
| | ПРИЛОЖЕНИЕ Д | |
| | ПРИЛОЖЕНИЕ Е | |

Введение

Развитие автоматизированных методов обработки пространственной информации привело к появлению нового направления - цифрового моделирования, основным элементом которого является цифровая модель местности. На сегодняшний день сложно представить работу различного рода управленческих организаций без трехмерной цифровой модели исследуемой территории.

Актуальность темы исследования. Решение задач в области управления земельными ресурсами сопровождается необходимостью проведения анализа поверхности рельефа на предмет степени пригодности территории исследования для сельскохозяйственного производства, мониторинга состояния местности. Оперативность принятия решений по рациональному использованию земель в зависимости от их пространственных характеристик напрямую связана с анализом цифровых моделей местности. Цифровое моделирование активно используется в управленческой сфере во многих странах зарубежья. Именно информация, полученная с помощью комплексного анализа территории, служит основой для решения широкого круга вопросов в инженерно-технической, а также управленческой областях. Анализ полученных материалов предоставляет возможность оптимизировать производство, что способствует получению максимального дохода и рационального использования ресурсов. Именно этим и обосновывается актуальность темы исследования.

Проблемами управления земельными ресурсами занимались такие ученые, как Агапиева Р.И., Малышева М.А., Охотский Е.В., Сухов В.Д., Царенко А.А. и др. В их трудах освещены теоретические и практические аспекты управления земельно-имущественным комплексом, а также представлены особенности и риски управления.

Целью работы является разработка усовершенствованного алгоритма метода моделирования местности как инструмента управления земельными ресурсами.

Объектом исследований являются сельскохозяйственные земли СПК «Рыбалово», расположенные на Северо-Востоке России в условиях слабопересеченной местности и резко-континентального климата.

Предметом исследования – методики построения цифровых моделей местности как инструмент в системе управления земельными ресурсами для качественной и количественной оценки продуктивных угодий.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Оценить существующие методы создания пространственных моделей местности.
2. Проанализировать технологическую схему моделирования территории и создать цифровую модель местности (ЦММ) на основе полученных данных.
3. Провести качественную и количественную оценку пространственных характеристик и особенностей продуктивных угодий исследуемой территории.
4. Разработать предложения по оптимизации мероприятий в сфере управления земельными ресурсами.
5. Оценить степень эффективности используемого метода моделирования поверхности.
6. Решить вопросы по обеспечению техники безопасности исполнителей научно-исследовательских работ моделирования и охране окружающей среды.

В качестве методологической базы исследования использованы следующие методы: аналитический, системный анализ, метод управляемых классификаций, картографический, методы районирования, методы пространственного ГИС-анализа, а также методики обработки геодезических измерений и данных, полученных с помощью беспилотных технологий.

Научная новизна работы заключается в разработке усовершенствованной технологической схемы моделирования местности, основанной на методах детальной классификации точек плотного облака и автоматизированном построении векторных контуров с использованием геоинформационных и беспилотных технологий.

Практическая значимость исследования заключается в повышении достоверности (точности) информационного обеспечения о фактическом состоянии земель для управления ресурсами на основании их объективной оценки.

Результаты работы могут быть применены на практике разработки проектов оптимизации в сфере управления земельно-имущественным комплексом.

1 Теоретические основы процесса управления

1.1 Сложившаяся система управления земельными ресурсами как инструмент управления

В настоящее время земельные ресурсы представляют собой стратегический объект совокупности прав собственности, купли-продажи, аренды, залога, наследования. Формирование процессов пользования, владения, распоряжения землей является длительным пространственно-историческим процессом, который основывается на принципе института частной собственности. За более чем пятнадцать лет земельной реформы в постсоветской России вопросы управления земельными ресурсами при переходе из государственной в частную собственность стали остро актуальными. Пути решения управленческих вопросов по разным направлениям были освещены в трудах многих ученых: Охотский Е.В. [1], Агапиева Р.И. [2], Малышева М.А. [3], Сухов В.Д. [4], Кухтин П.В. [5] и др., которые раскрывали методологические, экономические и правовые основы управления земельными ресурсами.

В свою очередь, понятие земельно-имущественного комплекса (ЗИК) широко распространено и активно используется на практике в области социально-экономического управления. Согласно Е.В. Охотскому, под земельно-имущественным комплексом понимается вид социально-экономических систем, где одним из базовых элементов выступает земельный участок, как обязательный элемент ЗИК-а [1]. Другими возможными элементами данной системы являются расположенные, а также юридически привязанные к данному земельному участку такие имущественные объекты, как здания, сооружения, оборудование, инвентарь, сырье, продукция и другие исключительные права, если иное не предусмотрено законом.

Взаимосвязь элементов ЗИК-а с внешней средой происходит посредством ведения хозяйственной деятельности людьми, которые используют земельные ресурсы в качестве блага, товара, а также источника

дохода. Физические и юридические лица, которые используют элементы ЗИК-а, в свою очередь, являются субъектами экономических, социальных и правовых взаимоотношений.

Земельные участки и их части, земли, находящиеся в государственной и муниципальной собственности, а также земля как природный объект и природный ресурс выступают объектами управления земельными ресурсами. Согласно Земельному кодексу РФ, земельный участок – часть поверхности земли, которая имеет четко определенные геодезические координаты, площадь, правовой статус и другие характеристики, учитываемые в государственном реестре прав собственности на недвижимое имущество [2,4].

В качестве субъектов управления земельными ресурсами выступают государственные органы и органы местного самоуправления, а также собственники, землепользователи, землевладельцы, арендаторы (физические и юридические лица).

Более высокий уровень системной организации представляют объединенные по территориальному и функциональному признаку земельно-имущественные комплексы (производственная зона с комплексом предприятий, жилой район и иные). Таким образом, слияние ЗИК на одном уровне влечет за собой образование нового земельно-имущественного комплекса более высокого уровня, и так далее до ЗИК субъектов Федерации и страны в целом (Таблица 1).

Таблица 1 – Система управления земельно-имущественным комплексом РФ и ее элементы

| Уровни | Собственность управляемых элементов | Элементы ЗИК |
|-----------------------|--|--|
| РФ | Государственная собственность | Свободные и обремененные природными ресурсами земельные участки, принадлежащие РФ; ЗИК федеральных населенных пунктов, субъектов федерации и хозяйствующих субъектов |
| Субъекты РФ | Собственность субъектов РФ | Свободные земли субъектов федерации, а также ЗУ обремененные природными ресурсами, ЗИК населенных пунктов хозяйствующих субъектов, муниципалитетов и субъектов федерации |
| Муниципалитет | Муниципальная собственность | ЗИК муниципальных населенных пунктов и хозяйствующих субъектов |
| Хозяйствующий субъект | Частная, смешанная и другие виды собственности | Земельные участки и объекты недвижимости, относящиеся к основным фондам, движимое имущество, относящееся к оборотным средствам и нематериальным активам |

Главная суть системы управления состоит в создании математической модели, которая строится на основе системного анализа объектов управления, а также синтеза алгоритма управления для достижения необходимых характеристик или целей. На территории РФ существует разделение государственных комплексов и всех объектов недвижимости по принадлежности на два уровня - региональный и федеральный [4]. Кроме того, в стране большую роль играет государственное регулирование в сфере социально-экономических отношений. Поэтому развитие как государственной, так частной и муниципальных систем основывается на целях и задачах, которые определяет государство, а также функциях органов государственной власти в процессе их управления.

В основе государственного управления системы в целом лежат принципы обеспечения сохранности, устойчивости, а также развития системы и входящих в нее элементов. Таким образом, управлением земельными ресурсами является целенаправленная деятельность органов власти по

организации рационального использования земель для удовлетворения потребностей общества, а также устойчивого развития отдельных территорий [4]. Именно рациональное использование земель отнесено к одному из важнейших принципов земельных правоотношений, которое выражается в эффективной эксплуатации земельных ресурсов землевладельцами, землепользователями, а также собственниками.

Главной целью управления земельно-имущественным комплексом является сохранение ЗИК на целевых и отраслевых рынках, которые имеют стратегическое значение: наука, военно-промышленный комплекс, образование, здравоохранение (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Цели государственной системы управления недвижимостью

Для оптимального процесса государственного регулирования земельно-имущественным комплексом и достижения положительных результатов используют ряд инструментов регулирования:

1. Контроль финансово-хозяйственной деятельности земельно-имущественного комплекса.
2. Разработка долгосрочных и среднесрочных прогнозов развития в разрезе отраслей экономики страны.

3. Финансирование отдельных отраслей предприятий с помощью целевых программ, а также федерального и субфедерального бюджетов.

4. Формирование и развитие экономических зон на основе существующих территориальных комплексов.

5. Воздействие и контроль за деятельностью субъектов через инструменты налоговой базы (субсидии).

Вышеперечисленные принципы регулирования земельных правоотношений формируют основу, на которой базируется система государственного и муниципального управления земельными ресурсами на территории РФ. Управление земельными ресурсами в частности складывается из циклов (стадий) управленческой деятельности.

В заключение следует отметить, что проблема управления земельными ресурсами в Российской Федерации, с учетом проводимых социально-экономических реформ, является актуальной и по настоящее время ввиду наличия множества нерешенных аспектов. Однако не смотря на ряд проблем в данной области, настоящая система управления земельными ресурсами дает возможность органам власти осуществлять комплексный и системный подход к управлению, что позволяет эффективно и рационально использовать земельные ресурсы, воздействовать на рынок земли, а также привлекать инвестиции и создавать необходимые условия для устойчивого развития территории.

1.2 Земельные ресурсы как потенциал развития территории

Земельные ресурсы, являясь, в первую очередь, пространственным базисом, создают основу для развития социально-экономических процессов на их территории. Кроме того, под земельными ресурсами понимают совокупность земельных участков, которые являются государственно-организованными системами, позволяющими обеспечивать устойчивое развитие территории. Именно данное понятие, согласно исследованиям Кухтина П.В., лежит в основе концепции территориальной организации [5].

Любая форма хозяйственной деятельности человека (производственная, коммерческая или просто жизнедеятельность) неразрывно связана с земельными ресурсами. Земля является одним из главных видов недвижимого имущества, а также служит основой для его формирования. Как недвижимое имущество земля обладает рядом характерных особенностей, позволяющих отличить ее от иных объектов:

1) стационарность (неподвижность) – наличие прочной физической связи объекта недвижимости с земной поверхностью, а также невозможность его перемещения без физического разрушения или нанесения ущерба;

2) материальность – земельные ресурсы как объект недвижимости, существуют и функционируют в натурально-вещественной и стоимостных формах;

3) долговечность – значительно выше долговечности любых иных товаров.

Земля, являясь природным ресурсом, характеризуется точным местоположением в пространстве, особенностями рельефа, типами почв, водами, недрами, разнообразием растительного и животного мира. В условиях развития экономики и производства земельные ресурсы стали главным средством производства и основным объектом социально-экономических связей, а также территориальную основу жизнедеятельности общества в целом. В свою очередь, земля рассматривается как объект недвижимости в том случае, если определен конкретный земельный участок. Земельный участок, находящийся в пользовании физического или юридического лица или группы лиц, имеющий конкретные границы и местоположение, образует землепользование (землевладение) [6]. Таким образом, главная сущность земельно-имущественного комплекса, как объекта недвижимого имущества, заключается в триединстве материальной (физической), правовой и экономической сред.

Земельные ресурсы занимают одну из главных ролей в устойчивом развитии экономики страны в современном мире. На основании материалов статистики, около 97% природных ресурсов, находящихся на территории РФ,

признаны национальным богатством, а 76% из них являются валовым внутренним продуктом. Кроме того, земельно-имущественный комплекс, представленный огромным природно-ресурсным потенциалом страны, находится на 95% в государственной собственности [9]. Поэтому надежная система управления земельно-имущественным комплексом, отвечающая принципам эффективной работы в современных рыночных условиях, а также принципам рационального использования уникального природного ресурса в целом, является основной задачей государственного управления.

Согласно материалам исследователей, площадь РФ составляет 13% всей сухопутной территории планеты, что свидетельствует об огромном разнообразии запасов природно-минеральных, а также земельных ресурсов [1].

Согласно Сведениям о наличии и распределении земель в Российской Федерации (в целом по РФ), земельный фонд страны в по данным на 01.01.2018 составляет около 1710 млн. га [10]. Распределение земельного фонда РФ по категориям земель представлено на Рисунке 2.

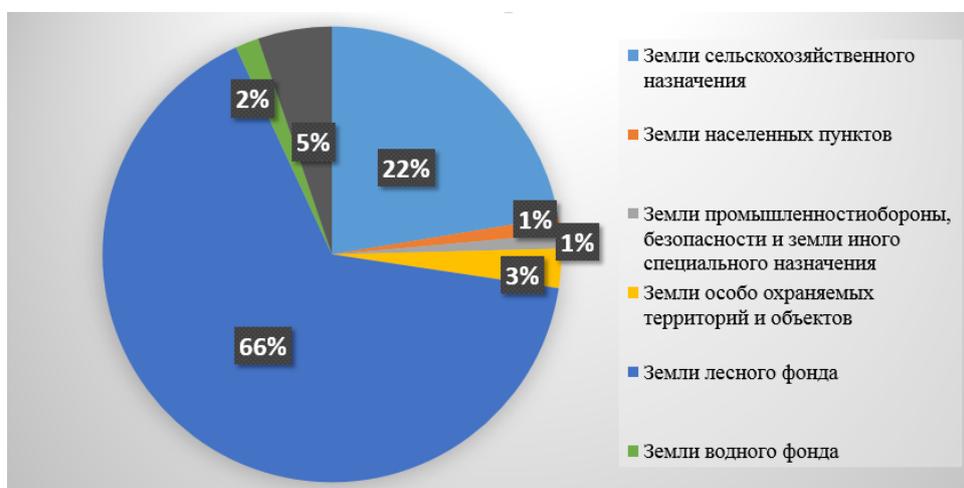


Рисунок 2 – Распределение земельного фонда России по состоянию на 01.01.2018

Около 70% территории страны расположены в условиях низкой комфортности проживания, а также практически не пригодны для земледелия [1]. Роль земельных ресурсов неодинаков в разных сферах жизнедеятельности. Возрастает необходимость усиления участия земельных ресурсов формировании

не только экономических основ, но и в обеспечении условий устойчивого развития территорий. При этом роль земли в создании таких условий разнообразна и многофункциональна. Значение земельных ресурсов для устойчивого развития территории обозначены в разрезе шести групп факторов: социальные, экономические, демографические, пространственные, правовые и экологические, и представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Факторы устойчивого развития территории

| Сферы | Факторы устойчивого развития | | |
|------------------|---|--|---|
| Социальные | Обеспечение земель для строительства и реконструкции жилья | Размещение объектов капитального строительства сферы социального, культурно-бытового обслуживания населения | Формирование условий труда и отдыха сельских жителей, повышение благосостояния и уровня жизни |
| Экономические | Доходы в бюджет, связанные с продажей на торгах прав собственности, аренды земельного участка | Размещение сельскохозяйственных угодий, объектов животноводства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции | Развитие малых форм предпринимательской деятельности |
| Демографические | Приобретение гражданами прав на земельный участок для ИЖС | Обеспечение реализации государственных целевых программ по предоставлению земель многодетным семьям | Повышение оснащенности территорий, снижение уровня оттока населения |
| Пространственные | Формирование и трансформация системы расселения | Образование земельной ренты | Влияние потенциала развития урбанизированных территорий |
| Правовые | Реализация полномочий органов власти в сфере земельно-имущественных отношений | Предоставление земельных участков, в том числе относящихся к неразграниченной государственной собственности | Ведение земельного контроля |
| Экологические | Создание природно-экологического каркаса, сохранение баланса экологической ситуации | Оптимизация антропогенной нагрузки на территорию, образование зон с особым режимом землепользования | Восстановление лесов, плодородия почв, нарушенного при строительстве объектов инфраструктуры |

Предпосылки устойчивого самостоятельного развития территорий создаются, прежде всего, собственными финансовыми ресурсами, которые можно получить в границах административной территории. Земельный потенциал территории – самое главное и ценное у страны и мира. Все предприятия, полезные ископаемые, водные и иные ресурсы находятся внутри или на земельных ресурсах. Земельный фонд является пространственной базой для жизнедеятельности общества, а также основой для развития устойчивого развития территорий и экономики страны. Главной задачей человечества является сохранение земельного фонда в нормальных условиях, не загрязняя его.

1.3 Актуальные проблемы в сфере управления земельными ресурсами

Система управления земельными ресурсами в сфере сельскохозяйственного производства включает в себя ряд научных подкатегорий, которые требуют отдельного изучения. В виду возникновения отдельных аспектов управления земельными ресурсами в различное время, наблюдается их неодинаковая степень изученности. Так, вопросы управления земельными ресурсами, а также их рациональное использование в сельском хозяйстве освещены в трудах следующих ученых: В. В. Докучаев, С. Н. Волков [11], Варламов А.А. [12], В. П. Герасименко, М. В. Гончаров и др.

Население Земли последовательно в течение нескольких тысячелетий увеличивало площади обрабатываемых земель, которые пригодны для сельскохозяйственной деятельности. Однако, наравне с увеличением числа обрабатываемых земель происходит их деградация. В результате развития негативных природных процессов и явлений таких как эрозия, заболачивание, засоление, засуха, плоскостной смыв почв, опустынивание и иные, из сельскохозяйственного оборота ежегодно уходят огромные площади земель (несколько миллионов гектар) [13]. Представленные природные явления несут в себе ряд последствий, который негативно сказываются на оптимальной

жизнедеятельности и развитии общества, вплоть до развития глобальных экологических проблем.

В настоящее время практически все резервы по увеличению сельскохозяйственной продукции в мире исчерпаны. В условиях увеличения численности населения мира наблюдается прекращение роста площадей пахотных земель, что приводит к острому дефициту продовольствия. Согласно материалам статистики, значительный резерв пахотных земель имеется на территории РФ [13]. Увеличение резервного фонда сельскохозяйственных земель связано с последствиями современной земельной реформы в России.

Первое время после проведения земельной реформы в стране наблюдалась тенденция сокращения сельскохозяйственных земель ввиду активного вывода земель из оборота. Реорганизация сельскохозяйственных предприятий, а также формирования фонда перераспределения земель стали одной из причин данной тенденции в РФ. Согласно статистике, продуктивные сельскохозяйственные земли Томской области сократились более чем на четверть с 2001 года (с 489 тыс. га до 356 тыс. га). Кроме того, за период с 1991 года посевные площади в Томской области в общей сложности сократились на 40%. В почвенно-климатических условиях западносибирского региона тенденция сокращения продуктивных сельскохозяйственных земель ведет к активному их активному зарастанию древесно-кустарниковой растительностью, образуется дерн. В следствие этого, с каждым годом будет требоваться все больше и больше финансовых, трудовых ресурсов для введение данных земель в оборот. Технологии введения залежных земель в оборот достаточно затратные. На территории Томской области плодородные участки сельскохозяйственных земель представляют большой интерес и обрабатываются в первую очередь, следовательно, процессам зарастания древесно-кустарниковой растительностью более подвержены земли с низким баллом бонитета.

Многие ученые полагают, что роль управления земельными ресурсами одна из самых главных в осуществлении земельной политики, а также причинами современных проблем, сложившихся в области управления земельными

ресурсами, является ослабление функций органов власти в планировании, рациональном использовании и охраны земель [12]. Увеличивается важность вмешательства государственных органов в процессы преобразований на рынке земельных ресурсов.

Современный этап развития рынка земельно-имущественных отношений требует теоретического обоснования отдельных аспектов управления земельными ресурсами, а также эффективное развитие практической деятельности в данной области. Одним из важнейших аспектов в управлении земельными ресурсами в настоящее время является принцип комплексности, который предполагает всесторонний охват комплекса управленческой системы, а также учет входящих в нее объектов, их деятельности и особенностей. Именно в сфере управления земельными ресурсами, как уникальным и сложным объектом собственности, недвижимости и купли-продажи, который одновременно обладает физико-химическими, экономическими и биологическими свойствами, целесообразно и актуально применять системный подход [14]. Важными составляющими системы управления земельными ресурсами являются такие функции современного менеджмента, как регулирование, организация, планирование, контроль, анализ, координация, стимулирование и др. перечисленные функции позволяют рационально использовать земельные ресурсы, учитывая всю специфику, а также сложность объекта. Принятие решений в области управления достигается с использованием методов и приемов прогнозирования ситуации, а также моделирования. Реализация принятых решений, в свою очередь, отражается в реализации основных функций управления [14].

Реализация методов системного подхода в управлении земельными ресурсами возможна благодаря активному внедрению в процессы средств ГИС. Использование геоинформационных технологий и методов в исследованиях, основанных на моделировании были изучены в работах следующих ученых: А. М. Берлянт [15], И. К. Лурье, В. С., Тикунов [16], В. Я. Цветкова и др. Целью создания и внедрения данного подхода является повышение уровня эффективности использования земельных ресурсов, обеспечивая при этом

оперативность принятия управленческих решений для устойчивого развития территорий, а также совершенствование технологий, ужесточение контроля за использованием ресурсов и соблюдением экологических требований. Именно применение системного подхода в сфере управления земельными ресурсами с использованием геоинформационных технологий позволит добиться устойчивого развития территорий в РФ.

В настоящее время в Белгородской области разработан и активно внедряется в сферу управления земельными ресурсами программный комплекс, который состоит из цифровой планово-картографической основы, базы данных по земельным ресурсам, включающей характеристику угодий, почв, агрохимических показателей и пр., а также комплекс программных продуктов для обработки данных. Разработанная система включает в себя основные функции, которые позволяют рационально использовать земли, оптимизируя их структуру и управлять информационной базой, планируя и учитывая необходимые работы, а также обмениваться информацией со внешними системами. Для полноценного существования и развития данной системы необходимо использование земельно-информационных систем, которые представлены базовыми цифровыми картами. Земельно-информационные системы наполнены атрибутивными слоями, содержащими информацию о земельном покрытии, рельефе местности, отметках высот, населенных пунктах, объектах гидрографии и растительности. Перечисленная атрибутивная информация несет в себе важность при определении пространственного распределения заболеваний культур, динамики распространения вредителей, урожайности с учетом особенностей обработки почв.

Для заполнения информационной базы в настоящее время существует два источника данных: данные дистанционного зондирования земли и данные, полученные с помощью беспилотного летательного аппарата. Данные спутниковых съемок применимы для принятия решений в области общих задач в рамках отслеживания динамики развития сельскохозяйственных земель, а также архивные материалы применимы при статистическом анализе и прогнозировании

развития процессов. В свою очередь, данные беспилотных технологий, позволяют решать задач в области оперативного отслеживания динамики роста отдельных сельскохозяйственных культур в рамках одного землепользования. Кроме того, материалы, полученные в разное время года, дают возможность контролировать распространение снежного покрова и сельскохозяйственных паров. С использованием единой базы на основе цифровых земельно-информационных систем у пользователей появится возможность оперативно производить необходимые расчеты на основе растровых и векторных актуализированных данных, а также принимать решения в области управления земельными ресурсами с использованием моделирования местности. Применение всех аскетов в комплексе позволит в полной мере применять системный подход к управлению земельными ресурсами в области сельскохозяйственной деятельности. Кроме того, геоинформационные системы в комплексе с беспилотными технологиями позволяют осуществлять как своевременный мониторинг состояния сельскохозяйственных угодий, так и проводить оценку урожаев, анализ последствий неблагоприятных ситуаций, а также разрабатывать прогнозы.

Эффективная управленческая деятельность в сфере земельных ресурсов, которая ведет к устойчивому развитию территорий, требует активного использования системного подхода, основанного на применении геоинформационных технологий, а также комплекса исследований, базирующихся на методах моделирования местности. Ввиду почвенно-климатических особенностей западносибирского региона, которые могут привести к активному сокращению продуктивных земель, в Томской области особенно остро стоит необходимость внедрения системного подхода в управлении сельскохозяйственными землями. Именно развитие комплексности, основанной на современных технологиях ГИС и методах моделирования позволят повысить уровень эффективности использования земельных ресурсов, обеспечивая при этом оперативность принятия управленческих решений, а также предотвратить развитие и образование негативных природных явлений на территории продуктивных угодий.

2 Основы моделирования поверхности

2.1 Основные подходы к моделированию местности

В последние несколько десятилетий значительный прогресс в развитии способов и средств исследования поверхности Земли привел к модернизации основных методов построения моделей местности, которые все чаще используются при проведении научных исследований в различных областях жизнедеятельности.

Геоинформационные системы в настоящее время представляют собой основу для реализации методов пространственного анализа, что способствует увеличению спектра использования и активному внедрению ГИС-программ в научно-исследовательскую деятельность. Широкие возможности их использования позволяют пользователям создавать цифровые модели максимально приближенные к действительной поверхности рельефа.

Цифровой моделью местности (ЦММ) является совокупность точек, характеризующаяся известными трехмерными координатами, которая используется для приближения исследуемой территории с объектами, а также природными характеристиками и условиями. Кодовые обозначения совокупности точек применяют для описания и характеристики связей между соответствующими точками модели [17]. Однако, общая ЦММ представляет собой многослойную модель, состоящую из сочетания частных цифровых моделей, т.е. слоев. В зависимости от назначения такой модели выделяют следующие составляющие ее слои: рельеф, ситуационные особенности местности, почвенно-грунтовые, гидрогеологические, инженерно-геологические условия, технико-экономические показатели и иные характеристики территории исследования.

В работе Накамура Х. [18] определены значения ЦММ в зависимости от страны использования. В некоторых странах ЦММ – синоним ЦМР – поверхность возвышения, которая представляет чистую землю, привязанную к общему вертикальному элементу [18]. Однако в США ЦМР представляет собой

векторный набор данных, который состоит из регулярно расположенных точек и природных элементов (гребни и линии разрыва). В свою очередь, ЦМР дополняет матрицу высот, включая отдельные характеристики поверхности земли. На территории РФ создание ЦММ регулируется нормами ГОСТ Р 52440-2005 [19], который устанавливает требования к содержанию и представлению пространственных данных в составе цифровых моделей, а также общие требования к процессу их создания. Согласно ГОСТ Р 52440-2005, ЦММ предназначена для создания картографической базы пространственной привязки геоданных, получаемых в ходе выполнения инженерно-изыскательных исследований, земельно-кадастровых работ, межевания, статистических изучений, других специальных работ и обследований [19].

Существующие в настоящее время, а также разрабатываемые цифровые модели местности можно разделить по следующим признакам: по назначению, по способу получения информации о рельефе, по их структуре, методу восстановления высот, по пространственному размещению опорных точек и пр. Именно эти признаки легли в основу классификации ЦММ. Значительное количество исследований в области разработки видов ЦМР было произведено Иванниковым А.Д. [20], Шварцфельд В.С. [21], Цветковым В.Я. [22]. Все цифровые модели местности разделяют на следующие группы:

1. Регулярные. Регулярная сеть высотных отметок – матрица высот, образуется при разделении пространства растровой модели рельефа на неделимые элементы, т.е. пиксели.

В узлах сети регулярной модели местности расположены опорные точки. Расстояние между данными точками может быть постоянным, тогда модель именуется равномерной, и не постоянным, тогда модель, соответственно, неравномерной. Ввиду того, что плановые координаты любой точки определяются ее положением на сети, а также алгоритмом вычислений, такое свойство сети, как регулярность, позволяет пользователям задавать и выбирать необходимые точки без трудоемких вычислительных операций. Однако, регулярные сети цифровых моделей рельефа не предполагают учет

структурных особенностей рельефа местности. При линейной интерполяции для создания регулярной модели важно учитывать плотность сетки высот, путем определения шага сетки и количества опорных точек, необходимых для ее построения. Благодаря увеличению плотности информации в несколько раз пользователь регулирует необходимую точность получения модели рельефа в зависимости от степени его расчлененности. Чем меньше выбранный шаг, тем точнее ЦМР, соответственно, выше ее пространственное разрешение. Однако увеличение шага сетки предполагает увеличение количества узлов, что потребует большего временного ресурса на построение модели.

Регулярные модели создают путем размещения точек в узлах геометрических сеток различной формы (треугольных, прямоугольных, шестиугольных), накладываемых на аппроксимируемую поверхность с заданным шагом [23]. На практике чаще всего используют ЦМР с размещением исходных точек в узлах сеток квадратов или равносторонних треугольников, где определены высотные отметки (Рисунок 3,4).



Рисунок 3 – Увеличенный фрагмент модели рельефа показывающий растровую структуру модели

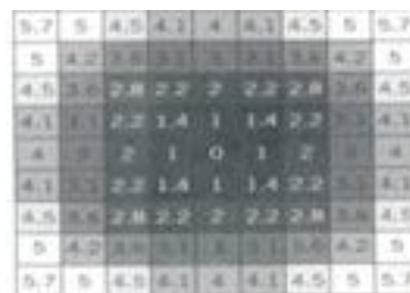


Рисунок 4 – Отображение регулярной модели сети высот на плоскости [23]

Наиболее часто используют регулярные модели при проектировании вертикальной планировки улиц, площадей и иных объектов инженерного обустройства на участках с равнинным рельефом, так как объекты исследования демонстрируются с высотой над уровнем Земли.

Преимуществом данной цифровой модели является ее растровая структура, которая позволяет «сглаживать» моделируемую поверхность, избегая

резких граней и выступов. Кроме того, благодаря этому данная цифровая модель удобна и быстра в процессах обработки.

2. Нерегулярные. Наиболее широкое распространение на практике получила треугольная сеть неправильной формы – модель TIN. Хромых В.В. утверждает, что модель TIN, как один из простых способов создания поверхностей на основании неравномерно расположенных точек, впервые активно стала использоваться в начале 1970-х гг. [24]. В случае соответствия узлам и ребрам сети исходных, а также производных атрибутов, чаще всего при цифровом моделировании применяют модель TIN. При создании данной модели отдельно расположенные точки соединяются линиями, которые, в свою очередь, образуют треугольники, (Рисунок 5) [24]. Обычно в пределах каждого треугольника поверхность представляется плоскостью. Так как поверхность каждого треугольника задана высотами трех его вершин, использование треугольников обеспечивает каждому участку мозаичной поверхности точное прилегание к смежным участкам благодаря этому пользователь может наблюдать непрерывность поверхности при нерегулярном расположении точек (Рисунок 6).



Рисунок 5 – Условие триангуляции Делоне [24]

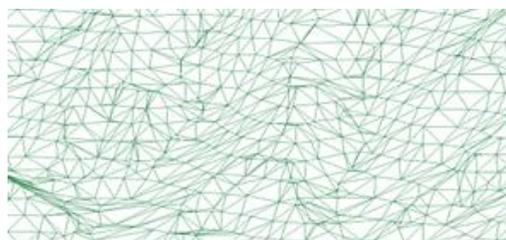


Рисунок 6 – Увеличенный фрагмент модели рельефа, показывающий треугольную структуру модели TIN

Триангуляция Делоне является основным методом расчета TIN ввиду наличия более подходящих свойств: наименьший индекс гармоничности; свойства максимальности минимального угла (наибольшей невырожденности треугольников) и минимальности площади образуемой многогранной поверхности. Как правило, нерегулярные модели применяют для

автоматизированного проектирования различных объектов строительства. Одним из недостатков модели TIN являются большие временные затраты на обработку данных, что, в свою очередь, приводит к значительному замедлению отображения цифровой модели рельефа, а также дальнейшей работы с ней.

Оценка качества источников данных о рельефе и точности исходных материалов, выбор пространственной модели для их описания и методов ее построения, а также дальнейшая ее верификация являются традиционными вопросами, которые входят в процесс создания ЦММ. Одна из важнейших характеристик модели – точность, оценивается либо по соответствию ее «условно-истинному оригиналу», либо в зависимости от задач, решаемых в процессе эксплуатации цифровой модели [25, 26]. Главным критерием соответствия «условно-истинному оригиналу модели» являются пороговые значения среднеквадратических погрешностей измерений, а также соответствие стандартам качества.

В первую очередь, построенная цифровая модель должна быть достоверной по высотам, отмечает в своих трудах С. М. Кошель [27]. Для определения значений высоты любой точки модели необходимо проводить нелинейную интерполяцию с учетом характерных особенностей рельефа исследуемой местности. Другим важным требованием при оценке качества созданной цифровой модели является соответствие модельных элементов реальным элементам рельефа, т.е. ее топологическая достоверность. На созданной модели не должны присутствовать структурные элементы рельефа, которые не соответствуют действительности.

Таким образом, возможность вычисления высоты (отметки) произвольной точки пространства в области моделирования по ее заданным плановым координатам дает возможность решать множество задач в процессе построения моделей. Моделирование рельефа с использованием современных технологий и средств обработки данных позволяет не только графически отображать рельеф с целью его качественного анализа, но и дает возможность количественно решать различные инженерные задачи (подсчет объемов работ, расстояний и пр.).

2.2 Эволюционное развитие методов моделирования

Изображение рельефа на картах является самой древней и неизменно актуальной проблемой картографии. Отображение рельефа местности издавна интересовало людей. На древнейших картах крупные формы рельефа (горы, холмы, озера, реки и пр.) отображались как неотъемлемая составляющая ландшафта и служили элементами ориентирования.

Одним из первых способов отображения рельефа послужили перспективные знаки, которые отображали горы и холмы. Перспективный способ штриховой прорисовкой представлен на Рисунке 7.

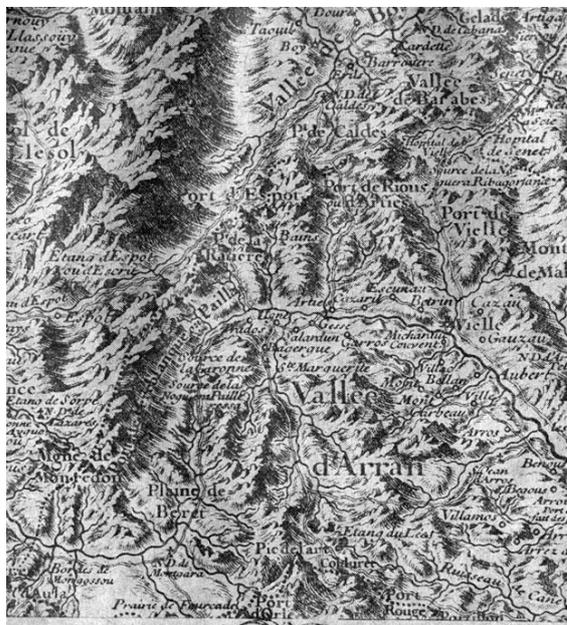


Рисунок 7 – Перспективное изображение рельефа. Фрагмент карты Пиренейских гор (Руссель, 1730 г., масштаб 1: 320 000) [28]

Именно с этого периода началось активное развитие новых и более сложных способов отображения рельефа местности на картах. Впервые в Швейцарии в 1799 г. для оформления пластики рельефа был применен цвет на Атласе кампании российских войск.

Появление ЦММ связано с развитием и внедрением вычислительной техники в сферу проектирования, которая поспособствовала отказу от немашинных методов обработки топографической информации. Благодаря

данному событию, пользователи стали получать данные более высокой точности по сравнению с традиционными картами и планами. Кроме того, появилась возможность многоцелевого и многократного использования данных для решения различного рода инженерных и проектных задач. А также появилась возможность менее трудоемкого преобразования данных к любому виду окончательной документации, быстрота поиска нужного фрагмента в большом информационном массиве и иные.

Самые ранние этапы развития геоинформатики и автоматизированной картографии первой половины 1960-х гг. связаны с первыми экспериментами по созданию ЦМР. В 1961 г. на кафедре картографии Военно-инженерной академии была изготовлена одна из первых цифровых моделей рельефа местности [28]. Активное развитие получило применение ЦМР именно для военных задач.

Сам термин ЦМР был введен лишь в 1970-х для целей отличия простейшей формы моделирования рельефа от более сложных типов электронного представления поверхности [28]. Изначально данный термин употреблялся исключительно в отношении растровых данных. С течением времени развивались не только методы и алгоритмы построения рельефа местности, но и средства моделирования и программные продукты. Однако, на построение одной цифровой модели уходило до нескольких месяцев.

В настоящее время современные беспилотные летательные аппараты способны собирать необходимый объем данных, анализировать его до мельчайших деталей, а также строить визуальный макет в более эффективные сроки. Кроме того, даже самые труднодоступные и обширные территории Земли возможно просматривать и преобразовывать в модель с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), оснащенных самым современным оборудованием.

Проблемам развития дистанционного зондирования, а также вопросам отображения земной поверхности уделили внимание в своих трудах следующие отечественные ученые: А. В. Антипова, Е. С. Бойко, А. В. Григорьева, Ю. Н.

Корнилова, Е. М. Медведева, С. Р. Мельникова, А. И. Науменко, В. И. Павлова, В. А. Середовича, А. Л. Слепченко [29-33]. Кроме того, стоит отметить вклад зарубежных исследователей: Питера Аксельсона, Иммануэля Балцавиаса, Анджея Борковского и др. [34, 35]. Однако, вопросы оценки качества созданных цифровых моделей местности остались нерешенными, несмотря на степень изученности данной сферы.

Исходные данные для формирования ЦМР могут быть получены с помощью наземных исследований, по существующим картографическим материалам – оцифровкой горизонталей, по стереопарам снимков, а также в результате геодезических измерений или лазерного сканирования местности. Перечисленные методы сбора данных сравнивают по основным аспектам:

1. Стоимость проведения работ.
2. Точность выходных данных.
3. Плотность отбора проб.
4. Требования к предварительной обработке.

Традиционно, исходная информация о рельефе местности собиралась благодаря проведению тахеометрической съемке с последующей полуавтоматической оцифровкой стереоплоттерами. Проведение тахеометрической съемки с использованием современного оборудования (электронные тахометры и пр.), позволяющего в режиме реального времени автоматизировано выводить пользователю полевые данные, является наиболее эффективной. Данный способ считается самым точным, но в тоже время самым дорогостоящим.

В настоящее время активно используют автоматическое сопоставление стереоизображений, а также использование материалов лазерного сканирования, дистанционного зондирования, либо стереоскопическое перекрытие (SPOT, ASTER), либо интерферометрические фото. Бортовая и космическая интерферометрическая радиолокационная система, которую используют для получения данных о земном покрове, является одним из

высокоэффективных и современных методов получения исходных данных для построения моделей.

Не смотря на разнообразие способ получения исходных данных, целесообразно использовать те, которые позволяют работать с информацией в электронном виде, что в значительной степени позволит ускорить процесс построения модели.

В настоящее время для решения конкретных задач моделирования рельефа на дронах устанавливают различные типы радаров, видеокамер и иных специальных инструментов для целей сбора требуемой информации. Данная передовая технология в сочетании с самым быстрым программным обеспечением способствуют достижению наилучшего результата в кратчайшие сроки.

В 2016 году Японский технологический центр дистанционного зондирования – глобальная компания по информационно-техническим решениям NTT DATA и RESTEC, сообщили, что их сервис глобальных цифровых трехмерных карт, называемый AW3D, является первым пятиметровым сервисом трехмерной модели рельефа с охватом всего земного шара, включая Антарктиду. Сервис работает на основе трех миллионов изображений, полученных с помощью спутников DAICHI и модернизированных спутников наблюдения Земли (ALOS) из Японского аэрокосмического Exploration агентства(JAXA) [36]. Кроме того, в феврале 2014 года NTT DATA и RESTEC запустили сервис 3D цифровых карт с ограниченным покрытием. Эта услуга представляет собой значительное улучшение по сравнению с существующими службами, которые предлагают разрешения только 30 и 90 метров.

Активно развивается в настоящее время моделирование рельефа на основе нейронных сетей. Приближение различных непрерывных функций (аппроксимирование) при бесконечно сложной структуре нейрона и сохранении точности результата – одно из применений нейронных сетей в настоящее время. Именно это дает возможность применять искусственные нейронные сети для

математического моделирования рельефа местности. Нейросети способны в автоматическом режиме идентифицировать отдельные объекты ситуации в большой информационном массиве, а также выводить необходимые характеристики.

Использование на практике высокоэффективных технологий на всех стадиях выполнения проекта отвечает современным требованиям к качеству, а также оперативности получения результатов проектирования в различных сферах. Разработка нескольких вариантов проектных решений в совокупности с детальной проработкой отдельных аспектов, а также наличие экономической и экологической оценок результатов определяют вышесказанные требования. Последние 15 лет развития методов сбора, обработки, представления и использования топографо-геодезической информации можно охарактеризовать одним словом – «революция». В массовое производство пошла современное электронное инженерно-геодезическое оборудование, а также все шире применяются технологии наземного и воздушного лазерного сканирования.

2.3 Обзор программного обеспечения для моделирования поверхностей

С появлением вычислительной техники в области автоматизации проектирования появилась возможность автоматизировать наиболее рутинные операции проектирования – аналитические вычисления. Для положительного результата проведения исследования необходим комплексный и всесторонний охват деятельности. Именно поэтому для достижения поставленной цели был использован целый комплекс специализированных программных продуктов, таких как Justin, Agisoft PhotoScan, MicroStation/ TerraScan, QGIS, IndorCAD/Торо, иные. Большинство из перечисленных программных продуктов являются коммерческим ПО и находятся в ограниченном доступе.

Постоянно развивающиеся ГИС-технологии в настоящее время позволяют значительно упростить процесс получения необходимого картографического материала для исследования. Большинство общедоступных

ГИС на сегодняшний день содержат методики построения цифровых моделей рельефа (ЦМР), на основе которых проводится расчет различных морфометрических показателей. В качестве исходных данных для построения цифровой модели местности можно использовать данные инженерно-геодезических изысканий, растровые (сканированные) карты и планы, карты из интернета, файлы DWG, а также данные о местности, полученные из других программных продуктов через обменные форматы файлов.

Технология создания трехмерных моделей на основе цифровых фотографий широко распространена в настоящее время, а также реализована в программных продуктах Agisoft PhotoScan. Для целей создания трёхмерных моделей данное ПО позволяет использовать фотоснимки, полученные любыми фотокамерами с различных ракурсов, но при условии видимости каждого элемента сцены как минимум с двух разных позиций съемки. Данный процесс не только полностью автоматизирован, но и позволяет пользователям производить измерения расстояний, площадей и объемов с заданным масштабом по результатам обработки данных.

Процесс создания цифровых моделей в ПО Agisoft PhotoScan разделен на следующие этапы:

1. Выравнивание камер. Этап включает определение параметров внешнего и внутреннего ориентирования камер в результате распознавания общих точек на фотографиях. К числу таких параметров относят: положение, ориентацию, внутреннюю геометрию камер (фокусное расстояние, параметры дисторсии и т.п.). конечным результатом данного этапа построения цифровой модели является создание разреженного облака точек в трехмерном пространстве, а также определение положений фотоснимков и их ориентации (Рисунок 8).

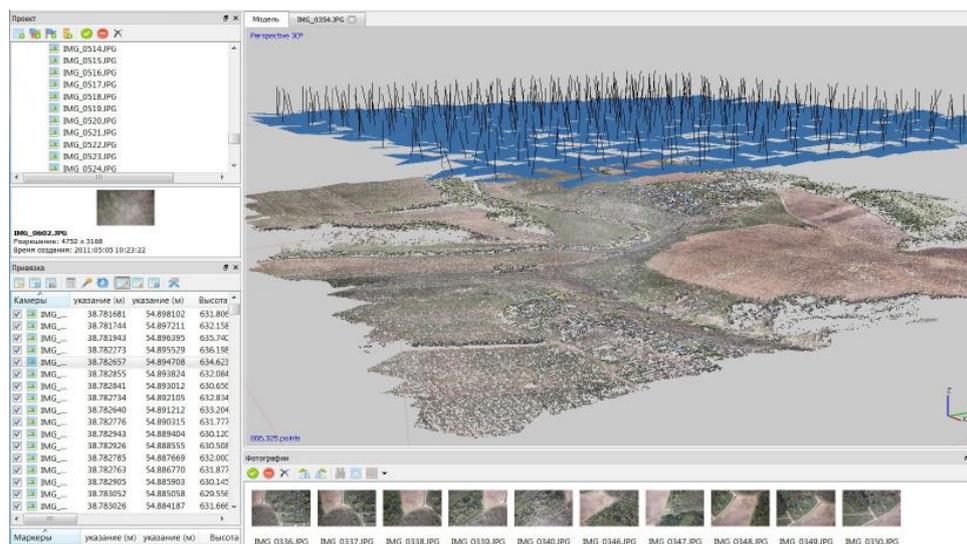


Рисунок 8 – Определение положения камер и построение разреженного облака точек на основании фотографий в PhotoScan

Полученное в результате первого этапа разреженное облака служит для визуальной оценки качества выравнивания фотоснимков и в дальнейшей обработке не участвует.

2. Создание плотного облака точек. Построение плотного облака точек происходит на основании рассчитанных значений положений камер и их ориентации с использованием исходных фотоснимков в ПО Agisoft PhotoScan. На данном этапе предполагается классификация и редактирование плотного облака перед его дальнейшим использованием.

3. Создание полигональной модели объекта. Полигональная модель описывает форму объекта, используя данные плотного облака точек. В ПО PhotoScan существует два основных алгоритма создания полигональной модели:

- 1) карта высот – для плоских поверхностей (таких как ландшафт или барельеф);
- 2) произвольный – для любых типов поверхностей.

Программное обеспечение, выпущенное крупными производителями лазерных сканеров таких, как Leica, FARO, Riegl, Trimble, позволяет решать не только стандартные задачи (импорт, экспорт) при управлении полученных в

результате съемки данных, но и выполнять их первичную обработку (уравнивания, фильтрация, построение поверхностей и пр.), а также просматривать данные [37]. Полученные облака точек и поверхности экспортируются в общепринятые форматы обмена данными (LAS, XYZ и пр.) и используются для постобработки в сторонних программах.

Кроме того, производители лазерных сканеров разрабатывают плагины для крупных САПР (AutoCAD, Revit, MicroStation), которые дают возможность пользователям работать с облаками точек в дружественном интерфейсе и используя привычные инструменты САПР. Данные плагины обладают более широким спектром инструментов, а также позволяют распознавать трехмерные объекты (линии, трубопроводы и пр.), строить профили и выполнять классификацию. В зависимости от способа съемки (наземный, мобильный, воздушный) определяют инструменты обработки, масштаб, а также объем данных.

Максимальная детализация объекта исследования, которая позволяет принимать ряд решений дистанционно на основании материалов съемки, что в свою очередь экономит как временные, так и экономические ресурсы – является главным преимуществом лазерного сканирования [38].

Цифровая модель рельефа (ЦМР) представляет цельную модель участка земной поверхности в виде триангуляционной сети. Понятия «рельеф» и «земная поверхность» являются синонимами в контексте лазерного сканирования. Цифровой моделью местности (ЦММ) является модель местности, которая включает в себя и объекты ситуации [37].

Профессиональная деятельность компании Terrasolid ориентирована на обработку данных мобильного и воздушного лазерного сканирования. Данная компания занимается изысканиями с 1995 г., а официально зарегистрирована в 2012 г. в Финляндии [37]. В настоящее время компания Terrasolid активно разрабатывает и внедряет программное обеспечение, которое включает в себя множество MDL-плагинов для платформы Bentley Microstation с приставкой «Terra» в названии. Плагин TerraScan в частности используют для

классификации и моделирования поверхностей на основе данных лазерных изысканий; TerraMatch – для уравнивания фрагментов съёмки. В целом, программный комплекс Terrasolid дает пользователям возможность обрабатывать большие объемы реальных данных лазерного сканирования. Одним из недостатков данного ПО является его дороговизна, сложный для восприятия графический интерфейс, а также необходимость проведения множества подготовительных действий.

В построении цифровых моделей рельефа местности особую роль занимает MicroStation/TerraScan. MicroStation/TerraScan – специализированное программное решение для обработки облаков точек лазерного сканирования. Программа может легко обработать и отредактировать миллионы точек в оптимальном режиме.

Свои разносторонние инструменты доказывают полезное применение для различных сфер. Так, например, модели городов, автомобильных и железнодорожных протяженных путей и другие. Приложение считывает точки из двоичных или текстовых файлов. Основной функционал MicroStation/TerraScan :просмотр точек трехмерном виде; выделение необходимых классов точек, такие как земля, растительность, здания или провода и пр.; организация огромных облаков точек в проектах; управление информацией о траектории движения; классификация точек в интерактивном режиме; оцифровка объектов путем привязки к лазерным точкам; обнаружение и векторизация объектов, таких как здания, линии электропередач и башни, воздушные провода, дорожные линии перегиба, рельсы; анализ состояния объектов, таких как дорожные покрытия, линии прямой видимости, зоны просвета, опасные объекты для дорог, рельсов и проводов, обнаружение изменений; создание цветных облаков точек; экспорт цветных растровых изображений; вывод группировки точек в текстовые или двоичные файлы и многое другое.

TerraScan полностью интегрирован с MicroStation. Среда САПР предоставляет огромное количество полезных инструментов и возможностей в области управления, визуализации, размещения векторов, маркировки и

построения графиков. От пользователя требуется лишь глубокое понимание программных продуктов, тогда перед ним откроется широкий спектр богатых функций данного ПО.

На завершающем этапе создания векторных карты отличным помощником служит IndorCAD/Торо. Система подготовки топографических планов IndorCAD/Торо предназначена для подготовки топопланов различных масштабов и формирования трёхмерных цифровых моделей местности с целью подсчёта объёмов земляных работ и последующего использования моделей в других программных продуктах.

Система IndorCAD/Торо предлагает богатый набор объектов для описания ситуации на моделируемом участке поверхности. В комплекте с системой поставляется стандартная библиотека условных знаков для топографических планов масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000 и 1:5000 [31]. Объекты ситуации, такие как здания, зелёные насаждения, инженерные коммуникации, водопропускные трубы и др., являются специализированными и обладают характерными параметрами. Кроме того, объекты являются трёхмерными и поэтому не только отображаются на плане соответствующим образом, но и учитываются при построении чертежей, отображаются в сечениях и окне трёхмерной визуализации проекта. Используя возможности IndorCAD/Торо, можно создать полноценную цифровую модель местности для дальнейшего проектирования различных объектов на её основе.

Помимо перечисленных выше доступно и иное различное программное обеспечение для обработки интерполяции точек измерения, включая программное обеспечение, специально адаптированное для измерительных приборов от производителей геодезического оборудования (Zeiss, Leica, Wild, Sokkia, Trimble). Существенный рост мощности вычислительной техники определяет возможность перехода от копирования традиционных технологий к реализации собственно машинных технологий, заменяющих традиционные.

3 Цифровое моделирование местности с использованием геоинформационных систем

3.1 Характеристика объекта исследования

Объектом настоящих исследований являются сельскохозяйственные земли, расположенные на Северо-Востоке России. Именно сельскохозяйственные земли, расположенные на юго-востоке Томской области, стали пилотной территорией для реализации технологий высокоточного земледелия. В простонародье ведение сельского хозяйства в условиях Сибири, принято называть «рисковым земледелием» ввиду характерных климатических и природных особенностей местности.

С точки зрения геоморфологии Томская область, представляет собой всхолмленную равнину, где наблюдается резкие перепады значений высот (значения абсолютных высотных отметок изменяются в пределах от 73 до 195 метров над уровнем моря на территории Томской области) [39, 40].

Кроме того, на территории области широко развиты негативные природные явления, такие как оврагообразование, подтопление, заболачивание, наблюдается активное развитие оползней, многочисленные выходы родников на поверхность, а также широко распространены процессы плоскостного смыва почвы [41, 42].

Исследуемые сельскохозяйственные земли расположены в условиях умеренно-континентального циклического климата, который отличается значительными суточными и годовыми амплитудами температур, а также более длительным зимним периодом Среднегодовая температура здесь равна $-0,5^{\circ}\text{C}$, средняя июля $+18,3^{\circ}\text{C}$, января $-19,1^{\circ}\text{C}$ [39]. Кроме того, на исследуемой территории господствуют ветры юго-западного и южного направлений (Рисунок 9). В начале весны наблюдаются сильные ветра с порывами до 30 м/с.

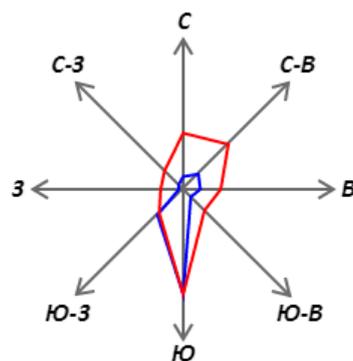


Рисунок 9 – Роза ветров (Томская область, Январь, Июль)

По мимо всего перечисленного, за год солнце в среднем светит на территории Томской области 2048 часа (47 % возможного). Суммарная солнечная радиация (прямая и рассеянная) на вертикальную поверхность при безоблачном небе в период вегетации посевов (в июне) составляет 590 МДж/м², а в Европейской части России на территории Ставропольского края, например, 636 МДж/м², что примерно на 10% меньше.

Исследуемые земли на юго-востоке Томской области имеют сложную транспортную доступность, обладают мелкоконтурностью, перемежением с землями лесного фонда, водоемами, где наблюдается быстрый переход продуктивных угодий в состояние залежи. Кроме того, наблюдается отсутствие регулярной сетки полей, ввиду большой степени залесенности региона, а также просматривается наличие многочисленных отдельных вкраплений в виде деревьев и кустарников (околки) (Приложение Б).

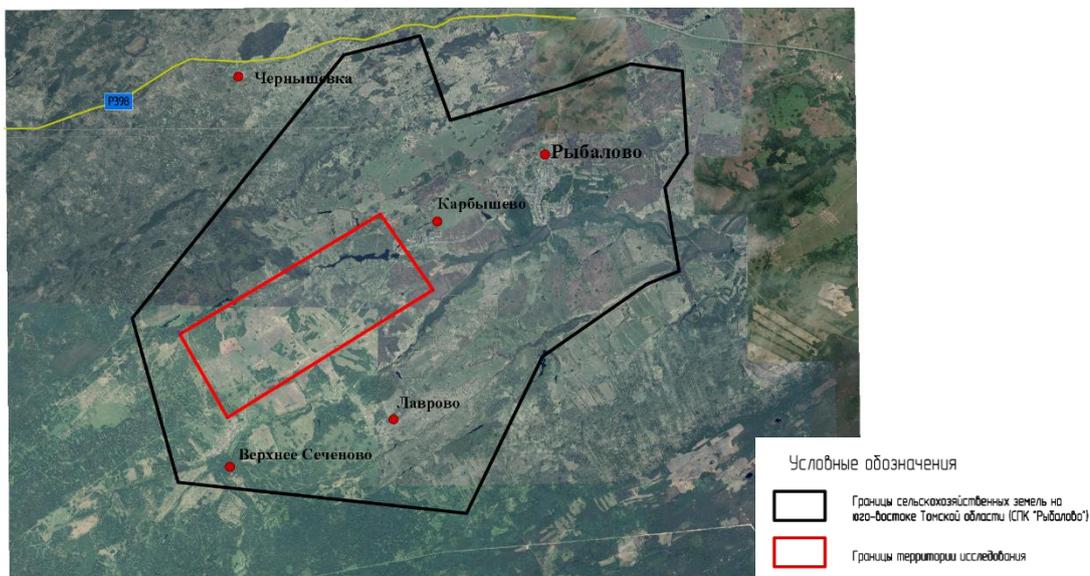


Рисунок 10 – Схема расположения объекта исследования (с. Рыбалово, Томская область)

Степень залесенности сельскохозяйственных угодий возрастает при движении к северной части области. Климатические характеристики северной части отличаются большей суровостью и продолжительностью зимнего сезона. Именно ввиду всех перечисленных выше особенностей Сибири ведение сельского хозяйства и называют «рисковое земледелие».

Сельскохозяйственные земли на территории Томской области, по состоянию на 2018 г., занимают второе место среди всех категорий земель, их площадь составляет 2018,6 тыс. га [43]. Около 34% от всей площади сельскохозяйственных земель на данный момент не включены в оборот и не используются по назначению. Такая негативная ситуация связана с большими финансовыми и техническими затратами на обработку сложных по конфигурации полей, проведения мелиоративных мероприятий, а также с изменением порядка отвода земель.

3.2 Алгоритм усовершенствованной методики моделирования местности как инструмент управления земельными ресурсами

Автоматизированную систему, которая реализует информационную технологию функций проектирования и представляет собой целую организационно-техническую систему для автоматизации процессов проектирования, принято называть системой автоматизированного проектирования (САПР) [44]. Технологии автоматизированного проектирования позволяют решать задачи и выполнять операции, которые возникают на этапах создания и жизненного цикла продукта. Автоматизированный алгоритм основан, в первую очередь, на использовании беспилотных летательных технологиях получения данных о местности, а также на принципе точной классификации облака точек с использованием специализированного программного продукта. Разработанный усовершенствованный алгоритм метода моделирования местности как инструмента управления земельным ресурсами разделен на три больших блока, которые каждый в отдельности содержат элемент технологий автоматизированного проектирования (Рисунок 11).

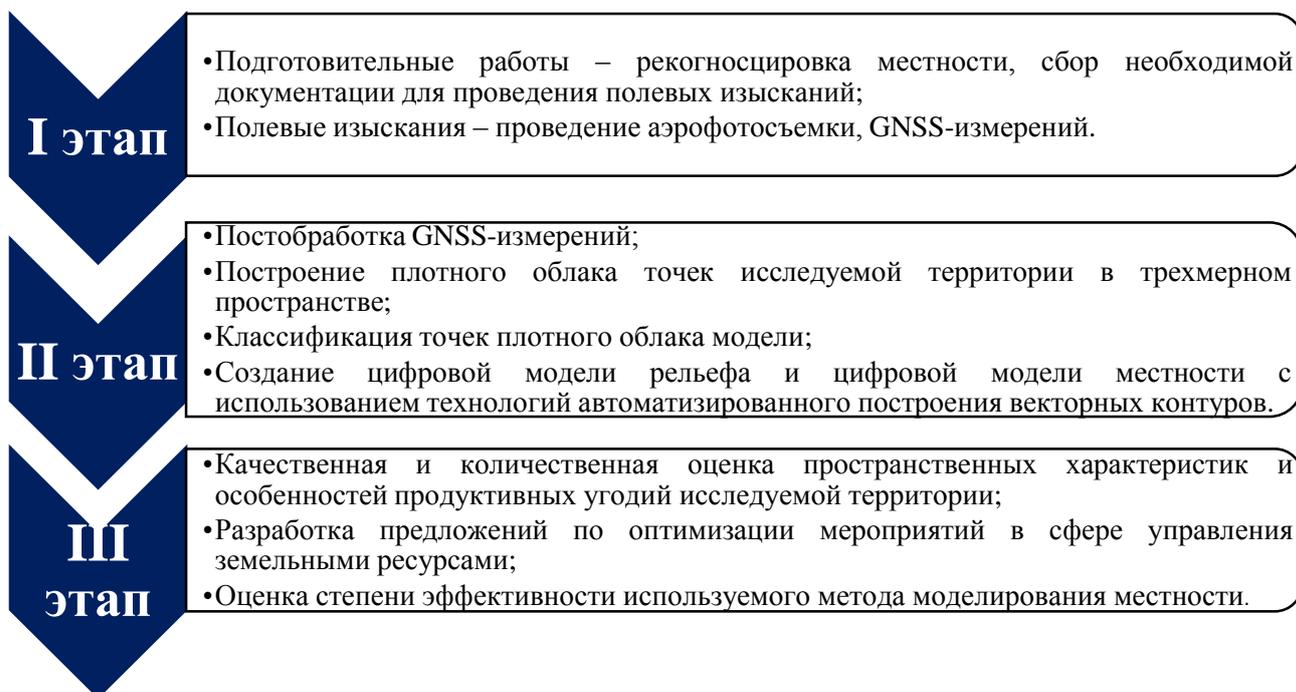


Рисунок 11 – Разработанный усовершенствованный алгоритм метода моделирования местности как инструмента управления земельным ресурсами

Первый этап состоит из подготовительных работ (сбор необходимых разрешений на открытие воздушного пространства) и непосредственно полевых изысканий (аэрофотосъемки, GNSS-измерений). Второй этап представляет собой полностью камеральную работу, которая заключается в постобработке материалов съемки и реализации этапов усовершенствованной методики моделирования местности. Заключительный третий этап носит научно-исследовательский характер и включает проведение оценки результатов и территории исследования по выделенным параметрам, а также разработку предложений и рекомендаций в сфере управления ресурсами.

Началом камеральных работ служит обработка GPS-измерений траектории самолета в ПО «Justin» и привязка полученных аэрофотоснимков к обработанной траектории. Данная привязка необходима для точного координирования ортофотоплана и иных итоговых результатов. В качестве элементов координирования снимков выступили маркеры – специально измеренные твердозакрепленные на местности характерные точки поверхности (линии разметки, километровые столбы, бордюр и иные). После загрузки фотографий и траектории движения беспилотника необходимо определить положение и ориентацию камеры для каждого кадра и построить разреженное облако точек.

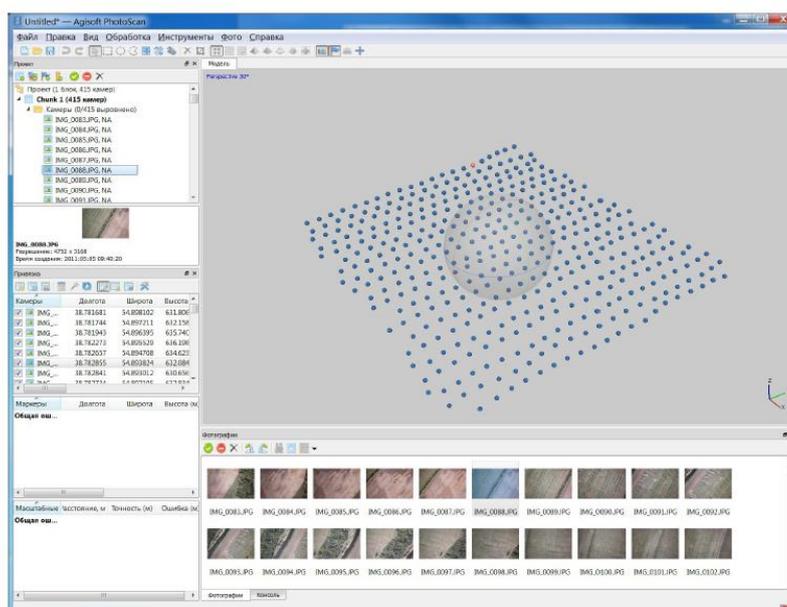


Рисунок 12 – Ориентирование фотоснимков согласно их координатам в PhotoScan

Вышеперечисленные операции выполняются в PhotoScan на этапе выравнивания фотографий и дальнейшей их оптимизации. При просмотре результатов данного процесса необходимо исключить те камеры, значение крена и тангажа которых по модулю составляют более 10. Это необходимо для исключения грубых ошибок при построении ЦМР. Результатом первого этапа разработанного алгоритма являются полученные в процессе проведения аэрофотосъемки исследуемой местности 7507 фотоснимков и 34 GPS-измерения (стопа). Для построения плотного облака точек с учетом оптимизации использовано 6964 фотоснимков.

Вторым этапом алгоритма является построение плотного облака точек и на его основе цифровой модели рельефа. Плотное облако точек строится на основании рассчитанных данных о положениях камер (6964 фотоснимков), а также вычисленных карт глубины для каждой из них. Фрагмент неотклассифицированного плотного облака точек исследуемой территории представлен на Рисунке 13. Для построения ортофотоплана использовано среднее качество плотного облака – 1 018 291 001 точка; а для реализации процессов автоматизированного алгоритма очень низкое качество – 55 569 142 точки).

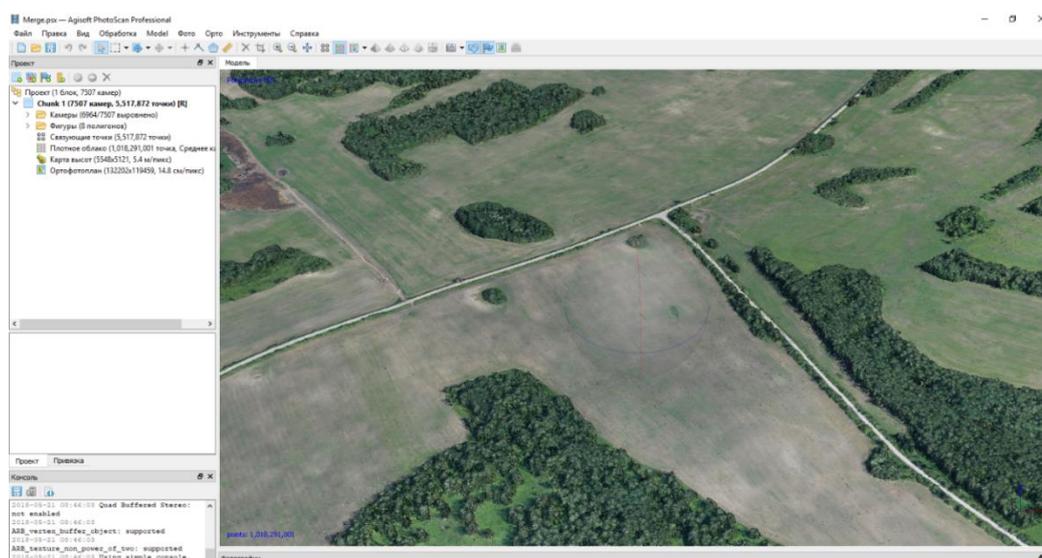


Рисунок 13 – Плотное облако точек в PhotoScan

PhotoScan генерирует очень плотные облака точек: такие же плотные (если не плотнее) как облака точек LIDAR [45]. В процессе обработки плотное облако точек может быть отредактировано и классифицировано, кроме того на основании полученного плотного облака производят дальнейшие преобразования.

Следующим этапом технологий автоматизированного проектирования является классификация плотного облака точек с учетом заданных параметров. При получении неудовлетворительного результата классификации существует возможность ручного редактирования классов точек. На основании классификации плотного облака точек построена карта высот территории исследования, которая представляет собой модель поверхности в виде регулярной сетки значений высоты (Приложение В, Г). По построенной карте высот возможно проведение различного рода измерений таких, как вычисление координат точек, расстояний, площадей, объемов, а также построение контурных линий для модели и профилей по заданным линиям. Завершающим процессом автоматизированного алгоритма является построение ортофотоплана местности.

Результаты второго этапа (камеральная обработка) разработанного усовершенствованного алгоритма метода моделирования местности как инструмента управления земельным ресурсами представлены в Таблице 3.

Таблица 3 – Итоговая таблица результатов камеральной обработки данных мобильного картографического комплекса

| Параметр | Значение |
|--|-----------------------|
| Общая площадь, | 178,6 км ² |
| Площадь исследуемой территории, | 21,75 км ² |
| Высота полета БПЛА | 750 м |
| Фокусное расстояние | 2 см |
| Площадь перекрытия снимков : | |
| продольное | 80% |
| поперечное | 60% |
| Точность GPS-измерений | 0,005 м |
| Точность камер | 0,2 м |
| Количество полетов | 8 полетов |
| Количество маркеров | 34 маркера |
| СКО маркеров | 0,017 м |
| Общее количество снимков | 7507 снимков |
| Количество снимков, использованных для построения модели | 6964 снимка |
| Разрешение снимков | 6000*4000 пикселей |
| СКО снимков | 0,5 м |
| Количество точек плотного облака (среднее качество) | 1 018 291 001 точка |
| Количество точек плотного облака (низкое качество) | 55 569 142 точки |
| Разрешение карты высот | 2,21 м\пикс |
| Разрешение ортофотоплана | 14.8см\пикс |

Ортофотоплан построен на основании данных исходных снимков и реконструированной модели, что, в свою очередь, позволило создать результирующее изображение высокого разрешения. Построение ортофотопланов происходит при необходимости создания детального вида объекта.

3.3 Технологическая схема классификации данных лазерного сканирования

Процесс классификации плотного облака точек является одним из предварительных условий большинства процессов моделирования объектов, именно поэтому и считается одним из основных направлений в области обработки данных, полученных с помощью мобильного картографического комплекса. Классификация облаков, в общем смысле, представляет собой разделение точек на различные рода классы, например, растительность, наземные и строительные классы и пр. [46]. Каждый из этих классов подразумевает наличие уникального параметра, который бы позволил идентифицировать каждый класс в отдельности.

Существует множество методов классификации плотного облака точек, предложенные как зарубежными авторами, так и отечественными. В основе любой классификации лежит выбор и определение подходящего для целей и задач исследования классификатора (параметр, фильтр), на основании значения и допущения которого производится разделение на классы. В качестве указанного фильтра могут выступать: цвет, угол наклона поверхности, уклон местности, расстояние от базовой точки, наличие резких перепадов высотных отметок, типы поверхности (гладкие, шероховатые), наличие «пустот» и пр.

Классификация точек плотного облака позволяет пользователю сделать акцент на необходимые участки сцены, а также указать отдельные классы точек, которые будут использованы в качестве источника данных для дальнейших манипуляций. В разное время разными авторами выделены следующие методики разделения точек плотного облака на классы:

1. Метод наименьших квадратов – Kraus and Pfeifer (1998) отфильтровали деревья в лесных массивах интерполированной поверхностью данных с использованием итеративного алгоритма наименьших квадратов для уменьшения точек над поверхностью.

2. Rottensteiner and Briese (2002) расширили вышеуказанный метод и использовали его для фильтрации зданий.

3. Roggero (2002) классифицировал точки с использованием геометрических дескрипторов, таких как кривизна, анизотропия данных и статические моменты.

4. Axelsson (2000) классифицировал рельеф на основании уплотнения триангулированной нерегулярной сети (TIN).

5. Kilian и др. (1996) впервые использовали морфологическую фильтрацию для выделения точек земли.

6. Восельман (2000) использовал перепады высот между землей для определения оптимальной функции фильтрации и иные [47,48,49].

В работе использована классификация точек, основанная на методе триангулированной нерегулярной сети (TIN), алгоритм которой встроен в модуль ПО «PhotoScan». Автоматическое разделение всех существующих точек на два класса – точки земли и оставшиеся точки. Процесс автоматической классификации точек начинается с выбора локальных низких точек, которые уверенно попадают на землю. Затем модуль фильтрации точек строит модель поверхности (TIN) из исходных точек заземления [50]. Треугольники в этой начальной модели в основном находятся ниже уровня земли, и только вершины касаются земли. В следующих итерациях модуль формирует модель вверх, добавляя все больше и больше точек (Рисунок 14). Каждая добавленная точка делает модель более близкой к истинной поверхности земли.

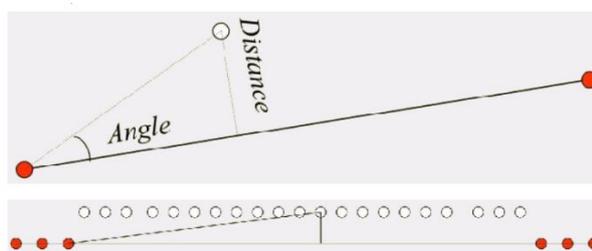


Рисунок 14 – Схема фильтрации точек на основании угла и расстояния

Проводя классификацию необходимо учитывать, а также задавать конкретные значения необходимых параметров: максимальный угол (град); максимально расстояние (м); размер ячейки (м).

Максимальный угол определяет значение угла между моделью рельефа и линией, соединяющей верифицируемую точку и точку из класса точек рельефа. Для равнин и близких к равнинам поверхностей рекомендуется использовать значение по умолчанию (15 градусов). При наличии крутых склонов в пределах сцены рекомендуется увеличить значение параметра [45].

Максимальное расстояние – значение расстояния от верифицируемой точки до модели рельефа. Фактически этот параметр определяет максимальную предполагаемую величину перепада высоты в пределах сцены [51].

Размер ячейки – размер ячеек, на которые разбивается облако точек на подготовительном этапе процедуры классификации точек. Данный параметр должен определяться в зависимости от размера наибольшей области реконструируемой сцены, не содержащей ни одной точки рельефа (например, здание или густой лес) [51].

Значения перечисленных выше параметров не являются константами, они индивидуально подбираются с учетом особенностей рельефа местности, а также необходимых задач исследования.

Городская среда характеризуется наличием абсолютно различной между собой геометрией объектов в границах территории исследования (крыши зданий и растущие рядом высокоствольные деревья, столбы освещения и связи, знаки, заборы и ограждения и пр.) [52]. Сельская местностью же является полной противоположностью. Существуют три основных признака, которые в полной мере позволяют охарактеризовать сельскую местность:

- 1) отсутствие скопления крупных и сложных по конструкции объектов (в том числе объектов капитального строительства);
- 2) наличие простых линейных структур (таких как автомобильные и полевые\лесные грунтовые дороги);

3) наличие различных типов растительности (высокоствольные леса, изолированные деревья, сельскохозяйственные угодья).

Так, согласно данным ортофотоплана исследуемого объекта в границах местности выделены следующие объекты: водные объекты; здания, строения, сооружения; сельскохозяйственные угодья; древесно-кустарниковые насаждения (околки); а также объекты дорожной сети. На основании определений каждого из параметров классификации плотного облака точек, а также с учетом особенностей рельефа исследуемой территории и поставленных задач плотное облако точек разделено на семь классов.

Основная цель выделения класса точек «земли» заключается в максимальном перемещении точек земной поверхности в данный класс за исключением объектов ситуации. Для фильтрации класса точек земли произведено 10 измерений с учетом особенностей местности, а также параметров классификации. Оптимальный результат достигнут при сочетании следующих значений параметров классификации: максимальный угол – 1,5 градуса; максимальное расстояние – 1,9 м; размер ячейки – 100 м. Результаты исследования представлены в Таблице 4.

Таблица – 4 Параметры классификации точек земли

| Цель | Параметры классификации | | | |
|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------|----------|
| | Максимальный угол, градус | Максимальное расстояние, м | Размер ячейки, м | Итерация |
| Выделение класса точек «земля» | 5 | 1,5 | 100 | 1 |
| | 5 | 3 | 100 | 2 |
| | 6 | 1,7 | 100 | 3 |
| | 1 | 2,4 | 70 | 4 |
| | 1,5 | 1,9 | 100 | 5 |
| | 6,3 | 3,0 | 85 | 6 |
| | 2 | 1,6 | 100 | 7 |
| | 4 | 2 | 100 | 8 |
| | 1 | 0,8 | 50 | 9 |
| | 2,5 | 1,1 | 100 | 10 |

В результате проведения измерений установлено, что при увеличении максимального расстояния низкорослые деревья и кусты не попадают в область

классификации, растворяясь в классе земли; при уменьшении максимального расстояния и угла происходит максимальный захват точек разительности даже низкорослой, но в выделенный класс еще попадет автодорога и водные объекты и часть зданий. При минимальных значениях параметров возможно добиться наиболее детальной классификации, если это необходимо. Результаты автоматической классификации – составного элемента второго этапа разработанного алгоритма – представлены на рисунке 15.

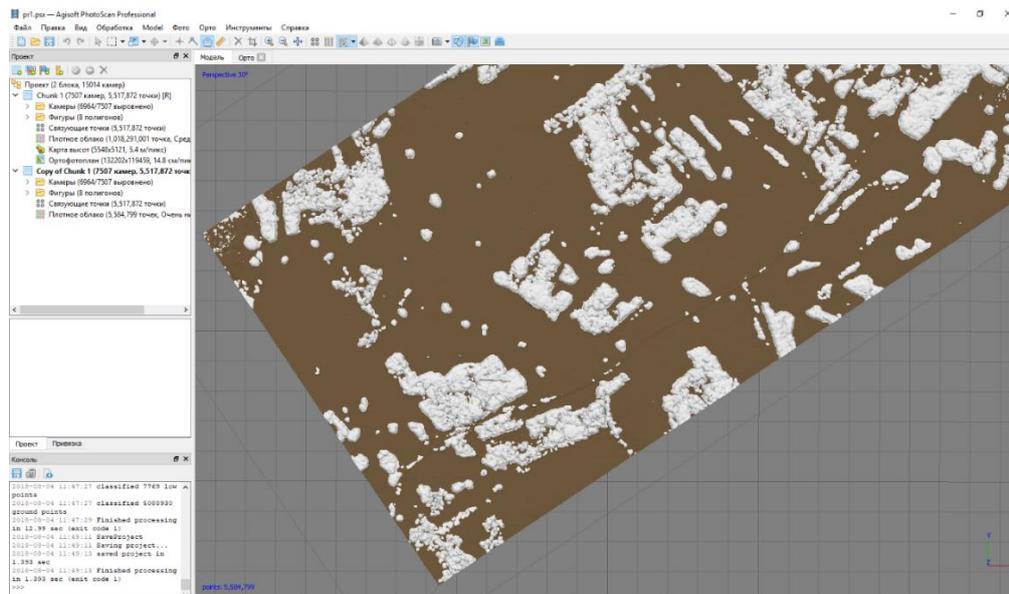


Рисунок 15 – Выделение класса точек «неземли» (серые точки) и класса земли (коричневые точки)

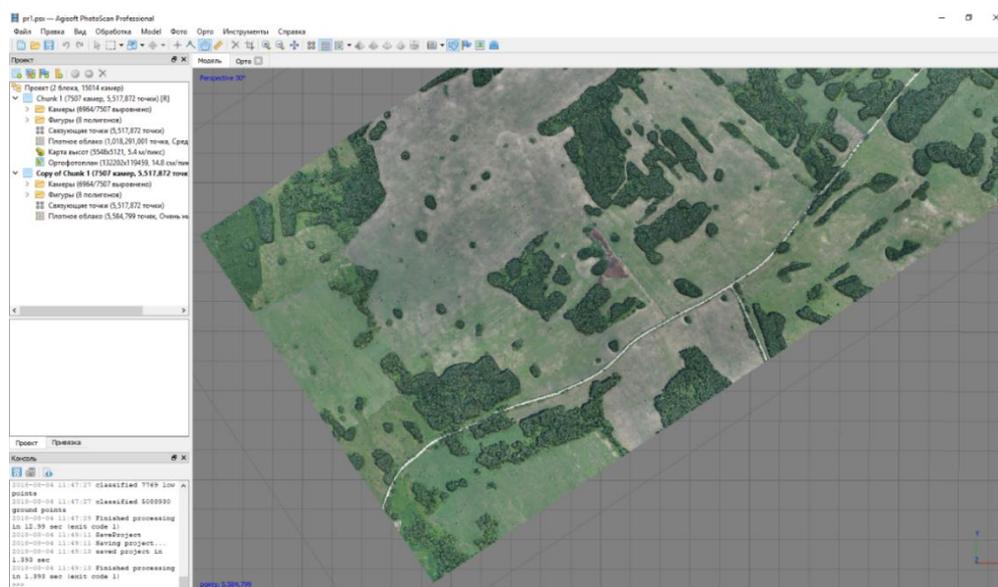


Рисунок 16 – Плотное облако точек исследуемой территории в градациях цвета

В качестве фильтра для определения точек для всех остальных классов, за исключением растительности, выбран цвет, т.е. интервал изменения значения яркости каждой точки плотного облака. Практическим путем установлено, что добиться наилучшего результата при выделении объектов автомобильной дороги, а также водных объектов возможно при классификации точек по цвету. Каждая точка в плотном облаке обладает своей степенью яркости, что позволяет отличать их друг от друга с помощью цветовой палитры. Так, в модуле PhotoScan возможно задать точкам определенный класс по цвету (Рисунок 17). Классификация произведена при использовании параметров цвета: R=48 G=69 B=105 для водных объектов и для автомобильной дороги R=230 G=227 B=226.

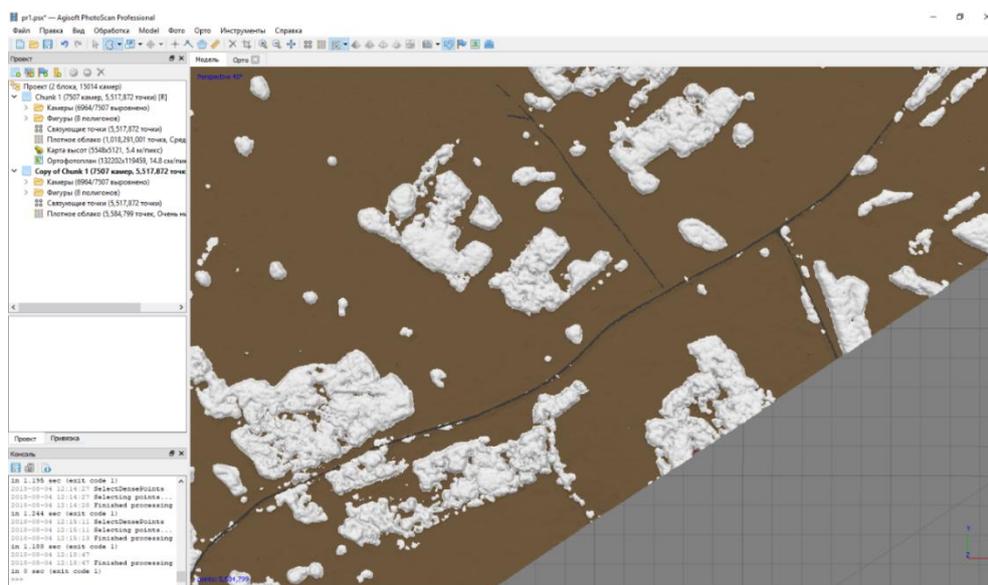


Рисунок 17 – Результат классификации точек по цвету: класс «неземля» (серые точки), класс земли (коричневые точки), автомобильная и проселочные дороги (черный цвет)

Согласно рисунку 17, детальная классификация точек по цвету позволила выделить даже незаметные глазу проселочные и лесные грунтовые дороги.

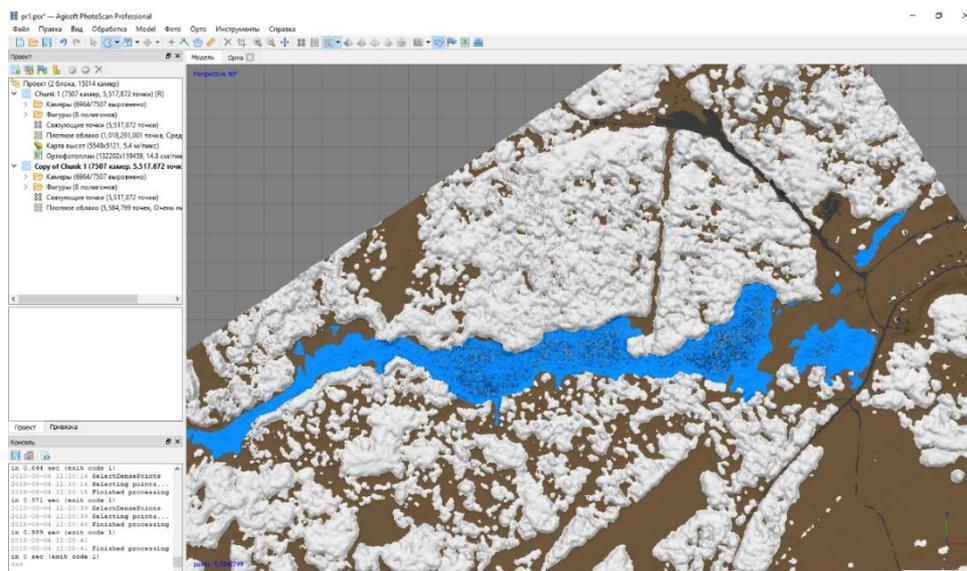


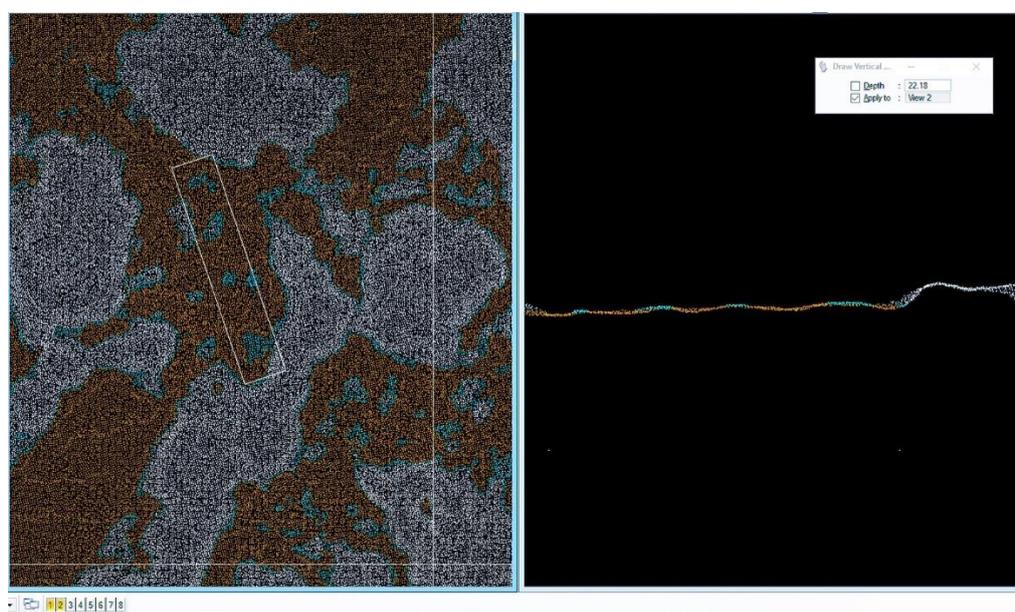
Рисунок 18 – Результат классификации точек: класс «неземля» (серые точки), класс земли (коричневые точки), автомобильная и проселочные дороги (черный цвет), водные объекты (голубой цвет)

На данном этапе фильтрации точек в классе «неземля» находятся точки объектов капитального строительства, наличие которых установлено при анализе материалов ортофотоплана территории исследования, а также точки класс древесно-кустарниковая растительность. Кроме того, при детальном анализе снимков, установлено не только наличие высокоствольных деревьев на местности, но и широкое распространение кустарниковой растительности. Параметром для фильтрации кустарников послужило значение высоты растительности, представленное в Таблице 5. Выделение в отдельный класс кустарников произведено с помощью встроенного модуля Classify\by height from ground в MicroStation\TerraScan на основании данных таблицы при условии расположения на исследуемой территории кустарников III класса высоты (туя, можжевельник и иные).

Таблица 5 – Классификация кустарниковой растительности [53]

| Класс высоты | Показатель размера, м | Пример |
|---------------------|------------------------|---|
| I (высокие) | Высота 2-5 м | Можжевельник обыкновенный, туя западная, туя восточная, боярышник обыкновенный, лох узколистный, бузина красная, калина обыкновенная, сирень обыкновенная |
| | Диаметра кроны более 3 | Дерен белый, калина обыкновенная, сирень обыкновенная, венгерская |
| II (средней высоты) | Высота 1-2 | Виды и сорта можжевельников и туи, смородина золотистая, барбарис обыкновенный, спирея иволистная, дубравколистная |
| | Диаметр кроны 1-3 | |
| III (низкие) | Высота до 1 | Сорта можжевельников и туи, дрок красильный, спирея японская |

Благодаря встроенному модулю Classify\by height from ground в MicroStation\TerraScan среди всех точек древесно-кустарниковой растительности выделены зоны распространения кустов. Модуль присваивает точкам отдельный класс согласно данным условия $\max \text{height} = 1.0$, а именно анализируя отметку Z в метрах каждой точки (Рисунок 19).



А

Б

Рисунок 19 – Фрагмент фильтрации кустарниковой растительности в плане (а), в поперечном разрезе (б)

На рисунке 19 четко идентифицированы зоны распространения высокоствольных деревьев (белый цвет), а также кустарниковые заросли (голубой

цвет). Кроме того, на поперечном разрезе, выполненном по линии, указанной на рисунке слева, можно наглядно увидеть значительное отличие по высоте класса кустарников (высотой один-два метра) и высокоствольных лесов (белый цвет).

Выделить в отдельный класс объекты капитального строительства удалось при наличии «пустот» в классе земли в местах их размещения. При использовании технологий воздушного лазерного сканирования объекты капитального строительства возможно идентифицировать только по их крышам (Рисунок 20). Так как съемка идет с воздуха, то точек земли под крышами не будет. Соответственно, по форме крыши можно судить и о конфигурации и расположении самого объекта капитального строительства (Рисунок 20,21).

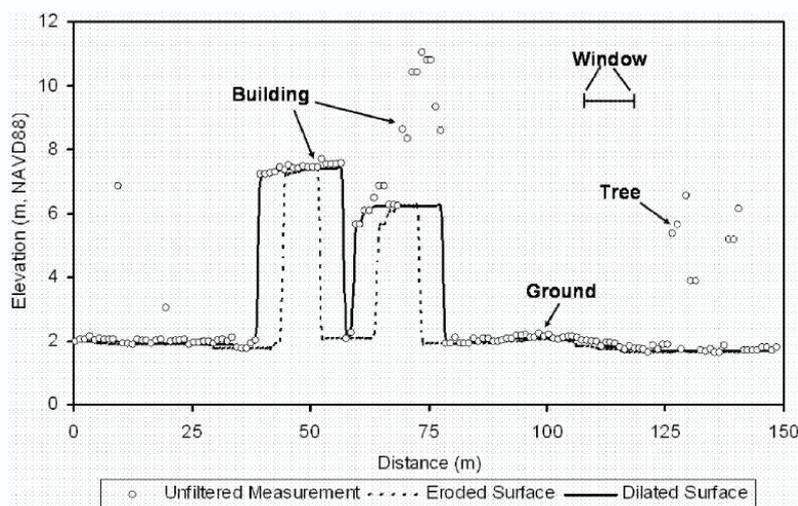


Рисунок 20 – Схема распределения точек плотного облака, полученного с использованием БПЛА [54]

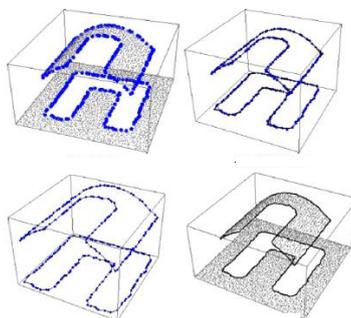


Рисунок 21 – Пример идентификации конфигурации и размера здания с помощью плотного облака точек [54]

Согласно рисунку 20, 3D-модель крыши здания, полученная с помощью воздушного лазерного сканирования, опущенная в проекции на плоскость и будет

полностью соответствовать размерам и конфигурации объекта капитального строительства.

Так, согласно результатам классификации среди всех точек плотного облака, выделены семь отдельных классов точек, которые легко идентифицировать на векторной карте. Кроме того, MicroStation\TerraScan показывает наибольшую и наименьшую высотную отметку каждого класса точек. Анализируя отметки высот класса «кустарники» и класса «высокоствольные леса» следует отметить разницу не более двух метров по минимальной отметке, что позволяет судить о правильности классификации точек.

4 Качественная и количественная оценка территории исследования на основании результатов моделирования

4.1 Результат разработанного алгоритма усовершенствованной методики моделирования местности

Для внедрения систем высокоточного земледелия с установкой GPS-приемников на сельскохозяйственную технику необходимо создание актуальной, а также обладающей высоким пространственным и временным разрешением, векторной карты. Каждый слой на векторной карте должен содержать атрибутивную информацию, которая сможет качественно и количественно охарактеризовать его [55]. Для реализации данной задачи на основании карты высот с учетом классификации плотного облака точек построены контурные линии, которые определяют точные границы древесно-кустарниковых насаждений (околков), водных объектов, объектов дорожной сети, а также зданий, строений и сооружений. Полученные векторные данные использованы создания комплексной векторной карты исследуемой территории.

Процесс создания векторных контуров перечисленных выше объектов автоматизирован благодаря встроенному модулю Tools–Draw polygons в специализированное ПО MicroStation\TerraScan [56]. В результате классификации получено семь отдельных классов точек. На основании данной классификации модуль «Tools–Draw polygons» построил векторные контуры ровно по границы прохождения отдельных классов точек (Рисунок 22).

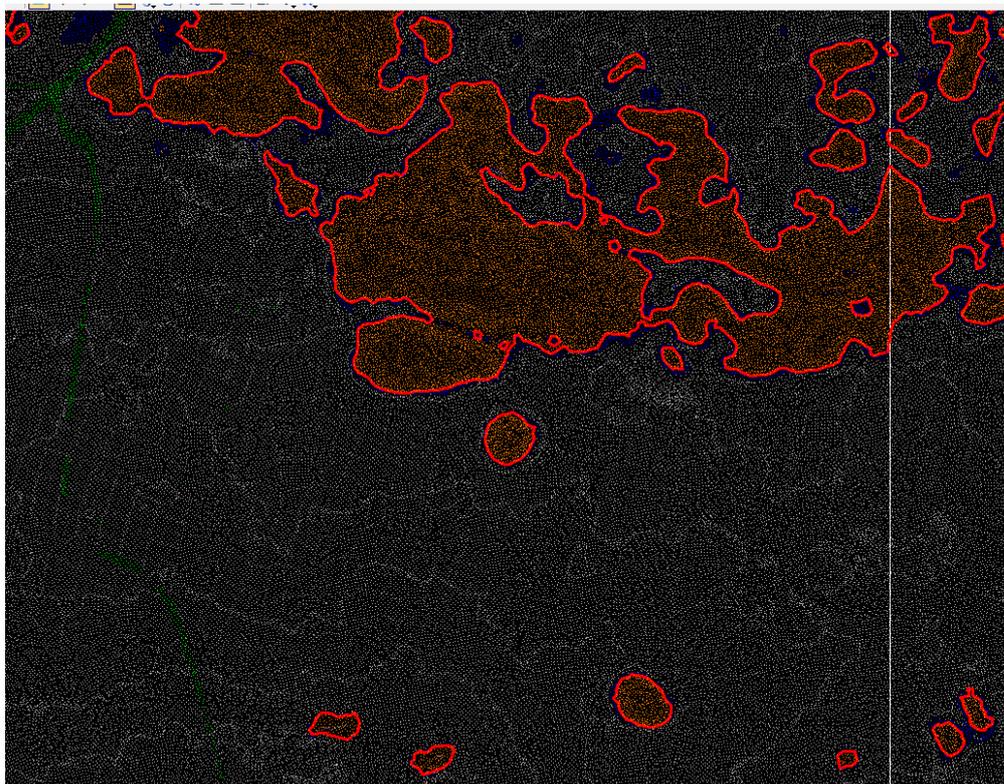


Рисунок – 22 Векторные контуры древесно-кустарниковой растительности исследуемой территории

Согласно данным рисунка 22, полилинии проходят ровно по границе класса «Высокоствольные леса» плотного облака точек, что позволяет определить точную площадь, занимаемую данной растительностью. Помимо расчета площади древесно-кустарниковой растительности определены площади земель непосредственно под сельскохозяйственными угодьями, под населенными пунктами, зданиями, сооружениями, складами, а также водоемами. Конечным результатом всех составляющих второй этап разработанного алгоритма элементов является тематическая векторная карта, которая служит основой для проведения качественной и количественной оценки продуктивных угодий исследуемой территории (Приложение Д). На векторной карте представлены результаты второго этапа алгоритма – контуры выделенных классов точек плотного облака (Таблица 6).

Таблица 6 – Расчетные данные результаты второго этапа разработанного алгоритма

| Название класса | Количество точек | Расчетная площадь, м2 |
|------------------------------------|------------------|-----------------------|
| Сельскохозяйственные угодья | 3 184 688 | 14084728,68 |
| Высокоствольные леса | 2 066 964 | 6690666,66 |
| Кустарники | 233 626 | 571290,29 |
| Объекты капитального строительства | 1 684 | 5682,08 |
| Водные объекты | 71 068 | 315644,17 |
| Автомобильная дорога | 22 124 | 77354,54 |
| Низкие точки | 314 | - |
| Всего | 5 580 468 | 21745366,33 |

Анализируя расчетные материалы таблицы 6, отметить что сельскохозяйственные угодья исследуемой территории обладают мелкоконтурностью, большим количеством вкраплений, размером от одного квадратного метра до нескольких тысяч квадратных метров. Так, площадь древесно-кустарниковой растительности с учетом околков составляет 7,2 км², что, в свою очередь, составляет около 33,4% от общей площади территории исследования.

4.2 Оценка пространственных характеристик продуктивных угодий исследуемой территории

Процессы сельскохозяйственного производства напрямую зависят от пространства обрабатываемых земель, а также постоянно необходимостью перемещения рабочей техники и готовой продукции. От пространственных условий расположения продуктивных угодий напрямую зависит эффективность использования земельных ресурсов во всех отраслях, в том числе и в сельском хозяйстве.

Основу оценки пространственных характеристик продуктивных угодий СПК «Рыбалово» составляют производственные взаимоотношения, которые позволяют учесть, как прямое, так и косвенное влияние на результат сельскохозяйственного производства. Прямое воздействие на эффективность

производства оказывают относительные затраты трудовых и материальных ресурсов, которые выражаются в преодолении расстояний и иных естественных препятствий, а также обеспечении доступности всех необходимых ресурсов. К ним следует отнести – местоположение, размер землепользований, а также особенности рельефа местности. Косвенное влияние пространственных условий на результат сельскохозяйственной деятельности заключается в проявлении природно-климатических, а также социально-экономических условий ведения хозяйства.

По результатам второго этапа разработанного алгоритма усовершенствованной методики моделирования местности и на основании схемы расположения продуктивных угодий СПК «Рыбалово» в границах территории исследования выделено 67 участков, предназначенных для ведения сельскохозяйственной деятельности. У каждого из угодий рассчитаны основные пространственные характеристики. К пространственным характеристикам продуктивных угодий относят следующие количественные параметры:

1. Коэффициент компактности (K_k) – показатель, характеризующий степень изломанности границ, определяющийся путем деления фактического периметра на периметр условного квадрата той же площади. При приближении коэффициента прямолинейности к единице, конфигурацию землепользования принято считать более благоприятной.

2. Коэффициент пространственной удаленности (K_u) – характеризует землепользование по наибольшей протяженности расстояний необходимых перевозок и определяется путем деления средней удаленности по дорогам землепользования от центральной усадьбы на выражение $1,7\sqrt{P}$, где P – периметр квадрата той же площади.

3. Коэффициент расчлененности (K_p) – показатель, определяющий степень расчлененности землепользования оврагами и балками, и рассчитывающийся путем деления протяженности гидрографической сети на площадь землепользования.

Результат третьего этапа алгоритма – расчет основных пространственных характеристик продуктивных угодий СПК «Рыбалово» представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Пространственные характеристики продуктивных угодий СПК «Рыбалово»

| Номер угодья | Площадь, км2 | Периметр, км | Коэффициент компактности, Кк | Коэффициент пространственной удаленности, Ку |
|--------------|--------------|--------------|------------------------------|--|
| 1 | 0,97 | 1,56 | 0,4 | 6,9 |
| 2 | 1,40 | 1,51 | 0,3 | 5,5 |
| 3 | 1,84 | 1,86 | 0,3 | 4,5 |
| 4 | 0,35 | 1,59 | 0,7 | 10,5 |
| 5 | 0,43 | 1,45 | 0,6 | 9,4 |
| 6 | 0,16 | 1,34 | 0,8 | 15,1 |
| 7 | 0,84 | 1,28 | 0,3 | 6,6 |
| 8 | 1,98 | 1,88 | 0,3 | 4,1 |
| 9 | 0,38 | 1,23 | 0,5 | 9,4 |
| 10 | 1,98 | 1,88 | 0,3 | 3,9 |
| 11 | 1,97 | 2,97 | 0,5 | 3,7 |
| 12 | 0,22 | 0,66 | 0,4 | 11,0 |
| 13 | 2,42 | 3,33 | 0,5 | 3,1 |
| 14 | 2,06 | 2,37 | 0,4 | 3,4 |
| 15 | 0,30 | 1,04 | 0,5 | 9,0 |
| 16 | 1,57 | 1,65 | 0,3 | 3,7 |
| 17 | 1,86 | 2,56 | 0,5 | 3,0 |
| 18 | 1,58 | 3,28 | 0,7 | 3,3 |
| 19 | 2,02 | 2,18 | 0,4 | 2,2 |
| 20 | 0,91 | 1,20 | 0,3 | 3,5 |
| 21 | 1,68 | 2,83 | 0,5 | 2,6 |
| 22 | 2,57 | 2,92 | 0,5 | 1,9 |
| 23 | 1,34 | 1,46 | 0,3 | 2,4 |
| 24 | 2,37 | 2,05 | 0,3 | 1,6 |
| 25 | 2,08 | 2,26 | 0,4 | 1,6 |
| 26 | 1,17 | 1,38 | 0,3 | 2,4 |
| 27 | 1,94 | 3,33 | 0,6 | 1,8 |
| 28 | 4,03 | 5,28 | 0,7 | 1,0 |
| 29 | 0,22 | 1,10 | 0,6 | 4,2 |
| 30 | 0,57 | 1,10 | 0,4 | 2,6 |
| 31 | 1,48 | 1,71 | 0,4 | 1,4 |
| 32 | 1,77 | 1,73 | 0,3 | 1,6 |
| 33 | 1,54 | 1,76 | 0,4 | 1,3 |
| 34 | 0,82 | 1,38 | 0,4 | 1,5 |
| 35 | 1,11 | 1,46 | 0,3 | 1,1 |
| 36 | 2,02 | 1,91 | 0,3 | 0,6 |

| | | | | |
|-------------------|------|------|-----|-----|
| 37 | 2,00 | 1,77 | 0,3 | 0,6 |
| 38 | 1,96 | 1,86 | 0,3 | 0,4 |
| 39 | 1,70 | 2,11 | 0,4 | 0,7 |
| 40 | 1,83 | 2,84 | 0,5 | 1,7 |
| 41 | 1,92 | 3,04 | 0,5 | 1,5 |
| 42 | 1,82 | 3,41 | 0,6 | 1,5 |
| 43 | 1,66 | 4,07 | 0,8 | 2,7 |
| 44 | 3,07 | 2,60 | 0,4 | 2,0 |
| 45 | 1,99 | 1,82 | 0,3 | 2,0 |
| 46 | 1,97 | 1,81 | 0,3 | 2,0 |
| 47 | 2,22 | 2,19 | 0,4 | 2,1 |
| 48 | 1,60 | 2,86 | 0,6 | 2,8 |
| 49 | 2,48 | 2,31 | 0,4 | 2,2 |
| 50 | 2,07 | 3,75 | 0,7 | 2,6 |
| 51 | 2,78 | 5,99 | 0,9 | 2,5 |
| 52 | 2,00 | 3,56 | 0,6 | 2,9 |
| 53 | 1,98 | 1,80 | 0,3 | 3,2 |
| 54 | 1,13 | 1,43 | 0,3 | 4,2 |
| 55 | 2,00 | 2,43 | 0,4 | 3,0 |
| 56 | 2,07 | 3,48 | 0,6 | 3,1 |
| 57 | 1,51 | 3,24 | 0,7 | 3,3 |
| 58 | 2,99 | 3,05 | 0,4 | 3,0 |
| 59 | 1,98 | 2,32 | 0,4 | 3,5 |
| 60 | 1,99 | 1,96 | 0,3 | 3,9 |
| 61 | 2,05 | 1,89 | 0,3 | 3,7 |
| 62 | 1,96 | 1,98 | 0,4 | 3,2 |
| 63 | 2,27 | 2,49 | 0,4 | 3,4 |
| 64 | 2,10 | 2,07 | 0,4 | 3,5 |
| 65 | 1,98 | 1,98 | 0,4 | 3,4 |
| 66 | 1,80 | 1,91 | 0,4 | 3,9 |
| 67 | 1,97 | 2,46 | 0,4 | 3,6 |
| Среднее значение: | | | 0,4 | 3,5 |

На основании материалов цифровой модели рельефа (Приложение В) расчлененность и пересечение границ продуктивных угодий исследуемой территории оврагами, балками и иными элементами гидрографической сети не наблюдается, соответственно, коэффициент расчлененности участков землепользований равен нулю.

По результатам количественной оценки пространственных характеристик продуктивных угодий установлено, что коэффициент компактности границ землепользований СПК «Рыбалово» преимущественно

меньше единицы, следовательно, можно сделать вывод о благоприятной для ведения сельскохозяйственной деятельности конфигурации земельных массивов. Кроме того, коэффициент удаленности на территории исследования в основном меньше среднего значения, однако, имеются участки, пространственная структура которых способствует дополнительным издержкам на производство продукции, так как вырастают транспортные расходы на единицу площади. В наиболее выгодном положении находятся те хозяйства, транспортные затраты в котором меньше.

По результатам моделирования местности также произведен анализ вкрапливаний на территории исследования. При детальном анализе местности с использованием полученного ортофотоплана и цифровых моделей установлено широкое распространение многочисленных вкрапливаний в границах продуктивных угодий СПК «Рыбалово». Отличаются вкрапливания по форме их существования—преобладают вкрапливания в форме высокоствольных древесно-кустарниковых насаждений, меньше – низкорослых кустарников и водных объектов. Причинами распространения такого рода вкраплений на территории сельскохозяйственных угодий являются природно-климатические особенности Западно-Сибирского региона.

Анализируя расчетные материалы, рассчитана степень залесенности продуктивных угодий и территории исследования в целом. Согласно материалам, степень залесенности исследуемой территории составляет около 34%. Кроме того, выделены землепользования со степенью залесенности менее одного процента, от одного до пяти, от пяти до десяти и более 10%, результат анализа представлен в Приложении Е.

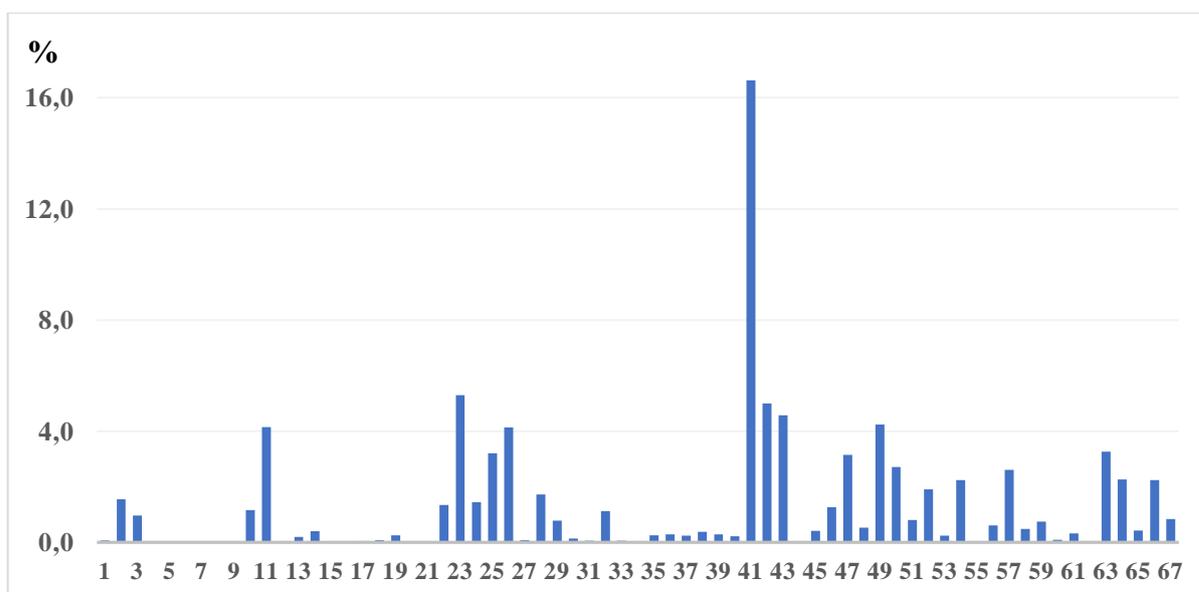


Рисунок 23 – Диаграмма изменения степени залесенности продуктивных угодий, выраженной в процентах

Результатом завершающего этапа разработанного алгоритма усовершенствованной методики моделирования местности являются материалы оценки территории исследования. На основании результатов оценки установлено, что исследуемые продуктивные угодья СПК «Рыбалово» обладают мелкоконтурностью, сложной транспортной доступностью, а также активным перемежением с землями лесного фонда. Также следует отметить, что наиболее часто встречающейся формой вкраплений на сельскохозяйственных землях СПК «Рыбалово» являются различные виды древесно-кустарниковой растительности. С использованием результатов исследования разработаны предложения по оптимизации сельскохозяйственного производства, а также для предотвращения деградации продуктивных угодий.

4.3 Предложения в сфере управления земельными ресурсами

В районах России с интенсивным сельскохозяйственным производством, в том числе и на территории Томской области, на современном этапе развития требуется активное внедрение автоматизированных технологий сбора и обработки данных, которые служат базой для принятия производственных и управленческих решений. Поиск перспективных направлений развития сельскохозяйственного производства основан на комплексной оценке природных, экологических и экономических особенностей территории. Широкое применение геоинформационных технологий с использованием методов моделирования местности, а также современных беспилотных технологий позволят субъектам управления земельными ресурсами решать экономические, экологические и социальные проблемы с наибольшей степенью эффективности. Повышению производительности труда, применению новых методов принятия управленческих решений, основанных на моделировании и визуализации данных, снижению вероятности возникновения ошибок способствует внедрение ГИС-технологий в сферу управления земельными ресурсами.

В отдельных регионах России (Белгородская область) в настоящее время в сфере управления земельными ресурсами уже внедрен и активно используется системный подход, который основан на активном использовании геоинформационных технологий и методов моделирования местности. Уровень развития управления земельными ресурсами в сфере сельскохозяйственного производства в Томской области требует отдельного внимания.

Ввиду геологических и климатических особенностей территории Томской области, а именно, наличие многочисленных выходов родников, высокий уровень стояния грунтовых вод, тип почв и пр., уничтожение многочисленных околков, расположенных в границах продуктивных угодий, невозможно. Древесно-кустарниковая растительность удерживает своей корневой системой подвижные слои грунта и исключает размыва пород.

Выкорчёвывание множественных вкраплений в виде отдельно стоящих деревьев с сильной корневой системой на территории продуктивных угодий может привести к обрушению верхнего слоя почвы. В результате этого в местах уничтожения околков произойдет активное развитие таких негативных природных явлений, как затопление, заболачивание, оврагообразование, закустаривание и пр.

Ввиду вышеперечисленных причин разработаны предложения по оптимизации мероприятий в области управления земельными ресурсами. В первую очередь, в местах, где существует возможность уничтожения древесно-кустарниковой растительности, необходимо с помощью специального оборудования механическим способом очистить сельскохозяйственные угодья. Однако, необходимо учитывать, что возможно очистить участки только от кустарника и мелколесья, а также абсолютное избавление от растительности может привести к ухудшению водного режима, пересыханию почвы и другим негативным явлениям. Значительная площадь сельскохозяйственных угодий особенно на территории Западной Сибири, как показал анализ, обладает большой степенью залесенности. Избавление от подобного явления в большинстве случаев невозможно, как и было отмечено ранее. На основе материалов мониторинга земель возможно своевременное выявление и объяснение тенденций изменения количественных и качественных показателей сельскохозяйственных угодий. Это необходимо для получения возможности принятия правильного решения по предупреждению и устранению последствий негативных для с\х производства явлений, а также разработке прогноза их развития. Таким образом, полученные с помощью беспилотных технологий данные дают возможность наблюдать за динамикой границ и площадей контуров продуктивных угодий, а также позволяют исключить развитие процессов залесения на ранней стадии.

Внедрение системного подхода на основании земельно-информационной базы данных с использованием ГИС поспособствует решению представленных ранее проблем ведения сельскохозяйственного

производства на территории Томской области и других регионов с неблагоприятными условиями для ведения сельскохозяйственной деятельности.

Геоинформационное моделирование дает возможность формировать базы данных различной картографической и атрибутивной тематической информации по почвам и земельным ресурсам, а на этой основе создавать серии электронных и компьютерных карт и различных моделей [58]. С помощью представленных цифровых карт пользователь способен выявить и оценить пространственно-временные особенности территории исследования, проводить визуальный анализ с использованием количественных и качественных показателей, а также составлять рекомендации по рациональному использованию продуктивных угодий региона.

Результаты, полученные в результате использования представленного метода моделирования позволяют реализовывать на практике основы комплексности в сфере управления земельными ресурсами. Построенные цифровые модели местности и рельефа дают возможность пользователям проводить системный анализ, а также оценку территории исследования по всем необходимым параметрам (морфометрические, климатические, гидрогеологические и пр.), что способствует принятию эффективных решений в области оптимизации сельскохозяйственного производства и рационального использования земель. Геоинформационные технологии позволяют не только повысить эффективность в области принятия управленческих решений, но и в перспективе привлечь новые наборы информационных слоев и упростить их актуализацию и дальнейший анализ.

В настоящее время широкое применение в сельском хозяйстве получают технологии высокоточного земледелия на уровне отдельных хозяйств или группы. Они базируются на новом взгляде на сельское хозяйство, в котором сельскохозяйственное поле, неоднородное по рельефу, агрохимическому содержанию питательных веществ, нуждается в применении на каждом участке наиболее эффективных агротехнологий. В основе технологии точного земледелия лежат геоинформационные и беспилотные технологии, которые

направлены на повышение продуктивности, уменьшение себестоимости продукции и сохранение окружающей среды.

В сложившихся социально-экономических условиях в регионах России, в том числе и в Томской области, происходит активация деградации земельных ресурсов, что влечет за собой изъятие наиболее ценных и продуктивных земель из сельскохозяйственного оборота для иных нужд. В связи с этим, основной задачей управления земельными ресурсами в регионах с интенсивным сельскохозяйственным производством становится повышение уровня рационального использования земель. Принятие эффективных управленческих решений в данной области возможно при внедрении системного подхода к управлению, основанного на геоинформационных технологиях и методах моделирования. Именно развитие современных технологий ГИС в рамках управления позволит повысить уровень эффективности использования земельных ресурсов, обеспечивая при этом оперативность принятия управленческих решений, а также предотвратить развитие и образование негативных природных явлений на территории продуктивных угодий.

На сегодняшний день основным показателем перспективности научного исследования является коммерческая ценность разработки. Поиск источников финансирования для проведения научного исследования, а также коммерциализации его результатов предполагает оценку коммерческого потенциала разработки [59].

5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты, и результаты в смежных секторах экономики.

5.4.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов [61]. С этой целью использована имеющаяся информация о конкурентных разработках и внесена в оценочную карту, представленную в Таблице 23. Критерии, представленные в Таблице 23, подобраны, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических

особенностей разработки, создания и эксплуатации. Положения разработки и конкурентов оценены по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная, кроме того, все показатели в сумме составляют 100.

Исходные данные для формирования ЦМР могут быть получены по картам – оцифровкой горизонталей, по стереопарам снимков, а также в результате геодезических измерений или лазерного сканирования местности [62]. Чем точнее и детальнее цифровая модель рельефа, тем более реалистична виртуальная модель местности. Степень подробности рельефа зависит от целей и возможностей создателя виртуальной модели местности. При визуализации трехмерных сцен на обсчет цифровой модели рельефа может уходить от 50 % до 98 % вычислительных мощностей компьютера. В настоящее время при создании виртуальной модели местности широко распространено «обклеивание» цифровой модели рельефа растровыми картами или космическими снимками. Обклеивание модели картами встречается чаще, так как карты дешевле, их проще обрабатывать и вносить в модель. Использование космических снимков требует больших затрат на их закупку, сшивку и различные виды коррекции снимков. Однако реалистичность модели, обтянутой аэро- или космическими снимками, в разы выше, чем модели, в которой применялись топографические карты.

Точность созданной фотограмметрической продукции должна соответствовать требованиям нормативного документа – «Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов» [63]. Получаемые материалы аэрофотосъемки и камеральной обработки (полевые материалы, данные воздушного и наземного лазерного сканирования, и дистанционного зондирования Земли и иные) регулируются нормами данной инструкции, и любые отклонения от нее невозможны.

Для оценки ресурсоэффективности научной разработки в качестве сравнения подобраны следующие конкурентные методы построения моделей местности, существующие на рынке: К1– проведение топографической съемки

и иных геодезических изысканий с дальнейшим «ручным» дешифрированием материалов; К2 – использование космоснимков местности; Ф – фактическая разработка (применения беспилотного летательного аппарата с использованием автоматической векторизации объектов ситуации).

Таблица 23 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

| Критерии | Вес критерия | Баллы | | | Конкурентоспособность | | |
|--|--------------|-------|-----|-----|-----------------------|------|------|
| | | Бф | Бк1 | Бк2 | Кф | Кк1 | Кк2 |
| <i>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</i> | | | | | | | |
| Повышение производительности труда | 0,26 | 5 | 1 | 4 | 1,3 | 0,26 | 1,04 |
| Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей) | 0,03 | 4 | 1 | 3 | 0,12 | 0,03 | 0,09 |
| Потребность в ресурсах памяти | 0,04 | 1 | 5 | 3 | 0,04 | 0,2 | 0,12 |
| Простота в эксплуатации | 0,04 | 4 | 2 | 3 | 0,16 | 0,08 | 0,12 |
| Качество интеллектуального интерфейса | 0,03 | 5 | 2 | 4 | 0,15 | 0,06 | 0,12 |
| Точность получения данных | 0,24 | 4 | 5 | 1 | 0,96 | 1,2 | 0,24 |
| <i>Экономические критерии оценки эффективности</i> | | | | | | | |
| Конкурентоспособность продукта | 0,05 | 5 | 2 | 3 | 0,25 | 0,1 | 0,15 |
| Уровень проникновения на рынок | 0,03 | 2 | 3 | 5 | 0,06 | 0,09 | 0,15 |
| Цена | 0,23 | 5 | 1 | 1 | 1,15 | 0,23 | 0,23 |
| Финансирование научной разработки | 0,02 | 2 | 1 | 2 | 0,04 | 0,02 | 0,04 |
| Срок выхода на рынок | 0,03 | 2 | 5 | 4 | 0,06 | 0,15 | 0,12 |
| Итого | 1 | | | | 4,29 | 2,24 | 2,42 |

Технологии беспилотных летательных отличаются высокой точностью полученных материалов. Так, данные, полученные с помощью БПЛА с высоты полета 250 метров, имеют разрешение снимков от пяти см/пиксел. При использовании материалов Дистанционного Зондирования Земли (ДЗЗ), т.е. космоснимков исследуемой территории, разрешение снимков будет составлять несколько метров - десятков метров на пиксель, что в разы ниже, чем у аэрофотоснимков. Соответственно, качество снимков, полученных с помощью аэрофототехнологий в несколько раз лучше, и позволяют намного точнее передать актуальное состояние исследуемой территории.

Технологии аэрофотосъемки не только отличаются высокой точностью полученных материалов, но являются альтернативой космоснимкам.

Космосъемка напрямую зависит от погодных условий (облачность, туман, время года), а также времени суток, когда использование БПЛА является более консервативным в данном отношении. Таким образом, аэрофотоснимки обладают значительной степенью достоверности полученных материалов, а также имеют высокое пространственное и временное разрешение снимков.

Использование космоснимков при моделировании местности влечет за собой ряд сложностей при обработке данных, а также более высокие временные и финансовые затраты, а топографический материал не позволяет добиться необходимой точности данных.

Для определения экономической выгоды моделирования территории исследования с использованием беспилотных технологий произведен анализ способов получения результата – с помощью БПЛА с использованием автоматической векторизации объектов ситуации, а также на основании материалов геодезических изысканий и оцифровкой, и дешифрированием местности «вручную».

Стоимость топографической съемки за один гектар составляет от 30 до 50 тыс. рублей. Для расчёта использована средняя стоимость топографической съемки равная 40 тыс. рублей. Таким образом, топографическая съемка исследуемой территории, площадь которой составляет 2175 га, обойдётся в 87 000 тыс. рублей. Конечным результатом съемки является чертеж в формате «dwg», который читается большинством САПР-программ. В данном случае использование полученного материала возможно исключительно по назначению, так как в чертеже отсутствует картографическая основа.

Организация-подрядчик выполняет аэрофотосъемочные работы масштаба 1:5000 с разрешением 15 см/пиксель по стоимости 12 000 руб/км², конечным продуктом которых являются ортофотопланы с координатной привязкой снимков. Конечная стоимость работы с использованием БПЛА той же территории исследования составит 261 тыс. рублей.

Таким образом, выгода от использования материалов, полученных с помощью БПЛА, для моделирования поверхностей исследуемой территории одного проекта составила 86 739 тыс. рублей.

Проведение изменений по материалам ортофотоплана, как правило, производится специалистами отдела обработки данных вручную. Ручной процесс обработки и получения данных для площадных объектов исследования занимает достаточно большой объем временных, а также финансовых ресурсов. Основное отличие представленного в работе алгоритма и традиционного способа оценки территории заключается в автоматизации процессов обработки данных, что, позволяет существенно сократить вышеперечисленные статьи расходов.

Таким образом, согласно представленным материалам, можно сделать вывод о том, что аэрофотосъемка является более экономически выгодным решением при моделировании местности, в свою очередь, методы автоматизации процессов позволяют существенно экономить как временной ресурс предприятия, так и экономический. Однако, следует уделить особое внимание наиболее слабым критериям оценки для большей степени заинтересованности партнеров и инвесторов на рынке.

5.4.2. Оценка экономического эффекта и сравнительной эффективности исследования

Главный экономический эффект от внедрения средств автоматизации заключается в улучшении экономических показателей работы предприятия, проводившего исследование территории, в первую очередь, за счет повышения оперативности проведения исследования и снижения трудозатрат на реализацию процесса, то есть сокращения расходов на обработку материалов полевых обследований. Снижение же трудозатрат на предприятии возможно за счет автоматизации работы с векторными данными, снижения затрат на обработку больших объемов аэрофотосъемки. Критерием эффективности

создания и внедрения новых средств автоматизации является ожидаемый экономический эффект.

Для расчета экономического эффекта используем формулу:

$$\mathcal{E} = P_{\text{общ}} - E_n \cdot K_n, \quad (6)$$

где \mathcal{E} – экономический эффект от внедрения алгоритма автоматизированного поиска микродефектов рельефа,

$P_{\text{общ}}$ – общая экономия,

E_n – нормативный коэффициент ($E_n = 0,15$) [64],

K_n – капитальные затраты на реализацию проекта.

В качестве годовой экономии от внедрения будет время, сэкономленное сотрудниками время, переведённое в рублевый показатель. Расчет показателя повышения производительности труда произведем по формуле:

$$P = \left(\frac{\Delta T}{F - \Delta T} \right) \cdot 100, \quad (7)$$

где P – показатель повышения производительности труда,

F – время, которое планировалось пользователем для выполнения работы до внедрения автоматизированного алгоритма,

ΔT – экономия времени после внедрения автоматизированного алгоритма.

При расчетах приняты следующие допущения:

1. На три типа операций из Таблицы 28 каждый инженер отдела обработки данных тратит 80% рабочего времени.
2. Фонд рабочего времени в месяц составляет 9 600 минут.
3. Доля каждой операции в месяц одинакова.
4. Все отделы проводят одинаковое время при работе с операциями.
5. Над проектом работают пять инженеров.

Таблица 24 – Оценка времени работы инженера отдела обработки данных

| Вид работ | Среднее время на операцию на одного сотрудника, минут | | ΔТ Экономия времени, минут |
|--|---|---------------------|----------------------------|
| | До автоматизации, F | После автоматизации | |
| Разработка технического задания | 480 | 480 | - |
| Анализ технического задания | 1 920 | 1 920 | - |
| Рекогностировка местности | 960 | 960 | - |
| Подготовка и организация полетов беспилотника | 2 400 | 2 400 | - |
| Полевые работы: аэрофотосъемка | 960 | 960 | - |
| Обработка полевых материалов | 960 | 960 | - |
| Создание ЦМР | 480 | 480 | - |
| Построение ортофотоплана | 960 | 960 | - |
| <i>Дешифрирование снимков</i> | <i>1 680</i> | <i>960</i> | <i>720</i> |
| <i>Оцифровка материалов аэрофотосъемки</i> | <i>4 224</i> | <i>1 920</i> | <i>2 304</i> |
| <i>Проведение расчетов по материалам оцифровки</i> | <i>1 872</i> | <i>1 440</i> | <i>432</i> |
| Оформление пояснительной записки | 960 | 960 | - |
| Сдача материалов заказчику | 960 | 960 | - |
| Итого, минуты | 18 816 | 15 360 | 3 456 |
| Итого, дни | T ₀₁ = 40 | T ₀₂ =32 | |

Рассчитаем показатель повышения производительности труда по формуле 7:

$$P = \left(\frac{3456}{18816} \right) \cdot 100 = 18,4 \%,$$

Полученное значение составляет 18,4 % времени, то есть на реализацию одного проекта по исследованию площадного объекта после внедрения автоматизированного алгоритма происходит экономия 3 456 минут (58 часов) рабочего времени, в среднем за год (при условии отработки 12 подобных проектов) экономия составит 41 472 минут (692 часа).

Если оценивать экономический эффект с учетом всех деталей, то капитальные затраты на реализацию проекта рассчитаны с учетом

длительности работ. Для расчета затрат необходимо определить продолжительность каждого вида работ, начиная с составления технического задания и заканчивая оформлением документов.

Продолжительность работ определяется либо по нормативам (при этом применяют специальные таблицы), либо рассчитывают их на основании экспертных оценок. Продолжительность необходимых работ (T_{01} , T_{02}) представлена в Таблице 28.

Одним из основных видов затрат является заработная плата инженера, которая рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{д}} \cdot T_{\text{п}} \cdot \left(1 + \frac{A_{\text{с}}}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{A_{\text{п}}}{100}\right), \quad (8)$$

Где $Z_{\text{п}}$ – заработная плата инженера,

$Z_{\text{д}}$ – дневная заработная плата инженера,

$T_{\text{п}}$ – продолжительность этапов работ в днях,

$A_{\text{с}}$ – процент отчислений на социальное страхование $A_{\text{с}} = 30\%$ [65],

$A_{\text{п}}$ – процент премий $A_{\text{п}} = 20\%$.

Произведем расчет заработной платы инженера, непосредственного выполняющего данный вид работ по формуле 4, для этого примем в качестве ежедневной заработной платы сумму 1433 рубля (средняя зарплата инженера-проектировщика по стране в месяц – 43 тыс. рублей) [65], коэффициент премий равен 20 процентам:

$$Z_{\text{п1}} = 1433 \cdot 40 \cdot \left(1 + \frac{30}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{20}{100}\right) = 89\,419 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{п2}} = 1433 \cdot 32 \cdot \left(1 + \frac{30}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{20}{100}\right) = 71\,535 \text{ рублей}$$

Итоговый экономический эффект от внедрения автоматизированного алгоритма рассчитан по формуле 1 на примере реализации одного проекта:

$$\mathcal{E} = 5 * 89419 - 5 * 71535 = 90\,330 \text{ рублей}$$

В ходе расчета экономического эффекта от внедрения автоматизированного алгоритма составила около 90 тысяч рублей на выполнение одного проекта в расчёте на отдел инженеров из пяти человек.

Определение эффективности произведено на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования, определение которого связано с нахождением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности [65].

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{261000}{87000000} = 0,003 \quad (9)$$

где Φ_{pi} – стоимость i-ого варианта исполнения, которая в данном случае составила 261000 руб.;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта, в данном случае – использование космосъемки составило 87000000 руб.

Полученное значение величины интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах.

Для определения интегрального показателя ресурсоэффективности вариантов исполнения объектов исследования составлена Таблица 29, которая содержит основные критерии оценки и соответствующие весовые коэффициенты.

Таблица 25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

| Критерии | Весовой коэффициент | Текущий проект | Аналог 1 | Аналог 2 |
|--|---------------------|----------------|----------|----------|
| Способствует росту производительности пользователя труда | 0,35 | 5 | 1 | 3 |
| Удобство в эксплуатации | 0,11 | 3 | 2 | 2 |
| Энергосбережение | 0,25 | 5 | 2 | 3 |
| Точность выходных данных | 0,2 | 4 | 4 | 2 |
| Внешние факторы | 0,09 | 5 | 1 | 1 |
| Итого | 1 | | | |
| Интегральный показатель ресурсоэффективности $I_m^{a,b}$ | | 4,58 | 1,96 | 2,51 |

Значения интегральных показателей по результатам сравнительной оценки представлены в Таблице 25, на основании которых определен интегральный показатель эффективности разработки и аналога. Кроме того, сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволило определить сравнительную эффективность проекта. Результаты представлены в Таблице 26.

Таблица 26 – Сравнительная эффективность разработки

| Показатели | Аналог 1 | Аналог 2 | Разработка |
|--|----------|----------|------------|
| Интегральный финансовый показатель | 0,01 | - | 0,003 |
| Интегральный показатель ресурсоэффективности | 1,96 | 2,51 | 4,58 |
| Интегральный показатель эффективности | 196 | - | 1526,67 |
| Сравнительную эффективность проекта | | | 7,8 |

Сравнивая значения интегральных показателей, исходный вариант научной разработки определен и выбран как наиболее эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

На основании представленных выше расчетов составлена итоговая таблица оценки эффективности метода моделирования местности (Таблица 27).

Таблица – 27 Сравнительная таблица методов получения итоговых материалов исследования

| Критерий | БПЛА + автоматическая оцифровка | Космоснимки | Топоъемка + ручная оцифровка |
|----------|--|---|---|
| Точность | Разрешение изображений до нескольких сантиметров в зависимости от высоты полета (15 см/пиксель). | Самое лучшее пространственное разрешение – 30 см (WorldView-3); среднее несколько метров на пиксель. | Зависит от масштаба съемки от 5 до 10 см. |
| Время | Срок поставки зависит от доступности самолета и от лётной погоды. Автоматическая оцифровка=3456 минут (58 часов) . | Средний срок после заказа составляет 7 дней. Для некоторых облачных/дождливых районов срок может увеличиваться до месяца. Необходимость ждать очереди на проведение космической съемки. | Ручная оцифровка=18816 мин (314 часов). |

| | | | |
|-----------|---|--|---|
| Стоимость | С увеличением площади цена растет в меньшей степени (261 тыс. руб.). | Цена возрастает пропорционально увеличению площади (в среднем = 145 тыс. руб./цена). | Высокая стоимость проведения топографических работ (87 000 тыс. руб.) |
| Условия | Требуется согласование проведения аэрофотосъемки. Съемка не зависит от наличия облачности, но зависит от ветра. | Проведение космической съемки зависит от наличия облачности. | Хорошие погодные условия (отсутствие осадков), сезонность. |

Основным преимуществом автоматизированного метода моделирования поверхности с использованием БПЛА по сравнению с традиционными методами тахеометрической и даже спутниковой съемок является очень высокая производительность. Бесспорным преимуществом является то, что основная нагрузка при крупномасштабном картографировании местности переносится на камеральную работу. При этом процесс полевых измерений сокращается в несколько раз. Согласно представленным материалам, можно сделать вывод о том, что аэрофотосъемка является более экономически выгодным решением при моделировании местности, в свою очередь, методы автоматизации процессов позволяют существенно экономить как временной ресурс предприятия, так и экономический.

6 Производственная и экологическая безопасность

6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основным документом, регулирующим отношения в данной сфере, является ГОСТ 12.0.230-2007 ССБТ. Системы управления охраной труда. Общие требования, который определяет общие требования безопасности на производстве, требования и нормы к средствам защиты работающих, а также методы оценки безопасности труда [66].

Согласно ГОСТ 12.0.230-2007 ССБТ, основной целью данного стандарта является обеспечение защиты работников от влияния вредных им опасных факторов производства, а также исключение несчастных случаев и профессиональных заболеваний [66].

Нормы и правила, приведенные в вышеуказанном нормативно-правовом акте, обязательны к исполнению для всех организаций и предприятий вне зависимости от их ведомственного подчинения. Поэтому работодатель должен быть заинтересован в обеспечении охраны труда, а также организовать систему управления охраной труда на предприятии. Кроме того, работодатель несет общие обязательства и ответственность по обеспечению безопасности и охраны здоровья работников.

Иным немаловажным нормативно-правовым актом, регулирующим трудовые отношения, является "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 03.07.2016), в котором содержатся основные положения по организации трудовой деятельности. Согласно ТК РФ, никто не может быть ограничен в трудовых правах и свободах или получать какие-либо преимущества в зависимости от пола, расы, цвета кожи, национальности, языка, происхождения и т.п [67]. В РФ запрещен принудительный труд, труд в выходные, праздничные дни, за исключением случаев, предусмотренных законодательством, запрещено привлекать к труду малолетних, а также требовать от работника выполнения работ, не предусмотренных трудовым договором. Применительно к условиям труда, предусмотренным данным

проектом, не содержится особенных норм трудового законодательства, кроме указанных выше.

Таким образом, правильная организация производства, а также улучшение условий труда способствуют положительному экономическому росту (увеличение прибыли, сокращение затрат на компенсацию за работу с вредными и тяжелыми условиями труда, а также потерь, связанных с травматизмом и пр.).

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Основная часть работ при выполнении дипломной работы выполняется на ПЭВМ. В соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы», в подразделе приведены требования при работе с ПЭВМ для предотвращения негативного влияния вредных факторов производственной среды на здоровье человека.

Рабочие места с ПЭВМ, требующие высокой концентрации или значительного умственного напряжения, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5-2,0 м [68].

Допускается использовать различного рода конструкции рабочих столов, при этом его поверхность должна иметь коэффициент отражения 0,5-0,7. Необходимо обеспечить оптимальное размещение на рабочем столе используемого оборудования с учетом его конструктивных особенностей и количества, а также характера работы. На рисунке 34 представлена схема рабочего места на ПЭВМ.

Рабочее место должно располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно слева. Окна в помещениях с ПЭВМ должны быть оборудованы регулируемыми устройствами (жалюзи, занавески, внешние козырьки и т.д.).

6.2 Производственная безопасность

В процессе создания магистерской диссертации выполнены следующие виды работ:

- 1) анализ существующей документации и литературы по теме исследования;
- 2) камеральная обработка материалов полевых изысканий с использованием специального ПО;
- 3) выполнение расчетов и формирование диаграмм, таблиц;
- 4) создание чертежей, планов, схем различного назначения и масштаба.

Реализация вышеперечисленных видов работ возможна в камеральных условиях с использованием компьютерной техники. Поэтому необходимо учесть влияние опасных и вредных факторов на здоровье человека, выполняющего данные работы.

Возможные опасные и вредные производственные факторы производственной среды определены на основании ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [69].

В таблице 28 представлены основные опасные и вредные факторы при выполнении работ по теме исследования согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [69].

Таблица 28 – Опасные и вредные факторы при выполнении научно-исследовательских работ

| Источник фактора, наименование видов работ | Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015) | | Нормативные документы |
|--|--|--|--|
| | Вредные | Опасные | |
| 1) анализ существующей документации и литературы по теме исследования; 2) камеральная обработка материалов полевых изысканий с использованием специального ПО; 3) выполнение расчетов и формирование диаграмм, таблиц; 4) создание чертежей, планов, схем различного назначения и масштаба. | 1. Отклонение показателей микроклимата в помещении. 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны. 3. Шум. 4. Нервно-психические перегрузки. 5. Электромагнитное излучение. | 1. Электрический ток. 2. Пожароопасность. | ГОСТ 12.1.019-09 ГОСТ 12.1.038-82 ГОСТ 12.1.004-91 СанПиН 2.2.4.548-96 СП 52.13330.2016 СанПиН 2.2.2./2.4.1340-03 |

6.2.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Выделены вредные производственные факторы:

1. Отклонения показателей микроклимата в помещении. Допустимые микроклиматические значения параметров обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта, не вызывают отклонений здоровья и способствуют повышению работоспособности. Поэтому в помещениях, оснащенных компьютерами, необходимо поддерживать оптимальные параметры микроклимата с учетом разграничения работ на категории по СанПиН 2.2.4.548-96 [70] (Таблица 29). Данные работы можно отнести к категории Ia – интенсивность энерготрат до 120 ккал/ч (производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением).

Таблица 29 – Оптимальные параметры микроклимата для категории работ Ia

| <i>Период года</i> | <i>Параметр микроклимата</i> | <i>Величина</i> |
|--------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Холодный и переходный | Температура воздуха в помещении | 22 - 24 °С |
| | Относительная влажность | 40 - 60 % |
| | Скорость движения воздуха | до 0,1 м/с |
| Теплый | Температура воздуха в помещении | 23 - 25°С |
| | Относительная влажность | 40 - 60 % |
| | Скорость движения воздуха | 0,1 - 0,2 м/с |

При обеспечении оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять средства защиты рабочего места от радиационного переохлаждения от стеклянных поверхностей оконных проемов, в теплый период – от попадания прямых солнечных лучей.

Для поддержания нормальных параметров микроклимата в рабочей зоне необходимо применять следующие основные мероприятия: защиту от источников теплового излучения, устройство систем вентиляции, кондиционирования воздуха и отопления.

2. Недостаточная освещенность рабочей зоны. Одним из важных показателей повышения эффективности и безопасности труда является правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений, которое способствует снижению утомления и травматизма. Естественное и искусственное освещение в помещении соответствует указаниям СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [71] (таблица 30).

При создании магистерской диссертации работы выполнялись в административном здании (научно-исследовательском учреждении) в помещении для работы с дисплеями. Разряд и подразряд зрительных работ – А-2 и Б-2, соответственно. При этом плоскость нормирования освещенности и КЕО, а также высота плоскости над полом – Г-0,8 (горизонтальная); В-1,2 (вертикальная).

Таблица 30 – Нормируемые показатели освещения помещений для работы с дисплеями в научно-исследовательском учреждении [71]

| Плоскость нормирования освещенности | Искусственное освещение | | | | | Естественное | | Совмещенное | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|-------|---------------------------------|----|-------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| | Освещенность рабочих поверхностей, лк | | Цилиндрическая освещенность, лк | Р | Кп, % | КЕО e_n , % | | | |
| | Комбинированное | Общее | | | | Верхнее \ комбинированное | Боковое | Верхнее \ Комбинированное | Боковое |
| В-1,2 на экране дисплея | - | 200 | - | - | - | - | - | - | - |
| Г-0,8 на рабочих столах | 500/300 | 400 | - | 15 | 10 | 3,5 | 1,2 | 2,1 | 0,7 |

3. Повышенный уровень шума. Шум также негативно сказывается на работоспособности и оказывают вредное воздействие на здоровье человека. При длительном воздействии шума на организм человека наблюдается снижение остроты зрения, слуха, повышение кровяного давления, снижение внимания. Кроме того, сильный продолжительный шум может стать причиной функциональных изменений сердечно-сосудистой и нервной систем.

Источник шума в производственном помещении – аппаратные средства ПЭВМ (системный блок, принтер, сканер и др.). источник внешнего шума – транспортные потоки на улицах, внутриквартальные источники шума (хоз.дворы, подстанции, спортивные и игровые площадки и пр.), промышленные и энергетические предприятия. Согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах" уровень шума в помещении вычислительных машин не должен превышать 80 дБА [72].

В целях снижения уровня шума в производственных помещениях применяют следующие меры:

- 1) снижение шума в аппаратных средствах ПЭВМ;

2) создание звукоизоляции от внешнего шума. Кроме того, рекомендуется сокращать время пребывания в зонах чрезмерного шума.

4. Нервно-психические перегрузки. Негативное воздействие на человека компьютеров заключается в том, что к концу рабочего дня операторы ЭВМ ощущают головную боль, резь в глазах, тянущие боли в мышцах шеи, рук, спины. Со временем это приводит к мигреням, частичной потере зрения, сколиозу и иным заболеваниям.

Чтобы избежать подобных негативных явлений, необходимо грамотно организовывать и оборудовать рабочие места с учетом требований СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Компонировка рабочей зоны представлена в подразделе 6.2.

При продолжительной работе на ПЭВМ рекомендуется периодически переключаться на другие виды трудовой деятельности, рекомендуется организация перерывов на 10-15 мин через каждые 45-60 мин работы. Продолжительность непрерывной работы на ПЭВМ без регламентированного перерыва не должна превышать 1 ч. Ежедневная работа высокой интенсивности и с нервно-эмоциональным напряжением по 12 и более часов не допускается.

5. Повышенный уровень электромагнитных излучений. Электромагнитное поле создается магнитными катушками отклоняющей системы, находящимися около цокольной части электронно-лучевой трубки монитора. Электромагнитное поле обладает способностью биологического, специфического и теплового воздействия на организм человека.

Электромагнитное излучение, создаваемое персональным компьютером, имеет сложный спектральный состав в диапазоне частот от 0 Гц до 1000 МГц: электрическую (Е) и магнитную (Н) составляющие.

Степень биологического влияния ионизирующего излучения зависит от поглощения живой тканью энергии и ионизации молекул, которая возникает при этом. Во время ионизации в организме возникает возбуждение молекул клеток. Это предопределяет разрыв молекулярных связей и образование новых химических связей, несвойственных здоровой ткани. Под влиянием ионизирующего излучения в организме нарушаются функции внутренних

органов, растёт хрупкость и проницаемость сосудов, нарушается деятельность желудочно-кишечного тракта, снижается сопротивляемость организма, он истощается.

В настоящее время разработаны документы, регламентирующие правила пользования дисплеями. Среди наиболее безопасных, выделяются компьютеры с жидкокристаллическими экранами и мониторы с установленной защитой по методу замкнутого круга. Допустимые параметры электромагнитного поля приведены в СанПиНе 2.2.4/2.1.8.055-96 [73].

Мероприятия по снижению излучений включают:

- 1) мероприятия по сертификации ПЭВМ и аттестации рабочих мест;
- 2) применение экранов и фильтров;
- 3) применение средств индивидуальной защиты путем экранирования пользователя ПЭВМ (ПК) целиком или отдельных зон его тела;
- 4) использование иных технических средств защиты от патогенных излучений.

6.2.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Выделены опасные производственные факторы:

1. Электрический ток. Электрический ток является одним из опасных факторов при работе на ПЭВМ. Поражение человека электрическим током возможно только при замыкании электрической цепи через тело, т.е. при соприкосновении с открытыми токоведущими частями электрооборудования или электропроводами, с нарушенной изоляцией.

Согласно Правилам устройства электроустановок ПУЭ (издание 7) помещение, в котором проводятся работы, характеризуется как помещение без наличия повышенной опасности поражения электрическим током. В помещении отсутствует токопроводящая пыль и полы, влажность воздуха менее 75%, а также отсутствует возможность одновременного соприкосновения

пользователя с одной стороны к имеющим соединению с землей металлоконструкциям, и с другой – металлическим корпусам электрооборудования.

Поражение электрическим током может произойти даже при самых низких значениях напряжения. С увеличением значения тока увеличивается степень воздействия его на человека. Однако, в диапазоне напряжения от 127 до 380 В (при этом частота равна 50 Гц) наиболее часто происходит поражение током. Причиной этому может быть не только легкое расстройство, сердцебиение при частоте 50 Гц, но и повсеместное распространённость напряжения питания [66,74,75].

Обеспечение должной безопасности при работе с электрооборудованием происходит благодаря применению технических и организационных мер. Технические средства защиты делятся на коллективные и индивидуальные, а также на средства, которые предупреждают прикосновение людей к элементам сети, находящимся под напряжением, и средства, которые обеспечивают безопасность, если прикосновение все-таки произошло [75].

К основным способам и средствам защиты от поражения электрическим током относят:

- 1) защитное заземление – намеренное соединение металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением, с землей или ее эквивалентом;
- 2) защитное зануление – преднамеренное электрическое соединение нетоковедущих частей электроустановок, которые в аварийных ситуациях могут оказаться под напряжением, с глухозаземлённой нейтралью электрической сети с помощью нулевого защитного проводника;
- 3) защитное отключение;
- 4) электрическое разделение сетей;
- 5) индивидуальные средства электрозащиты;

б) ограждающие защитные средства – временной ограждений токоведущих частей, находящихся под напряжением (изолирующие накладки, щиты, барьеры);

7) уравнивание потенциалов – применяют в помещениях, имеющих заземлённые или занулённые электроустановки для повышения уровня безопасности;

8) использование малых напряжений;

9) предупредительная сигнализация [66].

Кроме вышперечисленного, рабочие места должны быть оборудованы отдельными щитами с общим рубильником электропитания, который должен находиться в легкодоступном месте, иметь закрытый зануленный металлический корпус и четкую надпись, указывающую величину номинального напряжения.

Соблюдение указанных выше требований и мер позволит обеспечить безопасную работу в помещении, оборудованном ПЭВМ.

2. Пожароопасность. В соответствии с ФЗ-123 от 22.07.2008 "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности", помещения, которые оснащены ПЭВМ, относятся к категории Д – пониженная пожароопасность [76].

Пожары в таких помещениях представляют собой особую опасность, источником возгорания могут быть различные элементы ПЭВМ, приборы для технического обслуживания и иные устройства электропитания.

При необходимости локализации небольших очагов возгораний используют первичные средства пожаротушения: огнетушители, пожарные стволы, внутренние пожарные водопроводы и пр. Пожарные краны установлены в коридорах, на лестничных площадках зданий.

Не всегда рационально использовать воду для тушения пожаров, т.к. применение воды, как средства устранения очага пожара, в помещениях, где сосредоточена компьютерная техника, может привести к повреждению или полному выходу из строя дорогостоящего оборудования. В таких помещениях

целесообразней применять углекислотные огнетушители. Такие огнетушители наиболее эффективно справятся с очагом возгорания, а также помогут сохранить электронное оборудование. Диэлектрические свойства углекислого газа позволяют использовать эти огнетушители даже в том случае, когда не удастся обесточить электроустановку сразу.

Ряд организационных мероприятий также способствует устранению причин пожара: разработка плана эвакуации; информирование сотрудников о правилах безопасности; разработка инструкций о действиях при пожаре и пр.

Технические противопожарные мероприятия обеспечивают эвакуацию людей, оборудование помещения современными автоматическими средствами сигнализации, устройство автоматических стационарных систем тушения пожаров [71].

В случае пожара в компьютерном помещении необходимо не впадать в панику и сразу же вызвать пожарную бригаду по телефону 101. Пока бригада спасателей не прибыла на место необходимо попытаться устранить очаг возгорания самостоятельно подручными средствами (водой, плотной мокрой тканью, песком, землей и т.п.). не следует открывать окна и двери, ввиду попадания потока воздуха к очагу пожара.

Запрещено тушить электроприборы, включённые в сеть, а также лить воду на электрические провода. Необходимо отключить электроэнергию во избежание поражения электрическим током. В случае, если ликвидировать очаг возгорания самостоятельно не удалось, необходимо покинуть помещение согласно плану эвакуации, расположенному в здании.

6.3 Экологическая безопасность

В данной магистерской диссертации можно выделить следующие зоны с особыми условиями использования: санитарные разрывы от транспортных коммуникаций; санитарные разрывы от инженерных коммуникаций; охранные зоны объектов инженерной инфраструктуры; придорожные полосы. Нормы

использования и порядок установления охранных зон для объектов электроэнергетики определены Постановлениями Правительства РФ от 18.11.2013 №1033 и от 24.02.2009 №160 [77]. Охранные зоны для таких объектов устанавливаются вдоль воздушных линий передач, отступая по обе стороны от крайних проводов расстояние, приведенное в таблице 31.

Таблица 31 – Размеры охранных зон [72]

| Проектный номинальный класс напряжения, кВ | Расстояние, м |
|--|---|
| 1-20 | 10 (5 - для линий с самонесущими или изолированными проводами, размещенных в границах населенных пунктов) |
| 35 | 15 |
| 110 | 20 |
| 220 | 25 |
| 500 | 30 |

Соблюдение данных требований предполагает неукоснительное исполнение. Контроль за проведением строительных работ электросетевых объектов должен осуществляться на протяжении всего процесса. Положения проектной документации таких работ должны соответствовать положениям инженерно-геологических изысканий, а также требованиям и нормам Градостроительного Кодекса РФ и ФЗ-33 «Об особо охраняемых природных территориях». Кроме того, при строительстве объектов электроснабжения должны быть соблюдены требования в области экологической безопасности в части охраны атмосферного воздуха, гидросферы, а также литосферы. В целях рационального использования и восстановления природных ресурсов при сооружении объектов электроснабжения необходимо соблюдать требования о предельно допустимых концентрациях загрязняющих веществ (от транспортных средств) атмосферы, сбросов загрязняющих веществ в подземные и поверхностные воды. Кроме того, при монтаже электросетевых объектов следует выполнять требования санитарных норм по установлению предельного уровня шума в жилой зоне: в дневное время – 55 дБА; в ночное время – 45 дБА [78]. По окончании строительства объектов инженерного обустройства необходимо произвести мероприятия, направленные

на рекультивацию и восстановление прежнего облика территорий. К таким мероприятиям относят: сохранение и восстановление зеленых насаждений; утилизация образовавшихся отходов, которые могут причинить вред атмосферному воздуху, почво-грунтам, а также водным объектам, и иные.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее типичной ЧС в помещении, при работе за компьютером, является пожар. Согласно Нормам пожарной безопасности 105-03 рабочее помещение относится к категории Д, т.к. негорючие вещества и материалы в холодном состоянии. Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Пожары в компьютерном помещении представляют особую опасность, потому что сопряжены с большими материальными потерями. Источниками пожаров могут быть электрические схемы от ПЭВМ, прибор, применяемый для технических обслуживаний, устройств электропитаний, кондиционирований воздушных потоков, в результате различных нарушений образуются перегретые элементы [76].

Технические противопожарные мероприятия обеспечивают: эвакуацию людей и оборудования; оснащение помещения современными автоматическими средствами сигнализации; устройство автоматических стационарных систем тушения пожаров.

Так же в каждой организации ежегодно должны проводиться профилактические мероприятия, связанные с проверкой средств пожаротушения (огнетушители, шланги и т.д.), проведение инструктажа по технике безопасности, и проведение учебных тревог.

Заключение

В ходе выполнения магистерской диссертации достигнута основная цель – разработан усовершенствованный алгоритм, предложенный автором, метода моделирования местности как инструмента управления земельными ресурсами.

1. В процессе выполнения работы нами оценены существующие методы создания пространственных моделей местности и отмечены их недостатки, в результате предложен усовершенствованный алгоритм моделирования местности. С использованием предложенной автором технологической схемы моделирования, основанной на геоинформационных и беспилотных технологиях, построена ЦМР исследуемой территории на основании фактических данных аэрофотосъемки, а также соответствующих исследований, проведенных автором. Результатом моделирования является идентификация объектов ситуации и выделение соответствующих классов точек плотного облака: водные объекты, объекты капитального строительства, автомобильные и полевые дороги, древесно-кустарниковые насаждения, а также территории продуктивных угодий СПК «Рыбалово».

2. По результатам моделирования создана тематическая векторная карта территории исследования, на основании которой произведена качественная и количественная оценка пространственных характеристик продуктивных угодий.

3. На основании результатов количественной оценки пространственных характеристик продуктивных угодий установлено, что коэффициент компактности границ землепользований СПК «Рыбалово» преимущественно меньше единицы, следовательно, что подтверждает благоприятный режим для ведения сельскохозяйственной деятельности конфигурации исследуемых земельных массивов. Наряду с этим, исследованный коэффициент удаленности от центральной усадьбы хозяйства на территории, показал значения меньше среднего, что является

положительным показателем управленческой деятельности СПК «Рыбалово». Однако, на территории исследования имеются участки (таблица 7), пространственная структура которых способствует вложению дополнительных издержек на производство продукции предприятия из-за возросших удельных транспортных расходов на единицу площади.

4. Произведен анализ вкрапливаний на территории исследования по результатам моделирования – установлено широкое распространение многочисленных вкрапливаний отдельных объектов в границах продуктивных угодий СПК «Рыбалово». Вкрупливания различают по форме – преобладают вкрапливания участков в форме высокоствольных древесно-кустарниковых насаждений, меньше – низкорослых кустарников и водных объектов.

5. На основании расчетных значений вычислена степень залесенности продуктивных угодий и территории исследования в целом. Согласно материалам настоящих исследований, степень залесенности территории составляет около 34%. Здесь же отмечены участки землепользования со степенью залесенности в диапазоне в пределах от одного до десяти и более 10 процентов.

6. Вышеперечисленные аспекты являются составными элементами разработанного усовершенствованного алгоритма моделирования местности, экономический эффект от внедрения которого составил около 90 тысяч рублей на аналоговый проект с территорией площадью 21,75 га, разработанный коллективом инженеров из пяти человек.

7. При анализе конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения установлено, что аэрофотосъемка является более экономически выгодным способом получения исходных данных для моделирования местности, применение методов автоматизированных алгоритмов построения позволит уменьшить временной ресурс предприятия, выполняющего проект, приблизительно на 18,4%, и сократить материальные затраты на 15% с выполнения одного проекта.

8. На основании результатов моделирования местности с учетом природных, экологических, экономических, социальных и иных особенностях исследуемой территории разработаны предложения по оптимизации мероприятий в сфере управления земельными ресурсами.

Практические результаты исследования могут быть применены при разработке проектов в сфере оптимизации и улучшения процессов управления земельно-имущественным комплексом.

Список публикаций студента

1. Протасова А.Р. Использование открытых GIS для целей градостроительства на примере левобережья города Томска / А.Р. Протасова, Ж. Е. Макажанова // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 4-8 апреля 2016 г.: в 2 т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – Т. 1. – С. 712-713.

2. Протасова А.Р. Использование овражных территорий г. Томска для целей градостроительства // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, Томск, 3-6 апреля 2017г.: в 2 т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2017. – Т.1. – С. 644-645.

3. Протасова А.Р. Анализ овражных территорий г. Томска с использованием ГИС программ // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, Томск, 3-6 апреля 2017 г.: в 2 т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2017. – Т.1. – С. 642-643.

4. Протасова А.Р. Технологии высокоточного земледелия с применением БПЛА // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXII Международного симпозиума студентов и молодых ученых имени академика М. А. Усова, Томск, 3-6 апреля 2018 г.: в 2 т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2018. – Т.1. – С. 682-684.

5. Протасова А.Р. Оценка эффективности автоматизированного метода моделирования поверхности и распознавания объектов ситуации // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXIII Международного симпозиума студентов и молодых ученых имени академика М. А. Усова. – 2019 (принята к печати).

6. Protasova A.R. Technology of object recognition situation, based on the data of air laser scanning // Problems of Geology and Subsurface Development: Proceedings of the 23d International Scientific Symposium of students, Postgraduates and young Scientists. – 2019 (принята к печати).

Список литературы

- 1) Кухтин П.В. Роль земельных ресурсов в государственной экономической системе // Науковедение. – М: ИГУПИТ, 2014. – №2.– С.1-13.
- 2) Кухтин П.В. Методология управления земельными ресурсами: монография. – М.: Карпов Е.В., 2004. – 264 с.
- 3) Ануприенко В.Ю. Управление государственной собственностью в системе региональной экономики. Учебное пособие. – М.: Изд-во Экономика, 2008. – 249 с.
- 4) Завьялов А.А. Управление имуществом в муниципальных образованиях. Учебное пособие. – М: Изд-во ВШПП, 2008. – 320 с.
- 5) Кухтин П.В. Маркетинг и экономическая оценка земельно-имущественного комплекса городов (населенных пунктов) // П.В. Кухтин, А.А. Левов. Учебно-методическое пособие // Учебно-методическое пособие. – М.: Изд-во ФГНУ «Российский научный центр государственного и муниципального управления», 2003. – 262 с.
- 6) Земельный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный закон: принят Гос. Думой 25 нояб. 2001 г: по состоянию на 31 декабря 2017 г.]. – Доступ из справ. -правовой системы «КонсультантПлюс».
- 7) Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс]: Конституция Российской Федерации с учетом поправок от 30 дек. 2008. – Доступ из справ. -правовой системы «КонсультантПлюс».
- 8) Кухтин П. В. Государственная стратегия управления земельными ресурсами на государственном и муниципальном: коллективная монография / Кухтин П. В., Левов А.А., Левов Ф.А., Левов Н.А. – М.: Изд-во «ММТК-СТРОЙ», 2013. – 448 с.
- 9) Мотгаева А.Б. Методология пространственного распределения предпринимательских структур региона на основе развития транспортной инфраструктуры: автореф. на соиск. уч. степени д.э.н.: защищен 19.05.2012 /

Моттаева Андже́ла Бахауовна. – Санкт-Петербург: гос. ун-т сервиса и экономики, 2012. – 42 с.

10) Сведения о наличии и распределении земель в Российской Федерации на 01.01.2018 (в целом по Российской Федерации) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rosreestr.ru>, свободный – (05.02.2019).

11) Волков С. Н. Как достичь эффективного управления земельными ресурсами в России? / С. Н. Волков, Комов, В. Хлыстун // Международный сельскохозяйственный журнал. – М., 2015. – № 3. – С. 3-7.

12) Варламов А. А. Земельный кадастр. Учебное пособие: в 6 т., Т.2 Управление земельными ресурсами. – М.: Изд-во КолосС, 2005. – 528 с.

13) Кресникова Н. И. Институциональные основы земельных отношений в России и в зарубежных странах: дисс. канд. э-н: 08.00.05: защищена 27.02.2006 / Н. И. Кресникова. – М.: ВИАПИти, 2006. – 182 с.

14) Барсукова Г. Н. Особенности земли как природного объекта и объекта земельных отношений // Труды КубГАУ: Изд-во КубГАУ, 2012. – № 3 (36) – С. 25 – 33.

15) Берлянт А. М. Геоинформатика / Берлянт А. М., Кошкарев А. В. Толковый словарь основных терминов. – М.: Изд-во ГИС-Ассоциация, 1999. – 204 с.

16) Тикунов В. С. Моделирование в картографии. Учебник. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 405 с.

17) Осенняя А. В. Технология оптимизации цифровой модели рельефа, полученной по данным воздушного лазерного сканирования / Осенняя А. В., Корчагина Е. В. // Отраслевые научные и прикладные исследования: Информационные технологии. – Краснодар, 2013. – № 4. – С. 85-86.

18) Nakamura X., S. Murai Digital elevation model // Sasin kinky. – 1968. – № 8. – С. 410-415.

19) ГОСТ Р 52440-2005. Модели местности цифровые. Общие требования. Дата введения 2006-07-01. Введен 28.01.2006. – М.: Стандартинформ, 2006. – 11 с.

- 20) Иванников А.Д. Прикладная геоинформатика / Иванников А.Д., Кулагин В.П., Тихонов А.Н., Цветков В.Я. // М., МАКС Пресс, 2005. –352 с.
- 21) Шварцфельд В.С. Теория и практика проектирования развития региональной сети железных дорог на основе геоинформационных технологий: дис. ...д-ра. техн. наук. – Хабаровск: ДВГУПС, 2001. – 400 с.
- 22) Бугаевский Л.М. Геоинформационные системы. Учебное пособие для вузов / Бугаевский Л.М., Цветков В.Я. – М.: Изд-во 2000, 2009. – 222 с.
- 23) Новаковский Б.А. Цифровые модели рельефа реальных и абстрактных геополей. Учебное пособие / Б.А. Новаковский, С.В. Прасолов, А.И. Прасолова. – М.: Изд-во Научный мир, 2003. – 64 с.
- 24) Хромых В.В. Цифровые модели рельефа / Хромых В.В., Хромых О.В.// Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТМЛ-Пресс, 2007. – 178 с.
- 25) Jarvis, A., J. Rubiano, A. Nelson, A. Farrow and M. Mulligan Practical use of SRTM data in the tropics: Comparisons with digital elevation models generated from cartographic data. Working Document no. 198. – Cali, International Centre for Tropical Agriculture, 2004. – 32 p.
- 26) Самардак А.С. Геоинформационные системы. Учебное пособие. – Владивосток: Изд-во ДВГУ, 2005. – 124 с.
- 27) Кошель С. М. Моделирование рельефа по изолиниям // Университетская школа географической картографии/ Под ред. А. М. Берлянта. – М.: АСПЕКТ ПРЕСС, 2005. – С.198-208.
- 28) Берлянт А.М., Востокова А.В., Кравцова В.И., Лурье И.К., Сваткова Т.Г., Серапинас Б.Б. // Картоведение. – М.: Аспект Пресс, 2003. – 477 с.
- 29) Антипов А. В. Влияние плотности точек воздушного лазерного сканирования на точность создания цифровой модели рельефа местности // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр.: сб. материалов в 6 т. – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 4, ч. 1. – С. 22–27.
- 30) Антипов А. В. Калибровка данных воздушного лазерного сканирования в программном продукте TerraSolid // ГЕО-Сибирь-2011. VII

Международ. науч. конгр.: сб. материалов в 6 т. – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 4, ч. 1. – С. 12–15.

31) Осенняя А. В., Корчагина Е. В. Технология оптимизации цифровой модели рельефа, полученной по данным воздушного лазерного сканирования // Отраслевые научные и прикладные исследования. – Новосибирск: Информационные технологии. – 2013. – № 4. – С. 85–86.

32) Слепченко А. Л. Практическая точность ЦМР, построенная по данным воздушного лазерного сканирования // Геопрофи. Новосибирск, 2007. – № 3. – С. 14–16.

33) Слепченко А. Л. Особенности составления топографических карт и планов по данным воздушного лазерного сканирования // Геопрофи. Новосибирск, 2008. – № 3. – С. 20–23.

34) Ackermann F. Airborne laser scanning-present status and future. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – Turin, 1999. – Vol. 54. – P. 64–67.

35) Axelsson P. Processing of laser scanner data - algorithms and applications // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – Turin, 1999. – Vol. 54. – P. 138–147.

36) ГИС-ассоциация [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/61342.html?>, свободный – (12.03.2019).

37) Медведев В.И. Программы для обработки данных лазерного сканирования местности / В.И. Медведев, Л.С. Райкова // САПР и ГИС автомобильных дорог. – Томск, 2017. – №2(9). – С. 10–31.

38) Wang, J Segmentation of lidar point clouds for building extraction/ Jun Wang, Jie Shan // Geomatics Engineering, School of Civil Engineering. – USA, Purdue University, 2009. – PP. 9 – 13.

39) Ольховатенко В.Е. Геоэкологические условия территории г. Томска и их влияние на городскую застройку / В.Е. Ольховатенко, В.М. Лазарев, И.С. Филимонова // Вестник МГСУ. – Томск, 2012. – №4. – С.131–139.

40) Осинцева Н.В. Оценка эрозионной опасности рельефа территории г. Томска // Вопросы географии Сибири. – Томск, 2003. – С. 56–66.

41) Рогов Г.М. Геоэкологические проблемы и водохозяйственная деятельность города / Г.М. Рогов, В.К. Попов, О.Д. Лукашевич // Вестник Иркутского гос. технического ун-та. – Иркутск, 2005. – № 21. – С. 15–16.

42) Покровский Д.С. Гидрогеологические условия и процессы подтопления территории г. Томска / Д.С. Покровский, К.И. Кузеванов // Подземные воды юга Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1987. – С. 146–153.

43) Сведения о наличии и распределении земель в Российской Федерации на 01.01.2018 (в разрезе субъектов Российской Федерации) / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rosreestr.ru>, свободный – (12.04.2019).

44) Дятел В.Н. О необходимости использования комплексных средств автоматизации управления сельскохозяйственным производством / В.Н. Дятел // Современные информационные и коммуникативные технологии в глобальном мире: вызовы и возможности. – Симферополь: Изд-во Ариал, 2017. – С. 255–257.

45) Цифровая модель рельефа. Пространственное моделирование и пространственная интерполяция. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ajt.at.ua/index/cifrovaja_model_relefa_prostranstvennoe_modelirovanie_i_prostranstvennaja_interpoljacija/0-22, свободный – (12.03.2019).

46) Винокуров А.С. Исследование алгоритмов классификации трехмерных облаков точек и их эффективная реализация на графических процессорах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uran.donetsk.ua/~masters/2009/fvti/vinokurov/diss/index.htm>, свободный – (11.02.2019).

47) Zhang K. A. Progressive Morphological Filter for Removing Nonground Measurements from Airborne LIDAR Data / Keqi Zhang, Shu-Ching Chen, Member, IEEE, Dean Whitman, Mei-Ling Shyu, Member, IEEE, Jianhua Yan, and Chengcui Zhang, Student Member // Ieee transactions on geoscience and remote sensing. – Tokyo, 2003. – №40. – PP. 872–882.

48) Yunfei B. Classification of LIDAR point cloud and generation of DTM from LIDAR height and intensity data in forested area/ Bao Yunfei a, Li Guopingb, Cao Chunxiang , Li Xiaowen, Zhang Haoa, He Qishenga, Bai Linyana, Chang Chaoyi // The

International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – Tokyo, 2008. – No 37. – PP. 313 – 318.

49) Wang J. Segmentation of lidar point clouds for building extraction / Jun Wang, Jie Shan // Geomatics Engineering, School of Civil Engineering. – USA, 2009. – PP. 9 – 13.

50) Jung Surface and terrain reconstruction from very high-resolution imagery/ Franck Jung, Nicolas Paparoditis, Frederic Bretar & Gregoire Maillet// New Strategies for European Remote Sensing. – Tokyo, 2005. – No. 1. – PP. 429 – 436.

51) Li A. New Method for Segmenting Individual Trees from the Lidar Point Cloud / Wenkai Li, Qinghua Guo, Marek K. Jakubowski, and Maggi Kelly // PHOTOGRAMMETRIC ENGINEERING & REMOTE SENSING. – Tokyo, 2012. – No. 1. – pp. 75 – 84.

52) Аникушкин М. Лазерное сканирование и 3D-моделирование для восстановления информационной модели Ростовской АЭС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17243, свободный – (15.03.2019).

53) Боговая И.О. Ландшафтное искусство / И.О. Боговая, Л.М. Фурсова // Учебник. – М.: Агропроиздат, 1988. – 223 с.

54) Mallet C. Full-waveform topographic lidar: State-of-the-art / C. Mallet, F. Bretar // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – Turin, 2009. – PP. 1–16.

55) Лазерное сканирование и последующая обработка данных в 3D для повышения качества управления промышленными объектами / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=18039, свободный – (15.03.2019).

56) Bentley acquires Pointools, vows to make point clouds ‘a fundamental data type’s / [Electronic resource.] – Access mode: <http://gfixspeak.com/2011/11/08/bentley-acquires-pointoolsvows-to-make-point-clouds-‘a-fundamental-data-type>, free – (15.03.2019).

- 57) Тесленок С. А., Тесленок К. С. Технологии ГИС и ДЗЗ в управлении ресурсами и природопользованием АПК // Проблемы и перспективы развития агропромышленного производства. – Пенза, 2014. – С. 166–181.
- 58) Барсукова Г. Н. Теоретические аспекты формирования земельного рынка // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар, 2016. – № 115. С. 389–399.
- 59) Кузьмина Е.А., Кузьмин А.М. Функционально-стоимостной анализ. Экскурс в историю // Методы качества. – М., 2002. – №7. – С. 55–59.
- 60) Функционально-стоимостной анализ. Управление стоимостью. Бизнес-тренинг исследовательской группы / Под руководством Объединенной корпорации ФСА. Президент ОК ФСА Дж. Д. Грутфис. НИЦ ФСА. – Екатеринбург: под общ. ред. к.э.н. Рыбниковой, 1995. – 245 с.
- 61) Ковалев В.В. Финансовый анализ: методы и процедуры. Учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 255 с.
- 62) Хрущ Р.М. Этапы становления и развития фотограмметрии в России // Геодезия и картография. – М., 2003, № 7.– С. 50–61 .
- 63) Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых карт и планов: ГКИНП (ГНТА)-02-036-02: Введен 01.08.2002. – М: ЦНИИГАиК, 2002. – 100 с.
- 64) Средняя зарплата в стране за 2017 год / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moikrug.ru/salaries>, свободный – (10.05.2019).
- 65) Рунов Б.А. Пути к определению эффективности и выгод от применения технологий точного земледелия / Б.А. Рунов, Н.В. Пильникова // Вестник КрасГАУ. – Красноярск, 2010. – №4. – С. 188 – 191.
- 66) ГОСТ 12.0.230-2007 ССБТ. Системы управления охраной труда. Общие требования. Дата введения 2009-07-01. Введен 01.07.2007. – М.: Стандартиформ, 2007. – 15 с.
- 67) Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный закон: принят Гос. Думой 30.12.2001 г: по состоянию на 03.07.2016 г. – Доступ из справ. -правовой системы «КонсультантПлюс».

68) СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона. Дата введения 1996-05-08. Введен 08.05.1996. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996. – 30 с.

69) ГОСТ 12.1.003-89 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. Дата введения 1984-07-01. Введен 01.07.1987. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 11 с.

70) СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. Дата введения 2016-06-21. Введен 01.01.2017. – М.: Стандартинформ, 2017. – 72 с.

71) Федеральный закон № 69-ФЗ О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон: принят Гос. Думой 21.12.1994 г: по состоянию на 13.07.2015г. – Доступ из справ. -правовой системы «КонсультантПлюс».

72) О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных на границах таких зон [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 24.02.2009 №160 – Доступ из справ. -правовой системы «КонсультантПлюс».

73) Санитарные правила и нормы 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Дата введения 2008-01-25. Введен 01.03.2008. – М.: Минздрав РФ, 2008. – 63 с.

74) ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. Дата введения 1982-07-01. Введен 30.06.1983. – М.: Стандартинформ, 2018. – 7 с.

75) СП 104.13330.2016 Строительные Нормы и Правила. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. Дата введения 2017-06-17. Введен 17.06.2017. – М.: Стандартинформ, 2017. – 48 с.

76) Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ – Доступ из справ. -правовой системы «КонсультантПлюс».

77) О порядке установления охранных зон объектов по производству электрической энергии и особых условий использования земельных участков,

расположенных в границах таких зон [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 18.11.2013 №1033 – Доступ из справ. -правовой системы «КонсультантПлюс».

78) СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Дата введения 1996-10-01. Введен 30.03.1996. – М.: Стандартинформ, 1996. – 30 с.

79) ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Дата введения 2017-03-01. Введен 10.12.2015. – М.: Стандартинформ, 2016. – 21 с.

80) ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования. Дата введения 1991-07-01. Дата введения 01.04.2001. Введен 10.04.2001. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 31 с.

81) ГОСТ 12.1.019 -09 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. Дата введения 01.04.2001. Введен 10.04.2001. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 7 с.

82) СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. Дата введения 30.06.2003. Введен 30.06.2003. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 56 с.

83) СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и территории жилой застройки. Дата введения 31.10.1996. Введен 31.10.1996. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 21 с.

84) СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. Дата введения 08.05.2017. Введен 08.05.2017. – М.: Стандартинформ, 2017. – 135 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А The fundamental of gis and spatial analysis

Приложение А(справочное)

Раздел
The fundamental of GIS and spatial analysis

Студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Да та |
|--------|-------------------------------|---------|----------|
| 2УМ71 | Протасова Анастасия Романовна | | |

Консультант школы отделения (НОЦ) ИШПР :

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Да та |
|-----------|------------------|---------------------------|---------|----------|
| Доцент ОГ | Базавлук В.А. | К.Т.Н., доцент | | |

Консультант - лингвист отделения (НОЦ) школы ШБИП

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Да та |
|------------------------------|-------------------|---------------------------|---------|----------|
| Старший преподаватель ОИЯ | Кудряшова А.В. | | | |

Introduction

GIS and spatial analysis have enjoyed a long and productive relationship over the past decades. GIS has been seen as the key to implementing methods of spatial analysis, making them more accessible to a broader range of users, and hopefully more widely used in making effective decisions and in supporting scientific research. The relationship between spatial analysis and GIS is analogous to that between statistics and the statistical packages. Much has been written about the need to extend the range of spatial analytic functions available in GIS, and about the competition for the attention of GIS developers between spatial analysis and other GIS uses, many of which are more powerful and better able to command funding. Specialised GIS packages directed specifically at spatial analysis have emerged.

Fundamental Concepts of Remote Sensing platform and sensors

Today GIS is one of the most modern advanced technologies, which many organizations use in their production activities. The use of geographic information systems is becoming an important part of the professional activities of many businesses and agencies.

The term GIS remains one of the most popular buzz words in computer industry today. GIS is perceived as one of the emerging technologies in the computer marketplace. The involvement of major computer vendors is an illustration of this fact. This popularity is not without its validity however. GIS is very much a multi-disciplinary tool for the management of spatial data. It is inherently complex because of the need to integrate data from a variety of sources. The generation of data from new sources is an ongoing development. Application specialists have traditionally attempted to research and implement new data sources into their work[1]. Most of these new data sources are based strictly on scientific technological developments.

Remote sensing will become the primary source for new data. Due to recent technological developments in hardware most GIS software can now accommodate

remotely sensed imagery at high resolutions, and in varying formats. Remote sensing data can include aerial photographs, satellite imagery, radar imagery, etc. Some of the past problems with using remotely sensed imagery have been the inability to integrate it with other data layers, particularly vector encoded data. Remote sensing specialists stress that their data is of most value when combined with, and substantiated by, other data sources. Several commercial GIS products are now offering their software bundled with an image processing software package. Many of these packages allow you to interactively view data from both systems simultaneously, and also afford the conversion of data between systems. The integration of GIS and image processing capabilities offers a great potential for resource specialists.

Remote sensing being a major driver of Geographic information Science (GIScience) and Geographic Information Technology (GIT) is the acquisition of information about an object or phenomenon without making physical contact with the object [1]. Remote sensing is in direct contrast to direct onsite observation and makes possible data collection over large, dangerous, and inaccessible areas. As such, it is an essential tool in intelligence work. Remote sensing historically referred to the use of satellite and airborne sensors to detect and classify objects related to human activity on Earth. However, this definition has been expanding to include newer types of collection systems (LiDAR, RADAR) as well as terrestrial collection systems.

The history of remote sensing as a governmental activity, a commercial industry, and an academic field provides a perspective on development of the technology and emergence of remote sensing as a key technology. Accounts of remote sensing history generally begin in the 1800s, following the development of photography. Many of the early advancements of remote sensing can be tied to military applications, which continue to drive most of remote sensing technology development even today. However, after World War II, the use of remote sensing in science and infrastructure extended its reach into many areas of academia and civilian life[1]. The recent revolution of geospatial technology and applications, linked to the explosion of computing and internet access, brings remote sensing technology and applications into the everyday lives of most people on the planet. It is important to

understand the motivation behind technology development and to see how technology contributes to the broader societal, political, and economic framework of geospatial systems, science, and intelligence, be the application military, business, social, or environmental intelligence.

Remote sensing in GEOINT is evolving to include multiple layers of integrated sensing systems. Some of these are not what one would think of as the traditional systems found on space or airplane platforms. The layers of sensors are characterized by an integration of sensors, infrastructure, and exploitation capabilities. Such layered sensing provides decision makers with redundant, timely, trusted, and relevant information. Layered sensing might be divided by the vertical dimension [2]:

1. Spaceborne layer. Sensor operated by large national organizations. Although the number of these large organizations is small, they collect a vast amount of sensor data. An example of this might be imagery produced by a governmental entity such as the United States National Reconnaissance Office or a commercial entity like Digital Globe.

2. Airborne layer. This layer includes a moderate number of sensors, perhaps focused on a region, and information tailored to a specific need. Examples are a fleet of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) gathering full motion video or aircraft flying missions with a suite of sensors.

3. Terrestrial layer. This layer includes a large number of sensors focused on a small area or the individual. These sensors need not be optical. An example sensor in the layer could be an individual's cell phone. In contrast to the other two traditional sensor layers, this layer is comprised of a small number of high quality (and expensive) sensors. Trends in personal computing devices and consumer electronics have made possible dense sensor networks at no direct cost to the collecting organization.

An underwater layer can be added to this multi-dimensional view. While the underwater sensors are different, the applications of underwater sensors are similar to terrestrial sensors. Industrial applications are related to oil or mineral extraction,

pipelines, and commercial fisheries. Military and homeland security applications include autonomous vehicles, securing port facilities, and de-mining.

Remote sensing and the exploitation of remotely sensed data are human activities aided by technology. Misinterpretation and ill-informed decision making can easily occur if the individuals involved do not understand the operating principles of the remote sensing system used to create the data, which is in turn used to derive information. Humans select the remote sensing system to collect the data, specify the various resolutions of the remote sensor data, calibrate the sensor, select the platform that will deliver the sensor, determine when the data will be collected, and specify how the data are processed.

Remote sensing can be done from space (using satellite platforms), from the air (using aircraft platforms), and from the ground (using static and vehicle-based systems). The same type of sensor, such as a multispectral digital frame camera, may be deployed on all three types of platforms for different applications. Each type of platform has unique advantages and disadvantages in terms of spatial coverage, access, and flexibility.

Since the launch of the first satellite-based remote sensing, mapping has grown. Interestingly enough, even as more satellites are launched, the demand for data acquired from airborne platforms continues to grow. The historic and growth trends for both airborne and spaceborne remote sensing are well-documented in the ASPRS Ten-Year Industry Forecast. The well-versed geospatial intelligence professional should be able to discuss the advantages and disadvantages for each type of platform [2]. They should also be able to recommend the appropriate data acquisition platform for a particular application and problem set. While the number of satellite platforms is quite low compared to the number of airborne platforms, the optical capabilities of satellite imaging sensors are approaching those of airborne digital cameras. However, there will always be important differences, strictly related to characteristics of the platform, in the effectiveness of satellites and aircraft to acquire remote sensing data.

Since the 1967 inception of the Earth Resource Technology Satellite (ERTS) program (later renamed Landsat), mid-resolution spaceborne sensors have provided the vast majority of multispectral datasets to image analysts studying land use/land cover change, vegetation and agricultural production trends and cycles, water and environmental quality, soils, geology, and other earth resource and science problems. Landsat has been one of the most important sources of mid-resolution multispectral data globally.

The French SPOT satellites have been another important source of high-quality, mid-resolution multispectral data. The imagery is sold commercially, and is significantly more expensive than Landsat. SPOT can also collect stereo pairs; images in the pair are captured on successive days by the same satellite viewing. Collection of stereo pairs requires special control of the satellite; therefore, the availability of stereo imagery is limited. Both traditional photogrammetric terrain extraction techniques, as well as automatic correlation, can be used to create topographic data in inaccessible areas of the world, especially where a digital surface model may be an acceptable alternative to a bare-earth elevation model.

DigitalGlobe, a commercial company, collects high-resolution, multispectral imagery which is sold commercially to users throughout the world. US Department of Defense users and partners have access to these datasets through commercial procurement contracts; therefore, these satellites are quickly becoming a critical source of multispectral imagery for the geospatial intelligence community. Bear in mind that the trade-off for high spatial resolution is limited geographic coverage. For vast areas, it is difficult to obtain seamless, cloud-free, high-resolution multispectral imagery within the single season or at the particular moment of the phenological cycle of interest to the researcher.

One obvious advantage satellites have over aircraft is global accessibility; there are numerous governmental restrictions that deny access to airspace over sensitive areas or over foreign countries. Satellite orbits are not subject to these restrictions, although there may well be legal agreements to limit distribution of imagery over particular areas.

The design of a sensor destined for a satellite platform begins many years before launch and cannot be easily changed to reflect advances in technology that may evolve during the interim period. While all systems are rigorously tested before launch, there is always the possibility that one or more will fail after the spacecraft reaches orbit. The sensor could be working perfectly, but a component of the spacecraft bus (attitude determination system, power subsystem, temperature control system, or communications system) could fail, rendering a very expensive sensor effectively useless. The financial risk involved in building and operating a satellite sensor and platform is considerable, presenting a significant obstacle to the commercialization of space-based remote sensing.

Satellites are placed at various heights and orbits to achieve desired coverage of the Earth's surface. When the orbital speed exactly matches that of the Earth's rotation, the satellite stays above the same point at all times, in a geostationary orbit. This is useful for communications and weather monitoring satellites. Satellite platforms for electro-optical (E/O) imaging systems are usually placed in a sun-synchronous, low-earth orbit (LEO) so that images of a given place are always acquired at the same local time[2]. The revisit time for a particular location is a function of the individual platform and sensor, but generally it is on the order of several days to several weeks. While orbits are optimized for time of day, the satellite track may not always coincide with cloud-free conditions or specific vegetation conditions of interest to the end-user of the imagery. Therefore, it is not a given that usable imagery will be collected on every sensor pass over a given site.

1. Airborne. Aircraft often have a definite advantage because of their flexibility. They can be deployed wherever and whenever weather conditions are favorable. Clouds often appear and dissipate over a target over a period of several hours during a given day. Aircraft on site can respond with a moment's notice to take advantage of clear conditions, while satellites are locked into a schedule dictated by orbital parameters. Aircraft can also be deployed in small or large numbers, making it possible to collect imagery seamlessly over an entire county or state in a matter of days or weeks simply by having lots of planes in the air at the same time.

Aircraft platforms range from the very small, slow, and low flying, to twin-engine turboprop and small jets capable of flying at altitudes up to 35,000 feet[2]. Unmanned platforms (UAVs) are becoming increasingly important, particularly in military and emergency response applications, both international and domestic. Flying height, airspeed, and range are critical factors in choosing an appropriate remote sensing platform. Modifications to the fuselage and power system to accommodate a remote sensing instrument and data storage system are often far more expensive than the cost of the aircraft itself. While the planes themselves are fairly common, choosing the right aircraft to invest in requires a firm understanding of the applications for which that aircraft is likely to be used over its lifetime.

The scale and footprint of an aerial image is determined by the distance of the sensor from the ground; this distance is commonly referred to as the altitude above the mean terrain (AMT). The operating ceiling for an aircraft is defined in terms of altitude above mean sea level. It is important to remember this distinction when planning for a project in mountainous terrain. For example, the National Aerial Photography Program (NAPP) and the National Agricultural Imagery Program (NAIP) both call for imagery to be acquired from 20,000 feet AMT. In the western United States, this often requires flying much higher than 20,000 feet above mean sea level [2].

With airborne systems, the flying height is determined on a project-by-project basis depending on the requirements for spatial resolution, GSD, and accuracy. The altitude of a satellite platform is fixed by the orbital considerations described above; scale and resolution of the imagery are determined by the sensor design. Medium resolution satellites, such as Landsat, and high-resolution satellites, such as GeoEye, orbit at nearly the same altitude, but collect imagery at very different ground sample distance (GSD).

2. Terrestrial. Terrestrial sensors include seismic, acoustic, magnetic, and pyroelectric transducers, and optical and passive imaging sensors to detect the presence of persons or vehicles. Terrestrial sensors may be part of a wireless sensor network (WSN) of spatially-distributed sensors intended to monitor and to report the

data through a network to a main location. There are GPS sensors and motion detectors in your smartphone. Terrestrial sensors have become abundant because they keep getting smaller and cheaper, and network connectivity has increased. With new microelectronics design, a microchip that costs less than a dollar can now link an array of sensors to a low-power wireless communications network.

3. New techniques for analysis. New methods that have emerged in the data-rich computational environment are now available to scientists. These include neural nets (Fischer, Chapter 19), new methods of optimisation such as simulated annealing and genetic techniques, and computationally intensive simulation. The term geocomputation has been suggested. Anselin and others have extended the principles of exploratory data analysis to spatial data [2].

The prospects for spatial analysis have never been better. Data are available in unprecedented volume, and are easily accessed over today's communication networks. More methods of spatial analysis are implemented in today's GIS than ever before, and GIS has made methods of analysis that were previously locked in obscure journals easy and straightforward to use. Nevertheless, today's environment for spatial analysis raises many issues, not the least of which is the ability of users to understand and to interpret correctly. Questions are being raised about the deeper implications of spatial analysis, and the development of databases that verge on invasion of individual privacy.

We need now to think about spatial analysis not just in terms of outcomes, but also in terms of inputs. It seems clear that tomorrow's science will be increasingly driven by complex interactions, as data become increasingly commodified, technology increasingly indispensable to science, and conclusions increasingly consensual.

Spatial Analysis. Digital elevation modeling

In the scientific literature there is no common usage of the terms Digital Elevation Model (DEM), Digital Terrain Model (DTM) and Digital Surface Model (DSM). In the most cases the term Digital Terrain Model represents the earth's surface and includes all objects on it. In contrast to a DTM, the Digital Elevation Model represents the bare ground surface without any objects like plants and buildings. The Digital Surface Model represents any of the «z» surfaces (temperature, wind speed, underground water level etc.)

A DEM can be represented as a raster (a grid of squares, also known as a heightmap when representing elevation) or as a triangular irregular network (TIN). The TIN DEM dataset is usually referred as a primary (measured) DEM, whereas the Raster DEM is often referred as a secondary (computed) DEM, because it is in most of the cases derived from a primary DEM using a spatial interpolation method [3].

DEMs are commonly built from land surveying, photogrammetry or topography, but in the last decades they may also be built using remote sensing techniques. DEMs are used often in geographic information systems, and are the most common basis for digitally-produced relief maps. The DEM could be acquired through techniques such as LiDAR, IfSAR, etc. [3]. While a DTM may be useful for landscape modeling, city modeling and visualization applications, a DSM is often required for flood or drainage modeling, land-use studies, geological applications, and much more.

Modeling terrain relief via DEM is a powerful tool in GIS analysis and visualization. DEM can be stored in a GIS database in several ways:

- 1) a rectangular grid of equal-spaced corner/point heights,
- 2) a set of contour lines, or
- 3) an irregularly spaced set of points.

There are the following elementary DEM operations:

1. Bilinear interpolation. In mathematics, bilinear interpolation is an extension of linear interpolation for interpolating functions of two variables (x and y)

on a regular grid. The interpolated function should not use the term of x^2 or y^2 , but xy , which is the bilinear form of x and y [3].

The key idea is to perform linear interpolation first in one direction, and then again in the other direction. Although each step is linear in the sampled values and in the position, the interpolation as a whole is not linear but rather quadratic in the sample location.

2. Dynamic surfaces. Dynamic surface interpolation techniques apply the same function repeatedly to a small portion of the total set of sample points for which data have been observed.

3. Nearest Neighbor. The nearest neighbor algorithm selects the value of the nearest point, and does not consider the values of neighboring points at all, yielding a piecewise-constant interpolant. The algorithm is very simple to implement.

4. Moving average. The most common method used in GIS is the Spatial Moving Average. This process involves calculating a new value for each known location based upon a range of values associated with neighboring points. The new value will usually be a weighted average of all the points within a predefined neighborhood (usually a circle).

The basic problem with spatial moving average techniques is the number of variations that exist. It is, therefore, highly probable that the spatial moving average functions available in one proprietary GIS system will produce significantly different results from those in another GIS. This is because different systems will allow you to select different distance decay models, select the number of points used in the model, and apply different procedures for handling those points which fall on the edge of a neighborhood. This method Inverse Distance Weighted (IDW) in ArcGIS 3D Analyst [3].

5. Natural neighbor. Using Natural neighbor method the calculation to IDW, but the selection of the involved points is based on the Thiessen polygon of the new point. Every neighbor is used, which has an Thiessen polygon overlap. The weight is proportional with the overlapped area.

Conclusion

The prospects for spatial analysis have never been better. Data are available in unprecedented volume, and are easily accessed over today's communication networks. More methods of spatial analysis are implemented in today's GIS than ever before, and GIS has made methods of analysis that were previously locked in obscure journals easy and straightforward to use. Nevertheless, today's environment for spatial analysis raises many issues, not the least of which is the ability of users to understand and to interpret correctly. Questions are being raised about the deeper implications of spatial analysis, and the development of databases that verge on invasion of individual privacy.

References

1. Ned Horning Remote Sensing: Encyclopedia of Ecology (Second Edition). – York, NY, United States, 2019. – Volume 4. – PP. 404 – 413.
2. Jeremy J. Sofonia, Stuart Phinn, Chris Roelfsema, Farid Kendoul, Yannik Rist Modelling the effects of fundamental UAV flight parameters on LiDAR point clouds to facilitate objectives-based planning // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – Australia, 2019. – PP. 105 – 118.
3. David E. Shean, Oleg Alexandrov, Zachary M. Moratto, Benjamin E. Smith, Paul Morin An automated, open-source pipeline for mass production of digital elevation models (DEMs) from very-high-resolution commercial stereo satellite imagery // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – USA, 2016. – PP. 101 – 117.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

ПРИЛОЖЕНИЕ Е