

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика
Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка и исследование алгоритмов решения геодезических задач с использованием Web-технологий

УДК 004.421:528.2/.5:004:004.774

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8БМ61	Гейцман Регина Юрьевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШИТР	Рыбалка Сергей Анатольевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ШИП	Шاپовалова Наталья Владимировна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШНКБ	Авдеева Ирина Ивановна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ИШИТР	Коваль Тамара Васильевна			

Планируемые результаты обучения по направлению подготовки

01.04.02 Прикладная математика и информатика

Код результата	Результат обучения
1	2
Общекультурные компетенции	
ОК-1	Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу.
ОК-2	Готовность действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения.
ОК-3	Готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала.
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК-1	Готовность к коммуникации в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности.
ОПК-2	Готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия.
ОПК-3	Способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе, в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять своё научное мировоззрение.
ОПК-4	Способность использовать и применять углубленные знания в области прикладной математики и информатики.

Продолжение таблицы

1	2
ОПК-5	Способность использовать углублённые знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности, при разработке и осуществлении социально значимых проектов.
Профессиональные компетенции	
ПК-1	Способность проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива.
ПК-2	Способность разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач.
ПК-3	Способность углубленного анализа проблем, постановки и обоснования задач научной и проектно-технологической деятельности.
ПК-4	Способность разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности.
ПК-5	Способность управлять проектами, планировать научно-исследовательскую деятельность, анализировать риски, управлять командой проекта.
ПК-6	Способность организовывать процессы корпоративного обучения на основе технологий и развития корпоративных баз знаний.
ПК-7	Способность разрабатывать и оптимизировать бизнес-планы научно-прикладных проектов

Окончание таблицы

1	2
ПК-8	Способность разрабатывать корпоративные стандарты и профили функциональной стандартизации приложений, систем, информационной инфраструктуры.
ПК-9	Способность к преподаванию математических дисциплин и информатики в образовательных организациях основного общего, среднего общего, среднего профессионального и высшего образования.
ПК-10	Способность разрабатывать учебно-методические комплексы для электронного и мобильного обучения.
ПК-11	Способность разрабатывать аналитические обзоры состояния области прикладной математики и информационных технологий.
ПК-12	Способность к взаимодействию в рамках международных проектов и сетевых сообществ.
ПК-13	Способность осознавать корпоративную политику в области повышения социальной ответственности бизнеса перед обществом, принимать участие в её развитии.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика
 Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
8БМ61	Гейцман Регине Юрьевне

Тема работы:

Разработка и исследование алгоритмов решения геодезических задач с использованием Web-технологий	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Литературные источники; Методология проведения геодезических и маркшейдерских измерений; Классические методы решения задач засечки.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	– Новые подходы к решению задач геодезической засечки; – Исследование свойств СЛАУ; – Разработка Web-приложения; – Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; – Социальная ответственность.
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шаповалова Наталья Владимировна
Социальная ответственность	Авдеева Ирина Ивановна
Английский язык	Комиссарова Ольга Валентиновна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
3 Разработка web-приложения для решения геодезических задач	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыбалка Сергей Анатольевич	К. Т. Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8БМ61	Гейцман Регина Юрьевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа: 123 с., 35 рис., 24 табл., 42 источника, 1 прил.

Ключевые слова: геодезическая задача, нахождение координат, комбинированные измерения, SVD-разложение, web-приложение.

Объектом исследования данной работы являются базовые задачи геодезии.

Цель работы – разработка и введение в эксплуатацию Web-приложения выполняющего вычисления возникающие при решении базовых задач геодезии с максимальной автоматизацией.

В процессе исследования проводились теоретические и экспериментальные исследования алгоритмов решения базовых геодезических задач, на основе которых было создано web-приложение

В результате исследования разработано web-приложение, которое размещено на сервере Томского политехнического университета.

Научная новизна состоит в разработке принципиально нового подхода к решению классических задач геодезии, допускающего максимальную автоматизацию.

Степень внедрения: работа выполнена на актуальную тему. В настоящее время web-приложение находится в свободном доступе для любого пользователя сети Интернет.

Область применения: разработанное web-приложение может применяться как индивидуальными пользователями-геодезистами, так и при проведении расчетов на предприятиях.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в повышении скорости выполнения расчетов, снижении ручного труда, удешевлении стоимости проведения расчетов.

В будущем планируется провести оптимизацию кода и расширение функционала web-приложения.

Определения

В данной работе используются следующие термины с соответствующими определениями:

геодезия: отрасль производства, связанная с определением пространственных характеристик местности и искусственных объектов.

маркшейдерия: раздел горных наук, изучающий на основе измерений, вычислений, геометрических и графических построений размер, форму и другие параметры залежей полезных ископаемых и пространственное положение горных выработок.

измерение: последовательность действий для определения отношения измеряемой величины к другой однородной величине, принятой обществом за единицу, хранящуюся в техническом средстве (средстве измерений).

погрешность измерения: отклонение измеренного значения величины от её истинного значения.

вычислительная погрешность: погрешность, возникающая при математической обработке измерений.

дирекционные измерения: вид геодезических измерений, результатом которых являются горизонтальные или вертикальные углы.

дистанционные измерения: вид геодезических измерений, результатом которых является расстояние между точками.

интернет: всемирная компьютерная сеть электронной связи, объединяющая региональные, национальные, локальные и другие сети.

свайп: управляющий жест при работе с сенсорным экраном, при котором палец кладут на экран и проводят в каком-либо направлении.

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

Обозначение	Наименование
ГОСТ 12.0.003-2015	ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
ГОСТ 12.1.003-83	ССБТ. Шум. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.1.004-91	ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования
ГОСТ Р 50923-96	Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения
ГОСТ 12.1.038-82	ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов
ГОСТ 12.1.045-84	ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
ГОСТ 12.2.032-78	ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03	Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий
СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03	Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
СанПиН 2.2.2.548-96	Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
СНиП 23-05-95*	Естественное и искусственное освещение

Оглавление

Введение.....	12
1 Обзор литературы	14
2 Объект и методы исследования.....	16
2.1 Обзор приборов, используемых в геодезии.....	19
2.2 Погрешности появляющиеся при проведении измерений.....	21
2.3 Задачи засечки и классические методы их решения.....	23
2.4 Разработка новых методов.....	28
2.4.1 Нахождение координат неизвестной точки по исходным дирекционным измерениям	28
2.4.2 Нахождение координат неизвестной точки по исходным дистанционным измерениям.....	29
2.4.3 Нахождение координат неизвестной точки по исходным комбинированным измерениям	30
2.5 Сингулярное разложение матрицы.....	38
2.6 Характеристики матриц, описывающие решение СЛАУ.....	38
2.7 Проведение численных экспериментов	39
3 Разработка web-приложения для решения геодезических задач.....	43
3.1 Декомпозиция процесса разработки (задачи).....	45
3.2 Проектирование требований к web-приложению.	45
3.3 Проектирование архитектуры web-приложения	47
3.4 Выбор web-технологий для создания приложения.....	48
3.4.1 Клиентская часть web-приложения.....	49
3.4.2 Серверная часть приложения.....	52
3.5 Реализация модулей web-приложения	53
3.5.1 Программная часть приложения (back-end)	53
3.5.2 Клиентская часть приложения (front-end)	54
3.6 Размещение готового web-приложения на серверах университета для свободного доступа пользователей.....	64
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	67
4.1 Предпроектный анализ.	67
4.1.1 Портрет потенциального потребителя.....	67
4.1.2 SWOT-анализ.....	67

4.1.3	Инициация проекта	68
4.1.4	Организация и планирование работ	70
4.2	Вывод	84
5	Социальная ответственность	87
5.1	Производственная безопасность	87
5.1.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	88
5.2	Экологическая безопасность	94
5.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	94
5.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	97
5.4.1	Эргономические требования к рабочему месту	97
5.5	Вывод	100
6	Заключение	101
7	Список использованных источников	102
8	Приложения	106

Введение

Инженерная геодезия разрабатывает методы организации геодезических работ для решения геодезических задач. Величины, которые получают в результате проведения геодезических работ бывают измеренными (полученные непосредственным сравнением величины с единицей средства измерения) и вычисленными (полученными на основе других величин с применением специализированных алгоритмов). Измерения в геодезии являются количественной и качественной основой для изучения поверхности Земли, отдельных ее фрагментов и ресурсов, для получения исходной информации при решении различных инженерно-геодезических задач и выполнения топографических работ. Каждое измерение имеет две характеристики: количественную (величина угла, длина линии, превышение, площадь участка местности и т.п.) и качественную (точность).

Так как измерения носят массовый характер и выполняются в огромных количествах актуальной является задача обеспечить быстрый и автоматизированный процесс вычисления. В начале развития области геодезии все расчеты и вычисления производились в ручном режиме, отчего были не лишены вычислительных и случайных ошибок. Все вычисления приходилось проверять и переделывать по несколько раз. Постепенно, с развитием математики и информатики все вычисления стали производиться с помощью вычислительных машин, компьютеров. На сегодняшний день геодезические работы не мыслимы без задействования вычислительных машин и программного обеспечения. Изменился и процесс сбора информации: механические теодолиты заменились электронными, длинные рулетки сменились лазерными дальномерами. Электронное геодезическое оборудование позволяет производить записи всех полевых измерений в запоминающие устройства и передавать для обработки соответствующим программным продуктам. И наоборот, все подготовленные исходные данные скачиваются из компьютера в электронные приборы для исполнения разбивочных работ. Это дает возможность

увеличить производительность труда, точность выполнения работ, избегая влияния грубых погрешностей из-за влияния человеческого фактора. Однако, такое высококласное оборудование со встроенными компьютерами очень дорогостоящее и не каждая организация может себе его позволить.

В связи с этим актуальной задачей является создание автоматизированного метода обработки геодезических данных с целью эффективного использования имеющейся вычислительной техники. Автоматизация процесса позволит сократить время, затрачиваемое на решение задач. Что в свою очередь приведет к уменьшению стоимости проведения вычислительных работ.

Целью данной работы: разработка и введение в эксплуатацию Web-приложения выполняющего вычисления возникающие при решении базовых задач геодезии с максимальной автоматизацией.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ существующих методов решения геодезических задач, выявить их сильные и слабые стороны;
- модифицировать алгоритм для решения задач;
- описать требования к разрабатываемому приложению;
- спроектировать интерфейс web-приложения;
- реализовать модули и функционал для решения задач геодезии.

Объектом исследования являются базовые задачи геодезии.

Предметом исследования являются задачи геодезической засечки и алгоритмы ее решения посредством линейных уравнений

Научная новизна состоит в разработке принципиально нового подхода к решению классических задач геодезии, допускающего максимальную автоматизацию.

Практическая значимость работы состоит в теоретической разработке новых методов и их реализации в форме web-приложения доступного для широкого круга пользователей

1 Обзор литературы

Геодезия (в переводе с греч. «землеразделение») возникла в глубокой древности и развивалась с ростом потребностей человека в жилье, делении земельных массивов, изучении природных богатств и их освоении.

Термин «геодезия» предложен величайшим мыслителем древности Аристотелем для обозначения выделившейся из геометрии того времени науки о межевании земель, включающей расчеты их площадей и описание средств измерений на местности. Им же была сформулирована основная задача геодезии: определение формы и размеров Земли.

Интенсивное развитие геодезии начинается в эпоху великих географических открытий в связи с необходимостью создания карт новых территории, оживлением торговых связей, ведением военных действий. Развитию и совершенствованию методов геодезических работ способствовали достижения в области математики, физики, астрономии. Так, например, изобретение Галилеем в 1609 г. зрительной трубы резко повысило точность геодезических измерений.

При проведении геодезических измерений принято проводить кратные измерения, то есть измерять одну и ту же величину несколько раз. Наличие избыточных измерений способствует повышению точности искомых величин, произвести оценку точности самих измерений и контролировать их. С наличием избыточных измерений связана задача уравнивания, которая заключается в получении искомой величины используя все известные данные. К. Гаусс и А.Марков доказали, что задача уравнивания наилучшим образом решается с помощью метода наименьших квадратов [8]. В 1809 г. Гаусс в работе «Теория движения небесных тел, вращающихся вокруг Солнца» научно обосновал принцип наименьших квадратов [13].

Труды авторов XVII–XVIII вв. подготовили основу метода наименьших квадратов и современной теории погрешностей измерений. Фундаментальный вклад в развитие и совершенствование теории вероятностей и МНК внесли

русские и советские ученые П.Л. Чебышев, А.А. Марков, А.М. Ляпунов, А.Н. Колмогоров, А.Я. Хинчин, Н.В. Смирнов, Ю.В. Линник.

В 1836 г. русским военным геодезистом А.П. Болотовым было создано первое практическое руководство по применению метода наименьших квадратов для геодезических вычислений [6]. Академик А.Н. Савич в 1857 г. написал книгу «Приложение теории вероятностей к вычислению наблюдений и геодезических измерений», которая была позже издана на немецком языке в Германии [32].

Неопределенность результатов, возникающая из-за избыточного числа измерений, при наличии погрешностей привела к необходимости нахождения наилучших решений. Такие решения рассмотрены в работах Р. Коутса, Л. Эйлера, Р.И. Босковича, И.Г. Ламберта, Ж.Л. Лагранжа, П.С. Лапласа.

В конце XIX и начале XX вв. появились работы русских ученых Г.А. Тиме, В.И. Баумана и П.М. Леонтовского по применению теории вероятностей и метода наименьших квадратов при обработке маркшейдерских измерений [5, 24]. Большая заслуга в создании практических руководств по обработке таких сетей принадлежит советским геодезистам И.М. Герасимову и И.Ю. Пранис-Праневичу. Метод Пранис-Праневича (обработка геодезических сетей с расчленением их на отдельные участки) положен в основу различных современных модификаций групповых способов обработки [31]. Оригинальный метод графического уравнивания геодезических построений был предложен проф. Н.Г. Келлем [21].

Современная теория математической обработки измерений тесно взаимосвязана с теорией вероятностей и математической статистикой; в ней используется математический аппарат матричной алгебры. Использование при изложении теории математической обработки измерений матричной символики позволило, во-первых, заменить, традиционные громоздкие алгебраические выкладки, во-вторых, получить новые научные и практические результаты.

Основы современной теории математической обработки измерений изложены в работах академиков А.Н. Колмогорова «К обоснованию метода наименьших квадратов» и Ю.В. Линника «Метод наименьших квадратов и

основы теории обработки измерений», профессор Ю.А. Гордеева «Обобщение приемов оценки точности положения пунктов плановых опорных геодезических сетей» и А.И. Мазмишвили «Способ наименьших квадратов» [15, 22, 25, 26].

Современный уровень развития окружающего мира определяет новые задачи и роль геодезии. Это обусловлено стремительным прогрессом развития технических средств, программных продуктов и вычислительных машин. К тому же возросла потребность в получении точной пространственной информации. Эффективный анализ и обработка исходных данных вышли на первый план, оставив за собой сбор и проведение измерений.

2 Объект и методы исследования

Под результатом геодезического измерения подразумевается конечный результат, который получается в процессе всех произведённых измерений и вычислений. Например, конечным результатом может быть высота точки, её плановые координаты, площадь участка и т.п.

За единицу линейных измерений (расстояний, горизонтальных проложений, высот, превышений) в геодезии принят метр, за единицу измерений горизонтальных и вертикальных углов—градус, минута, секунда[42].

Результаты геодезических измерений в своей группе могут быть равноточными и неравноточными. Если измерения выполнены прибором одного и того же класса точности, по одной и той же методике (программе), в одинаковых внешних условиях, одним и тем же наблюдателем (либо наблюдателями одной квалификации), то такие измерения относят к равноточным. При несоблюдении хотя бы одного из перечисленных выше условий результаты измерений классифицируют как неравноточные.

По своему назначению геодезические измерения бывают:

- угловые;
- линейные;

- нивелирные (измеряются высоты или превышения);
- координатные (измеряются координаты или их приращения);
- гравиметрические (измеряют ускорения силы тяжести).

Обозначенные на местности специальными геодезическими знаками точки с известными координатами, от которых выполняют геодезические измерения, называются исходными (опорными). Эти точки рассчитаны на длительную сохранность и использование. Взаимное положение исходных точек определяется измерениями высокой точности, позволяющей принимать эти точки за исходный каркас при выполнении на его основе последующих видов геодезических работ. Такая опора называется геодезической сетью, а ее точки – пунктами. Если для ее пунктов установлено взаимное положение только на поверхности относимости или горизонтальной плоскости, то она – плановая. Если для пунктов исходной геодезической опоры установлено их взаимное положение и по высоте, то она – высотная.

Точки, положение которых на местности необходимо определить, называют определяемыми.

Все геодезические работы по их производственному признаку можно условно разделить на три процесса: измерительные, вычислительные и графические. По месту выполнения их обычно делят на полевые и камеральные [42].

Целью полевых работ, которые занимают значительное место, является сбор метрической информации об объектах местности для создания планово-картографического материала на определенную территорию. Полевые работы являются в основном «измерительными» и они связаны с постоянным перемещением на местности. Полевые работы включают выбор места установки и закрепление долговременных и временных геодезических пунктов, выполнение измерений геодезическими инструментами и приборами: теодолитами и тахеометрами (горизонтальных и вертикальных углов); нивелирами (превышений); мерными металлическими рулетками и лентами, лазерными рулетками и дальномерами (расстояний). Результаты измерений

записываются в различные журналы, форма и содержание которых определяется инструкциями. Современные электронные приборы позволяют напрямую сохранять полученные измерения в компьютер для дальнейшей обработки.

В камеральных (офисных) условиях выполняется математическая обработка результатов измерений. Вычислительный процесс производится по определенным алгоритмам с использованием различной вычислительной техники.

Завершающим этапом является «графический» процесс, который состоит в оформлении измерительных и вычислительных материалов в соответствующие геодезические чертежи – планы, карты, профили на бумажной основе или в электронном виде.

Базовыми задачами в геодезии являются:

- Прямая геодезическая задача – заключается в нахождении координаты определяемой точки по известной координате заданной точки, расстоянию между ними и дирекционному углу с заданной точки на определяемую;
- Обратная геодезическая задача – это задача определения дирекционного угла с одной точки на другую и расстояния между ними по известным координатам этих точек;
- Решение треугольника – определение по известным стороне и двум углам значение третьего угла и величину двух других сторон треугольника;
- Переход от дирекционного угла одного направления к дирекционному углу другого направления, исходящему из одной и той же точки;
- Определение вычисления горизонтального угла по дирекционным углам направлений, составляющих этот угол.

Данные задачи являются классическими и их решением занимался не один ученый. Было предложено множество способов решения этих задач. Простейшие из них опираются на геометрию и тригонометрию.

2.1 Обзор приборов, используемых в геодезии

Все измерения производят с помощью определенных приборов, приемов и способов, которые применяют соответственно в каждом конкретном случае. В зависимости от этого геодезические съемки имеют названия: теодолитная, тахеометрическая, мензульная и др. Если при съемке определяется только плановое положение объектов местности и контуров, то съемка называется горизонтальной или контурной (теодолитной). Если при съемке определяется и высотное положение объектов местности и контуров, то съемка называется топографической (тахеометрической).

Теодолитом называется прибор для получения горизонтальных и вертикальных углов (рис. 1).



Рисунок 1 – Теодолит

Теодолиты предназначены для измерения углов в теодолитных и тахеометрических ходах, для измерения расстояний с использованием нитяного дальномера, определения магнитного азимута с применением буссоли, используются при создании плановых и высотных съемочных сетей.

Для установки теодолита над точкой, с которой проводятся измерения, используется штатив (рис. 2).



Рисунок 2 – Штатив для теодолита

Теодолит устанавливают на плоскость головки штатива и закрепляют станковым винтом. На крючок внутри винта подвешивают нитяной отвес для центрирования теодолита над измеряемой точкой. В современных теодолитах нитяные отвесы заменены лазерными прицелами.

Расстояния измеряются измерительными лентами, светодальномерами, лазерными дальномерами. Широкое распространение получили светодальномеры для измерения дистанций от точки к точке: на одной устанавливается светодальномер, а на второй – отражатель.

Светодальномеры состоят из:

- источника света или излучателя, обычно лазера;
- отражателя (размещается на другом конце измеряемой линии);
- приемника/анализатора.

Световой поток посылается из передатчика в сторону отражателя, а отражатель посылает сигнал в обратную сторону. Светодальномер с пассивным отражением осуществляет измерение расстояний до предметов, не используя отражатель, а опираясь на отражательные способности самих предметов. Погрешность таких дальномеров не превышает 10 мм.

Тахеометр — геодезический инструмент для измерения расстояний, горизонтальных и вертикальных углов. Тахеометры (рис. 3) позволяют

определять расстояния, высоту недоступного объекта, определять координаты, выполнять обратную засечку.



Рисунок 3– Тахеометр

Современные тахеометры – наиболее интеллектуальные приборы, оснащенные большой внутренней памятью, позволяющей надежно хранить данные съемки. На некоторых моделях электронных тахеометров возможна загрузка координат из персонального компьютера для последующего выноса в натуру. Управление современными тахеометрами облегчено наличием буквенно-цифровых клавиатур и дисплеев.

Программное обеспечение тахеометров дает возможность выполнять расчеты с доскональной точностью, исключающей вероятность ошибок и с минимальной погрешностью. Объемная внутренняя память тахеометров предназначена для хранения значительного количества полученных во время съемки геодезических данных, которые в современных тахеометрах свободно интегрируются в предназначенные для обчета программы.

2.2 Погрешности появляющиеся при проведении измерений

Геодезические измерения, выполняемые даже в очень хороших условиях, сопровождаются погрешностями, т.е. отклонением результата измерений от

истинного значения измеряемой величины. Истинным значением будем называть такое, которое идеальным образом отражало бы количественные свойства объекта. Соответственно, точность измерений есть степень близости измерения к истинному значению.

Погрешности, влияющие на итоговый результат, бывают трех типов:

1. Неустраняемая погрешность исходных данных, обусловленная погрешностями при проведении измерений;
2. Погрешность, вносимая методом решения задачи;
3. Вычислительная погрешность (ошибки округления и записи промежуточных результатов).

Наиболее вероятным источником возникновения погрешности является то, что зачастую измерения проводятся не точно из точки на точку, а, например, из центра прибора на точку.

Так же погрешности на этапе сбора данных могут возникать вследствие:

- Установки прибора в стороне от точки, с которой производится измерение (например, в случае, когда точка из которой должно производиться измерение недоступна);
- Некорректной установки прибора (например, когда центр измерительного прибора не отцентрирован относительно точки измерения или отцентрирован с большим отклонением);
- В случае, если центр прибора не расположен в центре штатива могут возникать ошибки при центрировании;
- В случае, когда отражатель устанавливается в стороне от точки на которую производится измерение;
- Погрешности при прицеливании на отражатель(точку);
- В случае, если полученный результат измерения был записан с ошибкой – погрешность регистрации измерения.

На указанные выше источники погрешности невозможно повлиять после проведения измерений. Основным приемом контроля и повышения точности вычисляемых измерений является повторное проведение одних и тех же

измерений[9]. Минимальное число измерений необходимых для решения поставленной задачи называется необходимым. Число измерений проведенных сверх числа необходимых измерений называется избыточным. Например, при решении плоского треугольника число необходимых измерений равно трем (одно измерение – линейное, два – угловые, или наоборот). Следует отметить, что при решении задачи с необходимым количеством данным нет возможности оценить погрешности решения.

Проведение избыточных измерений позволяет обнаруживать грубые погрешности и промахи. Вместе с приведенными достоинствами проведения избыточных измерений появляются и недостатки. Например, в некоторых случаях проведение избыточных измерений является экономически невыгодным, так как данный подход увеличивает объем измерительных и вычислительных работ, что в свою очередь повышает стоимость решения поставленной задачи.

2.3 Задачи засечки и классические методы их решения

Засечкой называется метод определения координат отдельной точки измерением элементов, связывающих ее положение с исходными пунктами. Засечки различают прямые, обратные и комбинированные. В прямой засечке измерения выполняют на исходных пунктах; в обратной – на определяемом пункте; в комбинированной – на исходных и определяемом пунктах. В зависимости от вида измерений засечки бывают угловые, линейные, линейно-угловые[27].

В данной работе исследовалось решение нахождения координат искомой точки методом засечек. Метод засечек – способ определения координат искомой точки (опорного пункта) с помощью измерения длин отрезков, соединяющих эту точку с некоторыми точками с известными координатами, или углов между направлениями этих отрезков. В зависимости от вида измеряемых величин засечки разделяют на угловые, линейные и комбинированные[27]. При

проведении вычислений имеем задачи прямой и обратной геодезической засечки.

Задача прямой геодезической засечки заключается в нахождении координат искомой точки по координатам двух известных точек и измеренным углам A и B (рис. 4)[23].

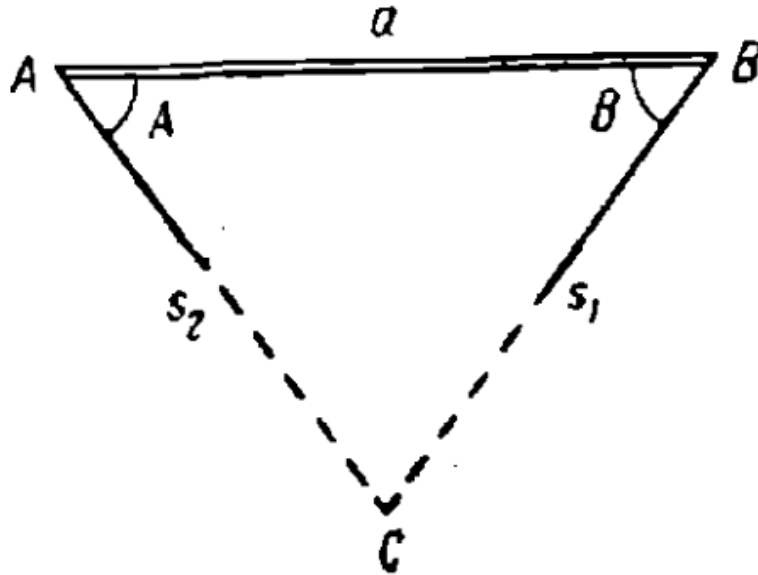


Рисунок 4 – Прямая однократная засечка

Решение задачи прямой однократной засечки происходит по следующему алгоритму [7]

$$tg(AB) = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

$$d = (x_B - x_A) \sec(AB) = (y_B - y_A) \operatorname{cosec}(AB)$$

$$AC = \frac{d}{\sin(A+B)} * \sin(B) = d * \operatorname{cosec}(A+B) * \sin(B)$$

$$BC = \frac{d}{\sin(A+B)} * \sin(A) = d * \operatorname{cosec}(A+B) * \sin(A)$$

$$\angle(AC) = \angle(AB) + \angle A$$

$$\angle(BC) = \angle(BA) - \angle B$$

$$\Delta x_{AC} = AC * \cos(\angle(AC)), \Delta y_{AC} = AC * \sin(\angle(AC))$$

$$\Delta x_{BC} = BC * \cos(\angle(BC)), \Delta y_{BC} = BC * \sin(\angle(BC))$$

$$x_C = x_A + \Delta x_{AC} = x_B + \Delta x_{BC}, \quad y_C = y_A + \Delta y_{AC} = y_B + \Delta y_{BC}$$

Существуют и иные формулы решения прямой угловой засечки, например, формулы котангенсов углов треугольника (формулы Юнга):

$$x_p = \frac{x_A \operatorname{ctg} \beta_2 + x_B \operatorname{ctg} \beta_1 + y_B + y_A}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2}, \quad y_p = \frac{y_A \operatorname{ctg} \beta_2 + y_B \operatorname{ctg} \beta_1 + x_A - x_B}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2}$$

Задача обратной геодезической засечки сводится к нахождению координат искомой точки Р путем измерения на этой точке углов между направлениями как минимум на три исходных пункта с известными координатами. На практике для получения надежного контроля и повышения точности определения координат искомой точки используют многократную обратную засечку не менее чем по четырем исходным пунктам (рис. 5). В этом случае решение обратной засечки выполняют независимо по двум комбинациям исходных пунктов (напр., пункты 1, 2, 3 и 1, 3, 4) [20].

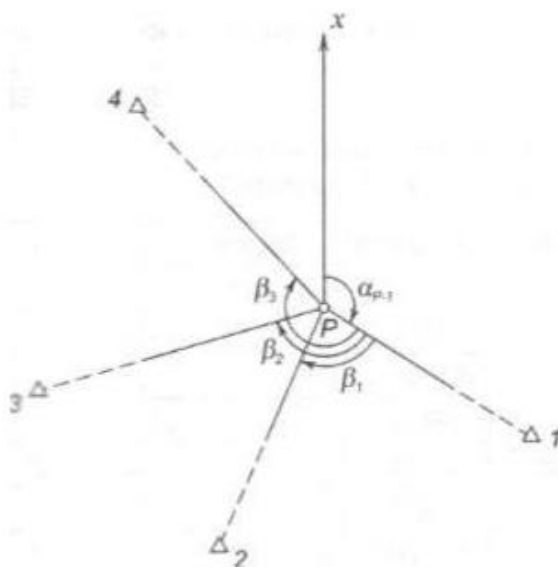


Рисунок 5 – Задача обратной засечки

Рассмотрим решение задачи обратной засечки на примере с использованием трех известных точек. По известным координатам $T_1(x_1, y_1)$, $T_2(x_2, y_2)$, $T_3(x_3, y_3)$ и измеренным углам β_1 и β_2 необходимо найти координаты точки Р (рис. 6).

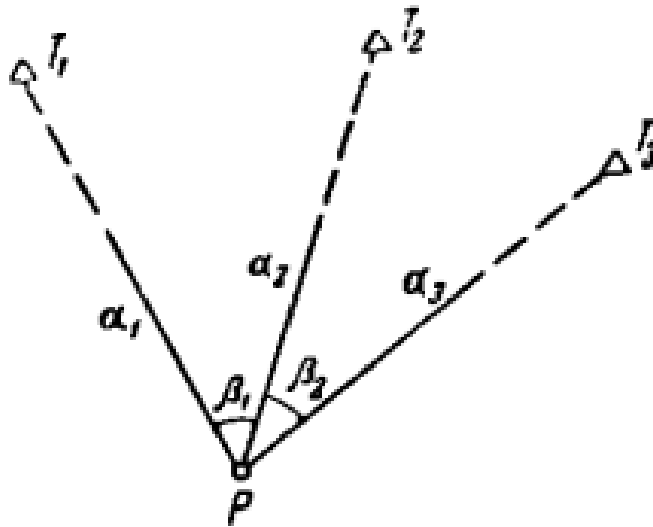


Рисунок 6 – Обратная геодезическая засечка

Алгоритм решения задачи обратной засечки представлен формулами 11 – 4 [4]:

$$tg(\alpha_1) = \frac{(y_2 - y_1)ctg\beta_1 + (y_1 - y_3)ctg\beta_2 + (x_3 - x_2)}{(x_2 - x_1)ctg\beta_1 + (x_1 - x_3)ctg\beta_2 - (y_3 - y_2)}$$

$$\alpha_2 = \alpha_1 + \beta_1, \alpha_3 = \alpha_1 + \beta_2$$

$$x_p - x_3 = \frac{(x_1 - x_3)tga_1 - (y_1 - y_3)}{tga_1 - tga_3}, x_p - x_1 = \frac{(x_1 - x_3)tga_3 - (y_1 - y_3)}{tga_1 - tga_3}$$

$$y_p - y_3 = (x_p - x_3)tga_3, y_p - y_1 = (x_p - x_1)tga_1$$

Для контроля правильности проведенных расчетов используется формула:

$$tga_2 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1},$$

Еще одним способом решения обратной геодезической засечки являются формулы Пранис-Праневича. Для использования этих формул используют 3 координаты известных точек и 2 измеренных угла. При схематичном изображении исходных точек на рисунке, данные нумеруются против часовой стрелки (рис. 7).

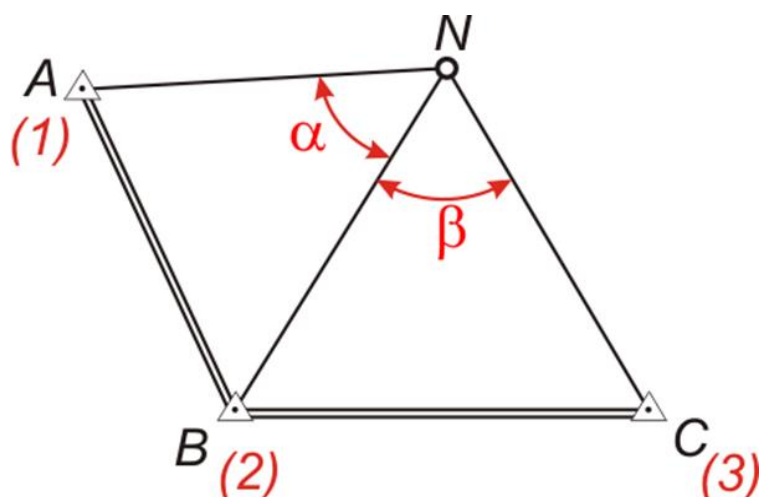


Рисунок 7 – Исходные данные для использования формул
Пранис-Праневича

После нумерации пунктов используют формулы Пранис-Праневича и находят координаты искомой точки:

$$tg(\alpha_1) = \frac{(y_2 - y_1)ctg\alpha - (y_3 - y_2)ctg\beta + (x_1 - x_3)}{(x_2 - x_1)ctg\alpha - (x_3 - x_2)ctg\beta - (y_1 - y_3)};$$

$$Z_1 = (y_2 - y_1)(ctg\alpha - ctg\gamma) - (x_2 - x_1)(1 + ctg\alpha ctg\gamma);$$

$$Z_2 = (y_3 - y_2)(ctg\beta + ctg\gamma) + (x_3 - x_2)(1 - ctg\beta ctg\gamma);$$

$$Z = \frac{(Z_1 + Z_2)}{2};$$

$$\Delta x_N = \frac{Z}{1 + ctg^2\gamma}; \Delta y_N = \Delta x_N ctg\gamma;$$

$$x_N = x_2 + \Delta x_N; y_N = y_2 + \Delta y_N.$$

Существует еще несколько способов и формул решения задачи обратной засечки: формулы С.Г. Молочкова, формулы Даламбера, формулы Гаусса[4].

Из вышеописанных классических методов решения задач прямой и обратной засечки очевидно, что процесс нахождения решения затруднен в виду большого количества математических операций. Данные способы не лишены недостатков, таких как небольшая точность решения, возможность присутствия неустранимых погрешностей (промахов измерений и вычислительных ошибок со стороны человека), большое число ручных вычислений. В связи с чем актуальной является задача исследования новых способов решения геодезических задач.

2.4 Разработка новых методов

В данной главе описаны разработанные методы решения задач геодезии. На их основе в последствии будет разработано web-приложение.

2.4.1 Нахождение координат неизвестной точки по исходным дирекционным измерениям

Рассмотрим задачу, когда известны координаты исходных точек X_i , $i = \overline{1, n}$ и направления P_i с них на искомую точку X_z . Для этой задачи был предложен вариант решения с помощью построения системы линейных уравнений [11].

Координаты известной точки X_i и измеренный из нее вектор направления P_i на неизвестную точку X_z определяют уравнение прямой, проходящей через точки X_z и X_i :

$$X_z = X_i + d_i \cdot P_i \quad (1)$$

где X_z – координаты произвольной точки, принадлежащей данной прямой, d_i – скаляр, определяющий расстояние от точки X_i до X_z . Минимально необходимое количество измерений для определения координат неизвестной точки равно двум (точка пересечения двух лучей, исходящих из X_1 и X_2 на X_z).

Приравнивая правые части уравнений (1) для различных пар точек получаем систему уравнений вида(2)

$$X_i + d_i \cdot P_i = X_j + d_j \cdot P_j, i, j = \overline{1, n}, i \neq j. \quad (2)$$

Всего таких равенств можно получить $C_n^2 = \frac{n \cdot (n-1)}{2}$, т.е. число сочетаний из n по 2. Каждая пара точек X_i и X_j даст уравнение вида (2). которое после преобразований можно привести к системе линейных уравнений вида:

$$\tilde{P} \cdot \tilde{D} = \tilde{X}, \quad (3)$$

где матрица системы

$$\tilde{P} = \begin{bmatrix} P_1 & -P_2 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ P_1 & 0 & -P_3 & 0 & \dots & 0 \\ & & \vdots & & & \\ P_1 & 0 & 0 & \dots & 0 & -P_n \\ & & \vdots & & & \\ 0 & \dots & 0 & 0 & P_{n-1} & -P_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

вектор правой части

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} X_2 - X_1 \\ X_3 - X_1 \\ \vdots \\ X_n - X_{n-1} \end{bmatrix} \quad (5)$$

а вычисляемый вектор неизвестных равен:

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

При этом также оценка вектора неизвестных \tilde{D} может быть получена в виде $\bar{D} = \tilde{P}^+ + \tilde{X}$.

2.4.2 Нахождение координат неизвестной точки по исходным дистанционным измерениям

В данном случае в качестве исходных данных для нахождения координат неизвестной точки X_z имеем координаты исходных точек X_i , $i = \overline{1, n}$ и измеренные с них расстояния R_i , $i = \overline{1, n}$ до точки X_z . Подход к решению данной задачи аналогичен случаю с дирекционными измерениями [12].

Уравнение, связывающее координаты точек X_z и X_i и расстояние R_i между ними:

$$(X_i - X_z)^T (X_i - X_z) = R_i^2, \quad (7)$$

или

$$X_z^T X_z - 2X_z^T X_i = R_i^2 - X_i^T X_i, \quad (8)$$

где X_i – векторы координат известных точек, X_z – вектор координат неизвестной точки, R_i – расстояния между точками X_i и X_z . В случае, если $i = 1, 2, \dots, n$, то может быть получено n уравнений вида

(8). Для каждой пары таких уравнений, вычитая j -тое уравнения из i -го, получаем

$$2X_z^T(X_j - X_i) = R_i^2 - R_j^2 + X_j^T X_j - X_i^T X_i, \quad (9)$$

Всего таких уравнений вида (9) можно получить $C_n^2 = \frac{n \cdot (n-1)}{2}$. Эти уравнения образуют систему вида

$$\aleph X_z = \aleph, \quad (10)$$

где матрица системы \aleph имеет вид

$$\aleph = \begin{pmatrix} (X_2 - X_1)^T \\ \vdots \\ (X_n - X_{n-1})^T \end{pmatrix}. \quad (11)$$

Вектор правой части \aleph

$$\aleph = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} B_{1,2} \\ \vdots \\ \frac{1}{2} B_{n-1,n} \end{pmatrix}, \quad (12)$$

где, согласно (9), $B_{ij} = R_i^2 - R_j^2 + X_j^T X_j - X_i^T X_i$. Решение системы X_z и есть вектор координат неизвестной точки.

В случае, когда точки лежат в одной плоскости, матрица становится вырожденной. Задача будет иметь два решения – две точки, расположенные зеркально относительно плоскости.

2.4.3 Нахождение координат неизвестной точки по исходным комбинированным измерениям

Рассмотрим вариант, когда необходимо вычислить координаты точки X_z по имеющимся координатам точек X_1 и X_2 , дистанционным измерениям R_1, R_2 произведенным с точек X_1 и X_2 и координате точки Y_1 с которой произведено угловое измерение P_1 точку X_z . Имеющиеся координаты точек заданы в форме вектор-столбцов в декартовой системе координат.

Расстояние от искомой точки X_i до любой другой точки, включая описанные известные точки, определяется из уравнения:

$$(X_z - X_i)^T (X_z - X_i) = R_i^2. \quad (13)$$

Уравнения двух сфер образуют систему вида:

$$\begin{cases} (X_z - X_1)^T (X_z - X_1) = R_1^2 \\ (X_z - X_2)^T (X_z - X_2) = R_2^2 \end{cases} \quad (14)$$

Выполнив перемножение в левых частях уравнений и вычтем из первого уравнения системы второе:

$$2(X_2 - X_1)^T \cdot X_z = (R_2^2 - X_2^T X_2) - (R_1^2 - X_1^T X_1), \quad (15)$$

Уравнение (15) есть уравнение плоскости с ведущим вектором $(X_2 - X_1)$, которой принадлежит искомая точка X_z .

Как было показано ранее, по результатам углового измерения P_1 из известной точки на неизвестную имеем уравнение:

$$X_z = Y_1 + d_1 \cdot P_1, \quad (16)$$

где P_1 – вектор направления.

Подставив выражение (16) в соотношение (15) получим:

$$2(Y_1 + d_1 \cdot P_1)^T \cdot X_1 - 2(Y_1 + d_1 \cdot P_1)^T \cdot X_2 = (R_2^2 - X_2^T X_2) - (R_1^2 - X_1^T X_1), \quad (17)$$

Отсюда d_1 определяется как

$$d_1 = \frac{(R_2^2 - X_2^T X_2) - (R_1^2 - X_1^T X_1) + 2Y_1^T}{2P_1^T(X_1 - X_2)}. \quad (18)$$

Подставив (18) в уравнение (16), получим вектор координат неизвестной точки X_z из выражения:

$$X_z = Y_1 + \frac{(R_2^2 - X_2^T X_2) - (R_1^2 - X_1^T X_1) + 2Y_1^T(X_2 - X_1)}{2P_1^T(X_1 - X_2)} \cdot P_1, \quad (19)$$

Из анализа выражений (18) и (19) следует, что решения X_z не существует, если $P_1^T(X_1 - X_2) = 0$, т.е. луч(16) лежит в плоскости (15) или параллелен этой плоскости.

Набор из трех точек с известными координатами, двух дистанционных и одного углового измерения является минимально необходимым набором данных для решения поставленной задачи.

При обобщении на большее число точек будем иметь следующую постановку задачи.

Пусть для точек $X_i, i = \overline{1, n}, n \geq 2$, с известными координатами $X_i = (x_i, y_i, z_i)^T$, произведены дистанционные измерения $R_i, i = \overline{1, n}$, а из точек $Y_k, k = \overline{1, m}, m \geq 1$, угловые измерения вдоль векторов $P_k, k = \overline{1, m}$, на точку X_z с неизвестными координатами $X_z = (x_z, y_z, z_z)^T$. Требуется определить координаты неизвестной точки X_z .

При такой постановке задачи для каждой пары уравнений, описывающих сферы заданных радиусов, как это показано в выражениях (14) и (15), может быть получено уравнение плоскости, которой принадлежит определяемая точка X_z . Для n уравнений сфер может быть получено $C_n^2 = \frac{n!}{2! \cdot (n-2)!}$ таких уравнений плоскостей. Подлежащая определению точка X_z лежит на пересечении каждой такой плоскости и каждого из лучей, определяемых по результатам дирекционных измерений. Для каждой пары плоскость–прямая можно сформировать выражение вида (17) и вычислить соответствующий параметр d_i из выражения (18). А выражение (19) показывает, как могут быть вычислены координаты такого пересечения:

$$\left\{ \begin{array}{l} X_z = Y_1 + \frac{(R_2^2 - X_2^T X_2) - (R_1^2 - X_1^T X_1) + 2Y_1^T (X_2 - X_1)}{2P_1^T (X_1 - X_2)} \cdot P_1; \\ X_z = Y_2 + \frac{(R_2^2 - X_2^T X_2) - (R_1^2 - X_1^T X_1) + 2Y_2^T (X_2 - X_1)}{2P_2^T (X_1 - X_2)} \cdot P_2; \\ \vdots \\ X_z = Y_m + \frac{(R_2^2 - X_2^T X_2) - (R_1^2 - X_1^T X_1) + 2Y_m^T (X_2 - X_1)}{2P_m^T (X_1 - X_2)} \cdot P_m; \\ X_z = Y_1 + \frac{(R_3^2 - X_3^T X_3) - (R_1^2 - X_1^T X_1) + 2Y_1^T (X_3 - X_1)}{2P_1^T (X_1 - X_3)} \cdot P_1; \\ \vdots \\ X_z = Y_1 + \frac{(R_n^2 - X_n^T X_n) - (R_{n-1}^2 - X_{n-1}^T X_{n-1}) + 2Y_1^T (X_n - X_{n-1})}{2P_1^T (X_{n-1} - X_n)} \cdot P_1; \\ X_z = Y_2 + \frac{(R_n^2 - X_n^T X_n) - (R_{n-1}^2 - X_{n-1}^T X_{n-1}) + 2Y_2^T (X_n - X_{n-1})}{2P_2^T (X_{n-1} - X_n)} \cdot P_2; \\ \vdots \\ X_z = Y_m + \frac{(R_n^2 - X_n^T X_n) - (R_{n-1}^2 - X_{n-1}^T X_{n-1}) + 2Y_m^T (X_n - X_{n-1})}{2P_m^T (X_{n-1} - X_n)} \cdot P_m. \end{array} \right. , \quad (20)$$

Эта система представляет собой множество возможных решений — пересечения одного луча, исходящего из точки Y_k , с плоскостью, сформированной из-за пересечения сфер с центрами в точках X_i и X_j .

Уравнение из системы можно записать в кратком виде:

$$X_Z = Y_k + D_{ijk}P_k \quad (21)$$

Коэффициент D_{ijk} в покоординатной форме расписывается как:

$$D_{ijk} = \frac{(R_j^2 - x_j^2 - y_j^2 - z_j^2) - (R_i^2 - x_i^2 - y_i^2 - z_i^2) + 2(x_{Yk}(x_j - x_i) + y_{Yk}(y_j - y_i) + z_{Yk}(z_j - z_i))}{2(x_{Pk}(x_i - x_j) + y_{Pk}(y_i - y_j) + z_{Pk}(z_i - z_j))}$$

Т

$$\begin{cases} x_Z = x_{Y1} + D_{1,2,1}x_{P1} \\ y_Z = y_{Y1} + D_{1,2,1}y_{P1} \\ z_Z = z_{Y1} + D_{1,2,1}z_{P1} \\ \vdots \\ x_X = x_{Ym} + D_{n-1,n,m}x_{Pm} \\ y_X = y_{Ym} + D_{n-1,n,m}y_{Pm} \\ z_X = z_{Ym} + D_{n-1,n,m}z_{Pm} \end{cases} \quad (22)$$

Указанные выше системы записаны в предположении, что все измерения и проведены точно, без погрешностей, с известной точки на определяемую. В реальных условиях проведение геодезических измерений сопровождается трудностями с доступом к точке и прибор может быть установлен со смещением относительно известной точки. Или, в случае, когда измерение на определяемую точку невозможно, проводят измерение на вспомогательную точку. Измерения проводятся из некоторой точки в пространстве, которая смещена от известной точки. И измерение производится на некоторую точку, смещенную от определяемой точки. Эти смещения различны.

Независимо от геодезической формы записи математически эти смещения можно перевести в пространственные векторы. Обозначим векторы смещения от реперной точки, где стоит прибор как Ω_i или Ω_Z в зависимости от того это известная точка или неизвестная. А смещение от определяемой точки как \bar{U}_i или \bar{U}_Z .

н
и
й

$$\text{Тогда система } \left\{ \begin{array}{l} X_Z = Y_1 + \frac{(R_2^2 - X_2^T X_2) - (R_1^2 - X_1^T X_1) + 2Y_1^T (X_2 - X_1)}{2P_1^T (X_1 - X_2)} \cdot P_1; \\ X_Z = Y_2 + \frac{(R_2^2 - X_2^T X_2) - (R_1^2 - X_1^T X_1) + 2Y_2^T (X_2 - X_1)}{2P_2^T (X_1 - X_2)} \cdot P_2; \\ \vdots \\ X_Z = Y_m + \frac{(R_2^2 - X_2^T X_2) - (R_1^2 - X_1^T X_1) + 2Y_m^T (X_2 - X_1)}{2P_m^T (X_1 - X_2)} \cdot P_m; \\ X_Z = Y_1 + \frac{(R_3^2 - X_3^T X_3) - (R_1^2 - X_1^T X_1) + 2Y_1^T (X_3 - X_1)}{2P_1^T (X_1 - X_3)} \cdot P_1; \\ \vdots \\ X_Z = Y_1 + \frac{(R_n^2 - X_n^T X_n) - (R_{n-1}^2 - X_{n-1}^T X_{n-1}) + 2Y_1^T (X_n - X_{n-1})}{2P_1^T (X_{n-1} - X_n)} \cdot P_1; \\ X_Z = Y_2 + \frac{(R_n^2 - X_n^T X_n) - (R_{n-1}^2 - X_{n-1}^T X_{n-1}) + 2Y_2^T (X_n - X_{n-1})}{2P_2^T (X_{n-1} - X_n)} \cdot P_2; \\ \vdots \\ X_Z = Y_m + \frac{(R_n^2 - X_n^T X_n) - (R_{n-1}^2 - X_{n-1}^T X_{n-1}) + 2Y_m^T (X_n - X_{n-1})}{2P_m^T (X_{n-1} - X_n)} \cdot P_m. \end{array} \right. ,$$

(20) может быть записана в виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} X_Z = Y_1 - U_Z + \left(\frac{(R_2^2 - (X_2 + \Omega_2)^T (X_2 + \Omega_2))}{2P_1^T (X_1 + \Omega_1 - X_2 - \Omega_2)} - \frac{(R_1^2 - (X_1 + \Omega_1)^T (X_1 + \Omega_1)) + 2(Y_1 + \Omega_{Y_1})^T (X_2 + \Omega_2 - X_1 - \Omega_1)}{2P_1^T (X_1 + \Omega_1 - X_2 - \Omega_2)} \right) P_1 \\ \vdots \\ X_Z = Y_M - U_Z + \left(\frac{(R_2^2 - (X_2 + \Omega_2)^T (X_2 + \Omega_2))}{2P_M^T (X_1 + \Omega_1 - X_2 - \Omega_2)} - \frac{(R_1^2 - (X_1 + \Omega_1)^T (X_1 + \Omega_1)) + 2(Y_M + \Omega_{Y_M})^T (X_2 + \Omega_2 - X_1 - \Omega_1)}{2P_M^T (X_1 + \Omega_1 - X_2 - \Omega_2)} \right) P_M \\ X_Z = Y_1 - U_Z + \left(\frac{(R_3^2 - (X_3 + \Omega_3)^T (X_3 + \Omega_3))}{2P_1^T (X_1 + \Omega_1 - X_3 - \Omega_3)} - \frac{(R_1^2 - (X_1 + \Omega_1)^T (X_1 + \Omega_1)) + 2(Y_1 + \Omega_{Y_1})^T (X_3 + \Omega_3 - X_1 - \Omega_1)}{2P_1^T (X_1 + \Omega_1 - X_3 - \Omega_3)} \right) P_1 \\ \vdots \\ X_Z = Y_1 + \frac{(R_N^2 - X_N^T X_N) - (R_{N-1}^2 - X_{N-1}^T X_{N-1}) + 2Y_1^T (X_N - X_{N-1})}{2P_1^T (X_{N-1} - X_N)} P_1 \\ X_Z = Y_1 - U_Z + \left(\frac{(R_N^2 - (X_N + \Omega_N)^T (X_N + \Omega_N))}{2P_1^T (X_{N-1} + \Omega_{N-1} - X_N - \Omega_N)} - \frac{(R_{N-1}^2 - (X_{N-1} + \Omega_{N-1})^T (X_{N-1} + \Omega_{N-1})) + 2(Y_1 + \Omega_{Y_1})^T (X_N + \Omega_N - X_{N-1} - \Omega_{N-1})}{2P_1^T (X_{N-1} + \Omega_{N-1} - X_N - \Omega_N)} \right) P_1 \\ \vdots \\ X_Z = Y_M + \frac{(R_N^2 - X_N^T X_N) - (R_{N-1}^2 - X_{N-1}^T X_{N-1}) + 2Y_M^T (X_N - X_{N-1})}{2P_M^T (X_{N-1} - X_N)} P_M \\ X_Z = Y_M - U_Z + \left(\frac{(R_N^2 - (X_N + \Omega_N)^T (X_N + \Omega_N))}{2P_M^T (X_{N-1} + \Omega_{N-1} - X_N - \Omega_N)} - \frac{(R_{N-1}^2 - (X_{N-1} + \Omega_{N-1})^T (X_{N-1} + \Omega_{N-1})) + 2(Y_M + \Omega_{Y_M})^T (X_N + \Omega_N - X_{N-1} - \Omega_{N-1})}{2P_M^T (X_{N-1} + \Omega_{N-1} - X_N - \Omega_N)} \right) P_M \end{array} \right. \quad (23)$$

К

а

к

в

измерений, он может получить более точные результаты на этапе математической обработки измерений.

Рассмотрим второй метод построения системы линейных уравнений. Постановка задачи формулируется так же, как для первого метода.

Пусть для точек $X_i, i = \overline{1, n}, n \geq 2$, с известными координатами $X_i = (x_i, y_i, z_i)^T$, произведены дистанционные измерения $R_i, i = \overline{1, n}$, а из точек $Y_k, k = \overline{1, m}, m \geq 1$, угловые измерения вдоль векторов $P_k, k = \overline{1, m}$, на точку X_z с неизвестными координатами $X_z = (x_z, y_z, z_z)^T$. Требуется определить координаты неизвестной точки X_z .

Первым шагом составляем уравнение, связывающее координаты известной точки X_i , неизвестной точки X_z и расстояние R_i между ними:

$$X_z^T X_z - 2X_z^T X_i = R_i^2 - X_i^T X_i. \quad (24)$$

Для пары известных точек X_1 и X_2 и точки X_z можно получить два уравнения вида

$$(25) -$$

(26):

$$X_z^T X_z - 2X_z^T X_1 = R_1^2 - X_1^T X_1, \quad (25)$$

$$X_z^T X_z - 2X_z^T X_2 = R_2^2 - X_2^T X_2. \quad (26)$$

Точка Y_1 и вектор P_1 определяют прямую, на которой лежит определяемая точка X_z . Откуда следует, что векторное произведение векторов $X_z - Y_1$ и P_1 равно нулю:

$$(X_z - Y_1) \times P_1 = 0. \quad (27)$$

Соберем выражения указанные выше выражения в систему:

$$\begin{cases} X_z^T X_z - 2X_z^T X_1 = R_1^2 - X_1^T X_1 \\ X_z^T X_z - 2X_z^T X_2 = R_2^2 - X_2^T X_2 \\ (X_z - Y_1) \times P_1 = 0. \end{cases}$$

Определим вектор вида $X_{расч} = (X_z^T X_z, x_z, y_z, z_z)^T$, где x_z, y_z, z_z – координаты неизвестной точки X_z , а $X_z^T X_z$ – квадрат длины вектора X_z .

Матрица коэффициентов и вектор свободных членов этой системы равны:

$$\aleph = \begin{pmatrix} 1 & -2x_1 & -2y_1 & -2z_1 \\ 1 & -2x_2 & -2y_2 & -2z_2 \\ 0 & 0 & z_{P1} & -y_{P1} \\ 0 & -z_{P1} & 0 & x_{P1} \\ 0 & y_{P1} & -x_{P1} & 0 \end{pmatrix}, \quad \aleph = \begin{pmatrix} R_1^2 - X_1^T X_1 \\ R_2^2 - X_2^T X_2 \\ y_{Y1} \cdot z_{P1} - z_{Y1} \cdot y_{P1} \\ -x_{Y1} \cdot z_{P1} + z_{Y1} \cdot x_{P1} \\ x_{Y1} \cdot y_{P1} - y_{Y1} \cdot x_{P1} \end{pmatrix} \quad (28)$$

То есть система имеет пять уравнений для четырех неизвестных.

Рассмотрим покоординатную запись, при $X_1 = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix}$, $P_3 = \begin{pmatrix} x_{P3} \\ y_{P3} \\ z_{P3} \end{pmatrix}$,

$Z_{1,2} = \begin{pmatrix} x_{Z_{1,2}} \\ y_{Z_{1,2}} \\ z_{Z_{1,2}} \end{pmatrix}$ имеем:

Распишем второй член в уравнениях (25) и

(26) в левой части в покоординатной форме

$$X_Z^T X_Z - 2(x_Z \cdot x_1 + y_Z \cdot y_1 + z_Z \cdot z_1) = R_1^2 - X_1^T X_1$$

$$X_Z^T X_Z - 2(x_Z \cdot x_2 + y_Z \cdot y_2 + z_Z \cdot z_2) = R_2^2 - X_2^T X_2$$

Векторное произведение должно быть равно нулю. Отсюда следует, что каждая составляющая результирующего вектора должна равняться нулю.

$$\begin{cases} (y_Z - y_3)z_{P3} - (z_Z - z_3)y_{P3} = 0 \\ -(x_Z - x_3)z_{P3} + (z_Z - z_3)x_{P3} = 0 \\ (x_Z - x_3)y_{P3} - (y_Z - y_3)x_{P3} = 0 \end{cases}$$

После переноса известных величин в правую часть получаем систему вида:

$$\begin{cases} 0 + z_{P3}y_Z - y_{P3}z_Z = z_{P3}y_3 - y_{P3}z_3 \\ -z_{P3}x_Z + 0 + x_{P3}z_Z = -z_{P3}x_3 + x_{P3}z_3 \\ y_{P3}x_Z - x_{P3}y_Z + 0 = y_{P3}x_3 - x_{P3}y_3 \end{cases}$$

Тогда получаем систему линейных уравнений

$$\begin{cases} X_Z^T X_Z - 2(x_Z \cdot x_1 + y_Z \cdot y_1 + z_Z \cdot z_1) = R_1^2 - X_1^T X_1 \\ X_Z^T X_Z - 2(x_Z \cdot x_2 + y_Z \cdot y_2 + z_Z \cdot z_2) = R_2^2 - X_2^T X_2 \\ 0 + z_{P3}y_Z - y_{P3}z_Z = z_{P3}y_3 - y_{P3}z_3 \\ -z_{P3}x_Z + 0 + x_{P3}z_Z = -z_{P3}x_3 + x_{P3}z_3 \\ y_{P3}x_Z - x_{P3}y_Z + 0 = y_{P3}x_3 - x_{P3}y_3 \end{cases}$$

То есть для трёх измерений будем искать вектор из четырёх координат.

Скалярное произведение $X_Z^T X_Z$ ищется как отдельная независимая переменная.

$$\aleph = \begin{pmatrix} 1 & -2x_1 & -2y_1 & -2z_1 \\ 1 & -2x_2 & -2y_2 & -2z_2 \\ 0 & 0 & z_{P1} & -y_{P1} \\ 0 & -z_{P1} & 0 & x_{P1} \\ 0 & y_{P1} & -x_{P1} & 0 \end{pmatrix}, \aleph = \begin{pmatrix} R_1^2 - X_1^T X_1 \\ R_2^2 - X_2^T X_2 \\ z_{P1} y_{Y1} - y_{P1} z_{Y1} \\ -z_{P1} x_{Y1} + x_{P1} z_{Y1} \\ y_{P1} x_{Y1} - x_{P1} y_{Y1} \end{pmatrix}.$$

При имеющихся исходных n точек X_i и m точек Y_k формируется система из $n+m$ уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} X_Z^T X_Z - 2X_Z^T X_1 = R_1^2 - X_1^T X_1; \\ X_Z^T X_Z - 2X_Z^T X_2 = R_2^2 - X_2^T X_2; \\ \vdots \\ X_Z^T X_Z - 2X_Z^T X_n = R_n^2 - X_n^T X_n; \\ (X_Z - Y_1) \times P_1 = 0; \\ (X_Z - Y_2) \times P_2 = 0; \\ \vdots \\ (X_Z - Y_m) \times P_m = 0. \end{array} \right.$$

Все проведенные измерения формируют тройки — два дистанционных измерения и одно угловое. Повторяя рассуждения для одной тройки в координатной форме получаем систему вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} X_Z^T X_Z - 2(x_Z \cdot x_1 + y_Z \cdot y_1 + z_Z \cdot z_1) = R_1^2 - X_1^T X_1 \\ X_Z^T X_Z - 2(x_Z \cdot x_2 + y_Z \cdot y_2 + z_Z \cdot z_2) = R_2^2 - X_2^T X_2 \\ \vdots \\ X_Z^T X_Z - 2(x_Z \cdot x_n + y_Z \cdot y_n + z_Z \cdot z_n) = R_n^2 - X_n^T X_n \\ 0 + z_{P1} y_Z - y_{P1} z_Z = z_{P1} y_{Y1} - y_{P1} z_{Y1} \\ -z_{P1} x_Z + 0 + x_{P1} z_Z = -z_{P1} x_{Y1} + x_{P1} z_{Y1} \\ y_{P1} x_Z - x_{P1} y_Z + 0 = y_{P1} x_{Y1} - x_{P1} y_{Y1} \\ \vdots \\ 0 + z_{Pm} y_Z - y_{Pm} z_Z = z_{Pm} y_{Ym} - y_{Pm} z_{Ym} \\ -z_{Pm} x_Z + 0 + x_{Pm} z_Z = -z_{Pm} x_{Ym} + x_{Pm} z_{Ym} \\ y_{Pm} x_Z - x_{Pm} y_Z + 0 = y_{Pm} x_{Ym} - x_{Pm} y_{Ym} \end{array} \right.$$

Переобозначим неизвестную величину $X_Z^T X_Z$ как переменную w . Тогда задача сводится к поиску вектора $X_{расш} = (w, x_Z, y_Z, z_Z)^T$. Разворачивая в покоординатной форме записи, получаем:

$$\aleph = \begin{pmatrix} 1 & -2x_1 & -2y_1 & -2z_1 \\ 1 & -2x_2 & -2y_2 & -2z_2 \\ & & \vdots & \\ 1 & -2x_n & -2y_n & -2z_n \\ 0 & 0 & z_{P1} & -y_{P1} \\ 0 & -z_{P1} & 0 & x_{P1} \\ 0 & y_{P1} & -x_{P1} & 0 \\ & & \vdots & \\ 0 & 0 & z_{Pm} & -y_{Pm} \\ 0 & -z_{Pm} & 0 & x_{Pm} \\ 0 & y_{Pm} & -x_{Pm} & 0 \end{pmatrix}, \aleph = \begin{pmatrix} R_1^2 - x_1^2 - y_1^2 - z_1^2 \\ R_1^2 - x_2^2 - y_2^2 - z_2^2 \\ \vdots \\ R_1^2 - x_n^2 - y_n^2 - z_n^2 \\ z_{P1}y_{Y1} - y_{P1}z_{Y1} \\ -z_{P1}x_{Y1} + x_{P1}z_{Y1} \\ y_{P1}x_{Y1} - x_{P1}y_{Y1} \\ \vdots \\ z_{Pm}y_{Ym} - y_{Pm}z_{Ym} \\ -z_{Pm}x_{Ym} + x_{Pm}z_{Ym} \\ y_{Pm}x_{Ym} - x_{Pm}y_{Ym} \end{pmatrix}.$$

В данном разделе системы строятся из предположения, что измерения производятся с известной точки на определяемую. В случае, когда измерение проведено из определяемой точки на известную будут получаться аналогичные системы уравнений, только измерение будет использоваться со знаком минус.

2.5 Сингулярное разложение матрицы

Наиболее эффективными (но ресурсоемкими) средствами решения произвольных СЛАУ (с матрицей A размера $N \times M$, где число строк превышает число столбцов) являются так называемые полные ортогональные разложения, имеющие, по определению, вид $A=UKV^T$.

Самое известное из ортогональных, SVD – (singular value decomposition) или сингулярное разложение – разложение вида $A=USV^T$. Здесь U – прямоугольная ортогональная по столбцам матрица размерностью m строк на n столбцов, V – квадратная ортогональная матрица размерностью n строк на n столбцов, S – диагональная матрица, состоящая из нулей и расположенных на диагонали сингулярных чисел матрицы A . Причем $U^T U = V^T V = E$, где E – единичная матрица размерностью n строк на n столбцов.

Сингулярными числами вещественной матрицы A размера $n \times m$ называются арифметические значения квадратных корней из общих

собственных чисел матриц $A^T A$ и $A A^T$. Количество ненулевых сингулярных чисел матрицы A совпадает с ее рангом (ранги матриц A , $A^T A$ и $A A^T$ равны) [14].

По найденному разложению матрицы A решение системы определяется следующим образом: $X = V S^{-1} U^T B$.

2.6 Характеристики матриц, описывающие решение СЛАУ

Качество решения системы линейных уравнений напрямую зависит от свойств матрицы коэффициентов. Одной из характеристик матрицы является число обусловленности.

Числом обусловленности матрицы A называется число:

$$\text{cond}(A) = \|A\| \cdot \|A^{-1}\|.$$

Решение СЛАУ $Ax=b$ с матрицей коэффициентов A будет существовать, если определитель матрицы A не равен нулю. Если определитель матрицы A не равен нулю, но его значение близко к нулю, то матрица будет называться плохо обусловленной. Если определитель равен нулю, но число обусловленности велико, то такая матрица будет называться вырожденной и можно ожидать, что малые изменения в A и b вызовут очень большие изменения в x . Число обусловленности $\text{cond}(A)$ количественно оценивает близость матрицы A к вырожденной и характеризует точность решения СЛАУ. Вырожденной называется матрица, не имеющая обратной [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Число обусловленности матрицы всегда больше или равно единице и чем оно больше, тем хуже обусловленность системы. Если $\text{cond}(A) \geq 10^3$, то это уже означает плохую обусловленность. Матрица A считается хорошо обусловленной, если $1 \leq \text{cond}(A) \leq 100$.

Описанное выше сингулярное разложение матрицы позволяет оценить число обусловленности матрицы A :

$$\text{cond}(A) = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\min}}$$

С помощью найденных сингулярных чисел матрицы A можно найти число обусловленности $cond(A)$, которое равно отношению ее максимального сингулярного числа к минимальному.

2.7 Проведение численных экспериментов

Для проверки теоретических выкладок по вычислению координат определяемого геодезического пункта по результатам смешанных измерений (дистанционных и угловых) методом засечки были разработаны документы в математическом пакете Mathcad.

В первом варианте решения задачи засечки по комбинированным измерениям, задаются тестовые координаты опорных геодезических пунктов, расстояния до определяемого пункта и векторы направленные от опорных пунктов на определяемый. По таким данным координаты искомой точки X_Z рассчитываются непосредственно. Программа выдает все значения. Для получения единственного значения необходимо дополнительно решать задачу уравнивания, например, путем осреднения полученных значений.

Во втором варианте также задаются некоторые тестовые значения координат, дистанций и углов в произвольном количестве. На основе заданных значений формируется СЛАУ: строится матрица коэффициентов и вектор свободных членов. Для решения сформированной СЛАУ было использовано SVD разложение. Решением СЛАУ является набор коэффициентов (дистанций). Подстановкой этих коэффициентов в соответствующие параметрические уравнения прямых получается набор координат пространственных точек – приближенные координаты определяемого геодезического пункта. За точное значение необходимо принять решение задачи уравнивания, полученное над этими координатами.

Выполнен целый ряд численных экспериментов с использованием разработанных программ в математическом пакете Mathcad. В частности, на минимальном количестве данных – одно угловое измерение и два дистанционных – получено следующее.

В случае, когда вектор P_i , соответствующий угловому измерению, перпендикулярен отрезку $(X_j - X_k)$, соединяющему опорные пункты X_j и X_k , ни вариант 1, ни вариант 2 не дают решения. Действительно, в случае прямого вычисления, в знаменателе стоит скалярное произведение этих векторов $P_i(X_j - X_k)$. И в случае перпендикулярности этих векторов знаменатель становится равным 0. Во втором варианте, ранг системы уравнений становится равным $rank(A) = 3$, то есть меньше столбцового ранга. Такая система не имеет единственного решения.

Сингулярное разложение матрицы коэффициентов даёт три ненулевых значения для четырёх неизвестных. А число обусловленности системы, соотношение максимального значения сингулярного числа к минимальному, составляет несколько тысяч, что является признаком плохой обусловленности матрицы коэффициентов.

Графический анализ такой ситуации проясняет, что действительно решения не существует (рис. 8).

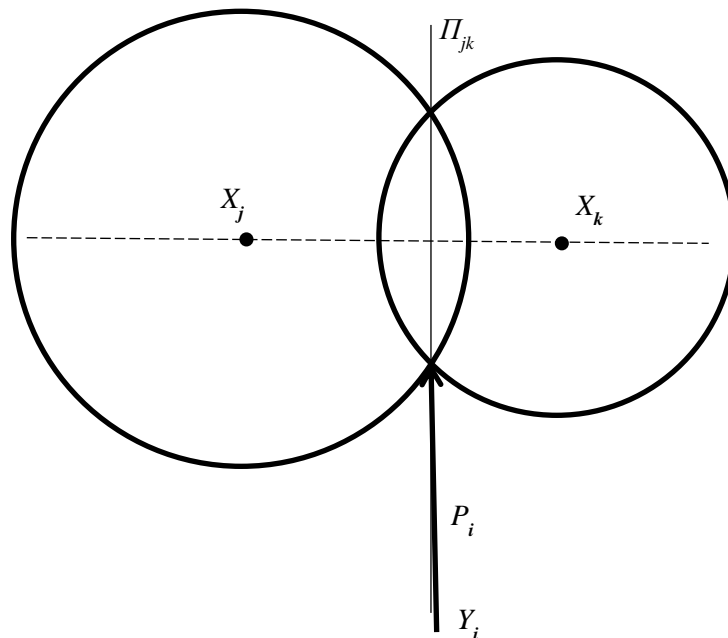


Рисунок 8 – Вырожденный случай. Перпендикулярное расположение

Две сферы с центрами в пунктах X_j и X_k , пересекаются по окружности, которая, в свою очередь, лежит в плоскости P_{jk} . Нормаль этой плоскости – вектор

коллинеарный вектору $(X_j - X_k)$. А вектор P_i , перпендикулярный этому вектору лежит в плоскости и не имеет с ней точек пересечения.

Поэтому, если угловое измерение P_i проводилось в перпендикулярном направлении к вектору $(X_j - X_k)$, то решение нельзя найти.

Поэтому при проведении геодезических измерений необходимо стремиться, чтобы векторы $(X_j - X_k)$ и P_i были близки к коллинеарным (рис.9).

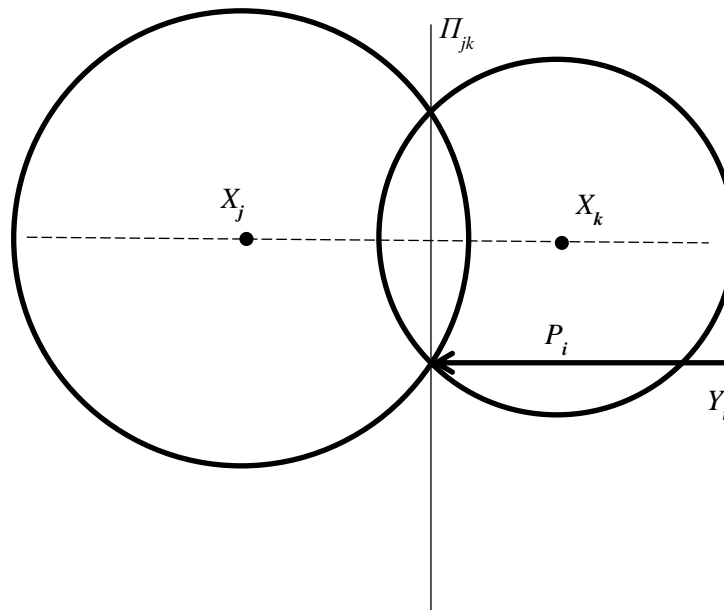


Рисунок 9 – Рекомендуемый случай. Коллинеарное положение

В случае близости к перпендикулярному положению малая ошибка в измерениях может привести к тому, что векторы станут точно перпендикулярными.

3 Разработка web-приложения для решения геодезических задач

В последнее время все больше крупных компаний выпускают свои продукты на основе облачных технологий, то есть продукты, в которых сложные ресурсозатратные операции производятся на сторонних серверах, а простые и не требовательные – на стороне клиента. Данная тенденция обоснована тем, что не у каждого пользователя есть под рукой мощное оборудование для решения требуемых ему задач. Именно поэтому возникает потребность разработки клиент-серверного приложения, где все сложные вычисления будут произведены на сервере и возвращены назад.

Web-сайт – это ресурс, который состоит из одной или нескольких web-страниц с различным типом контента: текстовым, медийным (картинки, видео, аудио) и другими типами. Статический web-сайт хранится на сервере в виде отдельных файлов, и доставляются web-сервером без каких-либо изменений в том виде, в котором они были созданы автором. Web-сайты используются преимущественно для информационных целей, в таком случае пользователь играет роль потребителя и просто получает необходимую ему информацию, почти не взаимодействуя с сайтом.

Web-приложения, как правило являются интерактивными. Контент web-приложения генерируются специальной программой, которая работает на web-сервере, и может собираться из различных компонентов web-сервером "на лету". Пользователь становится активным участником: он ищет, нажимает кнопки, заполняет формы, делает покупки, производит расчеты, сохраняет полученную информацию. Содержание динамических страниц по одному и тому же адресу может различаться с течением времени, или быть различным для разных посетителей в одно и то же время. Классическим примером web-приложения можно считать компьютерную онлайн-игру.

На сегодняшний день подавляющее большинство web-ресурсов представляют собой гибрид информационного и интерактивного аспектов.

Web-страницы и web-приложения обслуживаются web-серверами – специальным программным обеспечением, которое доставляет web-контент клиентам по web-протоколам. На сегодняшний день наиболее распространены следующие web-протоколы[41]:

- HTTP – протокол прикладного уровня передачи данных, изначально – в виде гипертекстовых документов в формате «HTML», в настоящий момент используется для передачи произвольных данных;
- HTTPS – расширение протокола HTTP для поддержки шифрования в целях повышения безопасности. Такой же, как и HTTP, но с использованием безопасного слоя передачи данных;
- SPDY – протокол прикладного уровня для передачи web-контента. Протокол разработан корпорацией Google. Совместим с HTTP протокол. Поддерживается некоторыми современными браузерами;
- WebSocket – новый протокол двустороннего взаимодействия (может принимать и отправлять одновременно) предназначенный для обмена сообщениями между браузером и web-сервером в режиме реального времени. Поддерживается только несколькими современными браузерами.

В качестве клиента, которому web-сервер обычно доставляет содержимое web-сайта, является, как правило, web-браузер – специальное программное обеспечение, которое способно отображать web-страницы и умеет взаимодействовать с другими типами web-содержимого.

Целью данной работы является создание web-приложения для расчета координат определяемой точки в случаях, когда имеются исходные дирекционные, дистанционные или комбинированные измерения. Теоретической основой для разработки приложения является теория, описанная в главе 2.

Создание web-приложения в ходе данной работы обусловлено стремлением дать широкому кругу пользователей доступ к разработанным алгоритмам и возможность их практического применения. Основная суть такого приложения: геодезист загружает имеющийся у него файл с известными исходными измерениями и получает готовые вычисленные новые величины. Само вычисление происходит на стороне сервера, что дает возможность использовать web-инструмент даже на ЭВМ с малыми мощностями. Еще одним достоинством web-приложения является то, что планирование архитектуры приложения не зависит от операционной системы пользователя. То есть web-приложение является межплатформенным. Главное условие использования со стороны пользователя – наличие доступа в интернет.

3.1 Декомпозиция процесса разработки (задачи)

В рамках процесса разработки приложения были поставлены следующие задачи:

- Проектирование требований к web-приложению;
- Проектирование архитектуры web-приложения;
- Выбор web-технологий для создания приложения;
- Реализация вычислительных модулей и модулей web-приложения для решения различных типов задач;
- Проектирование интерфейса web-приложения;
- Размещение готового web-приложения на серверах университета для свободного доступа пользователей.

3.2 Проектирование требований к web-приложению.

В данной магистерской диссертации требуется разработать и реализовать web-приложение для решения геодезических задач.

Ниже приведен список не функциональных требований, предъявляемых к конечному программному продукту:

- Легкость использования (максимально понятный интерфейс);
- Производительность и быстродействие;
- Работа по сети Internet(использование технологии клиент-сервер);
- Поддержка устройств взаимодействия с человеком для ввода данных.
- Отзывчивость интерфейса (отклик программы на любое действие пользователя)
- Динамические загрузки (информация обновляется на экране без необходимости перезагрузки страницы)
- Низкий порог вхождения (человек даже с минимальным набором знаний сможет воспользоваться приложением)
- Независимость от устройства пользователя и его параметров (достаточно наличие браузера и подключения к сети интернет)

Требования к ПЭВМ пользователей

- Доступ к сети Интернет со скоростью не ниже 512 Кбит\сек.
- Любой интернет проводник (браузер) поддерживающий JavaScript.

Требования к ОС, предназначенной для использования в серверной части приложения, являются:

- поддержка полного спектра сетевых технологий (сетевого оборудования, протоколов, доступ к удаленным ресурсам и службам и т.д.);
- многозадачность;
- многопоточность;
- многопользовательский режим;
- поддержка разнообразных аппаратных платформ;
- приемлемый уровень обеспечения безопасности (наличие механизмов авторизации, аутентификации, аудита).

3.3 Проектирование архитектуры web-приложения

Web-приложение состоит из клиентской и серверной частей, тем самым реализуя технологию «клиент-сервер» (рис. 10). Клиентская часть реализует пользовательский интерфейс, формирует запросы к серверу и обрабатывает ответы от него. Серверная часть получает запрос от клиента, выполняет вычисления, после этого формирует web-страницу и отправляет её клиенту по сети.

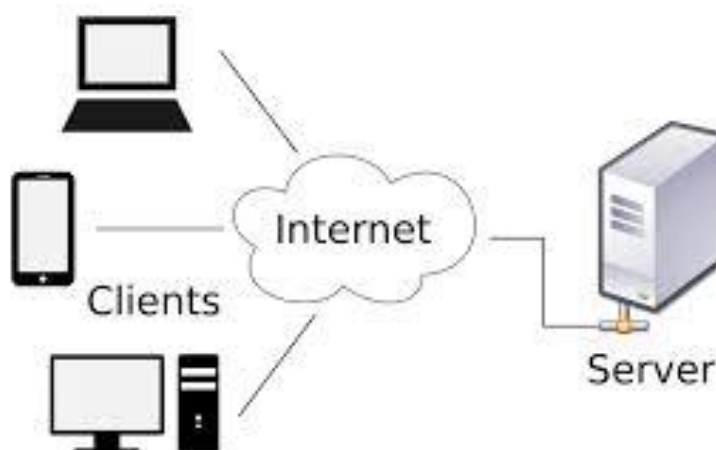


Рисунок 10 – Технология клиент-сервер

Основные достоинства технологии «клиент-сервер»:

- Программа и обработка входных данных производится на сервере, что позволяет снизить уровень требований к ПЭВМ пользователей;
- Независимость от характеристик клиента пользователя (аппаратная платформа, операционная система, браузер и т.д.)
- Разработчик полностью контролирует актуальную версию приложения. Поддержка и модификация приложения осуществляется оперативно и для всех пользователей сразу.

Основные недостатки:

- Выход из строя основного сервера приведет к неработоспособности всего приложения;
- Администрирование такой системы требует квалифицированного профессионала;

- Высокая стоимость оборудования.

3.4 Выбор web-технологий для создания приложения

Код приложения состоит из двух равнозначных частей: серверной и клиентской. Использовать один и тот же язык для написания обеих частей можно, однако этот вариант не является самым оптимальным. В данной работе для создания web-приложений на стороне сервера используются разнообразные технологии и языки программирования, способные осуществлять вывод в стандартную консоль. Для решения поставленной задачи были использованы следующие WEB-средства: HTML язык, CSS, JavaScript, Ajax, PHP, C++. Так как данное web-приложение размещено на серверах Томского Политехнического Университета, то было принято решение использовать серверную связку университета: Apache + PHP. Вычислительные модули были реализованы на языке C++ и скомпилированы под ОС сервера в исполняемые elf файлы.

На рисунке 11 видна архитектура приложения и связи между клиентом и сервером.

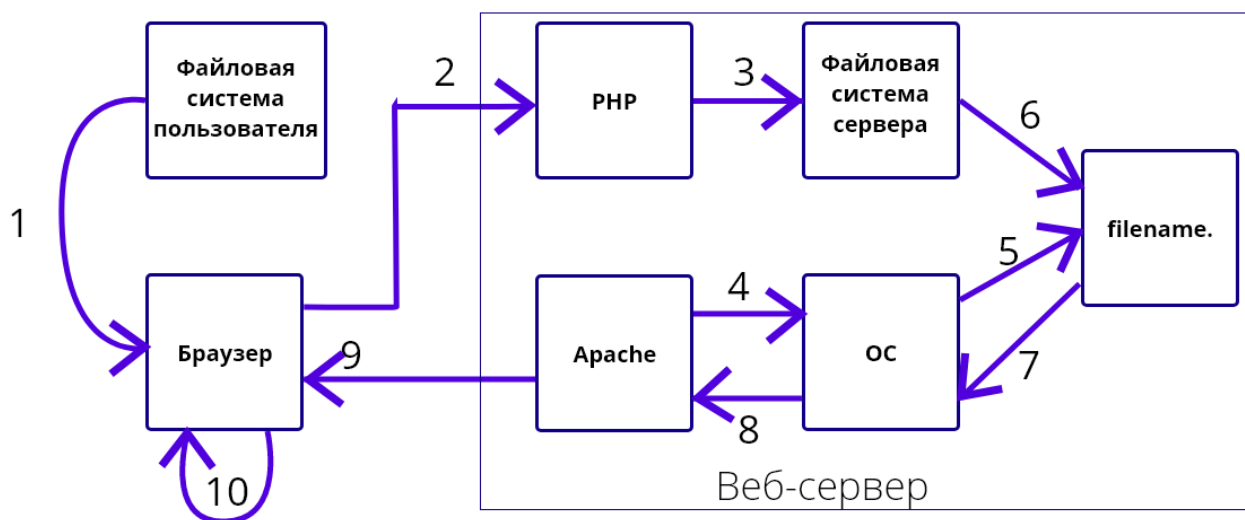


Рисунок 11 –Архитектура приложения

Поток информации указан стрелочками. Потoki расшифровываются следующим образом:

- 1) Для упрощения работы пользователя, все входные данные он сохраняет в файле, чтобы была возможность повторной отправки и отсутствовала необходимость постоянно вводить большие объемы информации;

- 2) Пользователь в браузере выбирает файл с данными и указывает требуемые параметры задачи, которые с помощью протокола HTTP отсылаются на сервер;
- 3) Сервер сохраняет полученный файл и переданные параметры;
- 4) PHP модуль делает запрос в ОС сервера на выполнение консольной команды с вызовом elf файла с требуемыми параметрами;
- 5) ОС сервера выполняет команду и инициализирует работу elf файла;
- 6) Elf файл из файловой системы сервера подгружает файл с данными и выполняет решение задачи;
- 7) ELF файл возвращает результат выполнения (данные, напечатанные в консоль) в ОС сервера;
- 8) ОС сервера возвращает полученные данные PHP модулю;
- 9) Сервер отсылает данные посредством HTTP протокола назад клиенту;
- 10) Браузер получает ответ и отрисовывает результат без перезагрузки страницы.

3.4.1 Клиентская часть web-приложения

При проектировании клиентской части web-приложения использовался язык JavaScript. Язык программирования JavaScript поддерживается всеми современными браузерами и является стандартом де-факто для современных интерактивных web-приложений.

В качестве основного инструмента для построения пользовательского интерфейса выбран React. Это библиотека JavaScript, созданная компанией Facebook в 2013 году. На данный момент актуальной является версия React 16.4 [2]. Данная библиотека позволяет использовать компонентный подход к разработке. Таким образом можно значительно повысить читаемость кода. Дополнительным преимуществом является возможность многократного использования кусков кода – 1 компонента может служить разным целям и быть отрисована сколько угодно раз. В сочетании с библиотекой React-Router появляется возможность перехода по страницам web-приложения без обмена

информацией с сервером, однако сохраняя полную идентичность со стандартными методами перехода по страницам.

Также было принято решение использовать библиотеку create-react-app, позволяющую создать стандартный каркас react приложения(рис. 12) с помощью одной команды “create-react-app <имя приложения>” и реализующую возможность отладки и написания приложения с синхронизацией отображения в браузере (при сохранении изменений в коде, они сразу же отображаются в браузере).

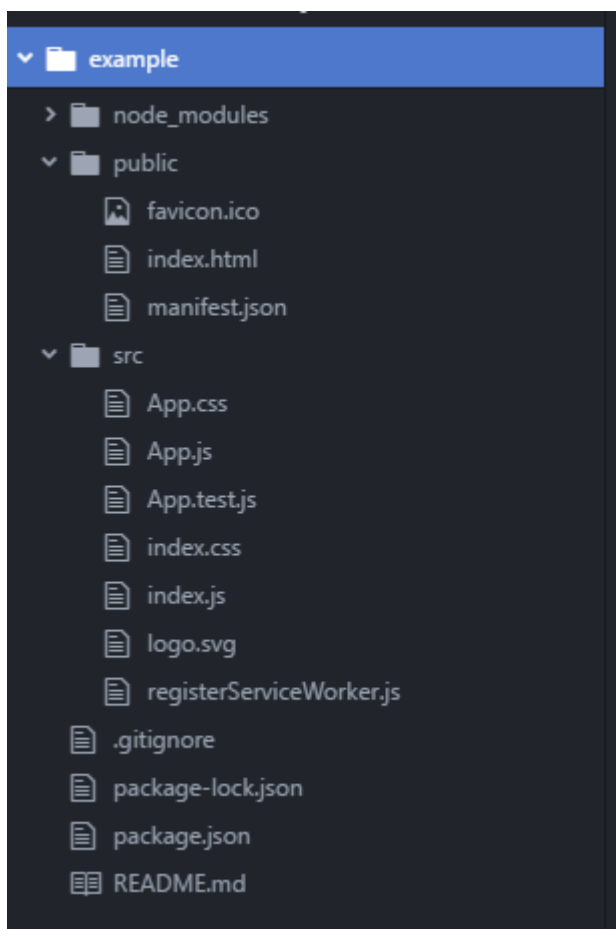


Рисунок 12 – Стандартная структура приложения

Более того, данная библиотека реализует кроссбраузерность. То есть при написании специфического для одного браузера кода или использовании нового стандарта Es6 при компиляции произойдет автоматическое изменение кода с поддержкой старого стандарта ES5 и таблицы стилей для большинства старых браузеров, включая IE8+.

В данной работе была использована программная платформа Node.JS. В основе Node.js лежит событийно-управляемая модель с неблокирующими операциями Input/Output, что делает её легкой и эффективной. Другими словами, Node.js дает возможность писать эффективный и производительный серверный код с использованием JavaScript. Данная платформа позволяет разрабатывать сложные приложения с дальнейшей компиляцией в один файл, исполняемый на web-странице. Вместе с Node.JS используется менеджер пакетов NPM, позволяющий устанавливать и подключать сторонние библиотеки, написанные на языке JavaScript, что значительно упрощает работу по разработке приложения.

Так же для разработки данного web-приложения использовалась технология AJAX (Asynchronous Javascript and XML – асинхронный JavaScript и XML) и библиотека jQuery. AJAX представляет собой подход к построению интерактивных пользовательских интерфейсов web-приложений, заключающийся в «фоновом» обмене данными браузера с web-сервером. В результате, при обновлении данных web-страница не перезагружается полностью, и web-приложения становятся быстрее и удобнее. В случае проектирования web-приложения без использования технологии AJAX при прохождении пользователем по ссылке, браузер с нуля запрашивает страницу на сервере и загружает ее со всеми сопутствующими файлами (файлы стилей, javascript-файлы и другие), что даже при хорошем подключении к сети Интернет занимает в среднем от 1 до 10 секунд (ожидание ответа от сервера, ожидание обновления экрана, ожидание ответа на запрос и генерирования новой страницы). В случае использования технологии асинхронных запросов (AJAX) время ожидания отклика страницы пользователем значительно сокращается, так как на странице обновляется только требуемая часть информации и перечисленные стандартные задержки отсутствуют.

Для реализации AJAX запросов использовалась библиотека JavaScript–jQuery от Google [3], которая не только позволяет работать с асинхронными запросами, но и управлять DOM-элементами (Document Object Model –

объектная модель документа), что позволяет производить изменения элементов «на лету» значительно проще.

Для поддержки адаптивности к различным размерам экранов пользователей решено использовать библиотеку от Twitter, называемую Bootstrap. В ней есть все необходимые для адаптивной верстки сайта стили и элементы.

Доступ к данному приложению открыт и с мобильных устройств пользователей. Для корректного отображения боковой панели с меню было решено использовать Slideout.js, поскольку данная библиотека легковесна и обладает широкой поддержкой браузеров. Еще одним достоинством является простота использования.

Не смотря на обилие сторонних библиотек, позволяющих сделать аналогичный функционал, было принято решение остановиться на перечисленных выше технологиях из-за их популярности и доступности учебных материалов.

3.4.2 Серверная часть приложения

Поскольку основной целью приложения является предоставление услуг по средствам сети Интернет, необходимо включить в его серверную часть web-сервер – аппаратно-программный комплекс, предназначенный для обслуживания HTTP-запросов. HTTP-запрос – сформированный согласно протоколу HTTP запрос на сервер с целью выполнения какого-либо удаленного действия (манипуляции с информацией, выполнения определенных команд и т.д.). Как правило, такие запросы посылает интернет-браузер клиента.

В университете используется сервер со следующими характеристиками

- FreeBSD 8.2-Release amd64;
- Apache 2.2.17 (FreeBSD).

Для проектирования серверной части web-приложения были использованы ниже перечисленные технологии.

Реализация браузеров не позволяет обращаться на языке javascript к файлам пользователей исходя из соображений безопасности. Поэтому на стороне сервера для работы с файлами дополнительно использовался язык PHP, который осуществлял передачу загружаемых пользователями файлов пользователей на сервер для последующих вычислений. PHP (англ. PHP: Hypertext Preprocessor – «PHP: препроцессор гипертекста») – скриптовый язык программирования общего назначения, интенсивно применяющийся для разработки web-приложений. В настоящее время поддерживается подавляющим большинством хостинг-провайдеров и является одним из лидеров среди языков программирования, применяющихся для создания динамических web-сайтов.

3.5 Реализация модулей web-приложения

В данном разделе проводится обоснование и алгоритм использования выбранных выше технологий.

3.5.1 Программная часть приложения (back-end)

Как показано на рисунке 11, в серверной части приложение состоит из PHP, являющимся посредником между клиентом и вычислительной частью, реализованной на C++.

Таким образом для каждого типа исходных данных для решения задачи есть свой файл PHP. И в случае необходимости исключения модуля, достаточно удалить соответствующий файл (не функции), что значительно упрощает процесс добавления и удаления новых возможностей. Однако для полного удаления задачи, необходимо также исключить клиентский модуль в пользовательской части приложения.

PHP модули

На рисунке 13 представлены все файлы PHP части разрабатываемого web приложения.

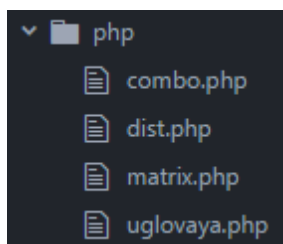


Рисунок 13 – PHP модули

За вызов вычислительного модуля в случае, например, угловой задачи отвечает код

```
$inp_file = $_FILES['file1']['tmp_name'];  
$c = shell_exec('./elf/Geo '.$inp_file.' 2 '.$_POST['variant']);  
echo $c;
```

Первая строка которого извлекает полное временное имя переданного клиентом файла.

Во второй строке вызывается исполнения Elf файла с требуемыми параметрами: путь до файла с данными, тип задачи и вариант решения.

В третьей строке результат возвращается клиенту.

Вычислительные модули

Вычислительные модули web-приложения написаны на языке C++ и скомпилированы в исполняемые elf-файлы. В основу этих модулей легли алгоритмы решения задач, описанные в главе 2.

3.5.2 Клиентская часть приложения (front-end)

Меню навигации

В пункте 3.4.1 выбран React для реализации Front-end части приложения. С его помощью можно создать гибкие компоненты и применять их повторно.

Для удобной навигации пользователя по проектируемому приложению было принято решение использовать навигационное меню. Что в свою очередь ставит задачу разработки компонента, позволяющего многократное использование в пределах проектируемого приложения, так как меню должно быть отрисовано на каждой странице.

Одним из наиболее удобных и распространенных видов навигационного меню являются панели, располагающиеся в верхней или боковой части окна.

При проектировании первого прототипа приложения было решено использовать навигационное меню сверху(рис. 14)

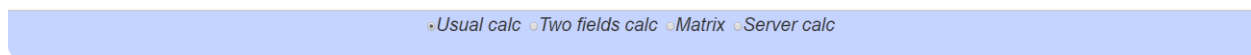


Рисунок 14 – Навигационное меню первого прототипа приложения

Однако на следующих этапах было решено перейти к навигационному меню, зафиксированному на панели слева (рис. 15). Решение обосновано тем, что в перспективе разработки приложения возможно расширение функционала и ссылки на новые функции проще расположить в боковой панели, чем загромождать верхнюю панель. К тому же боковая панель является более привычным способом навигации для пользователя.

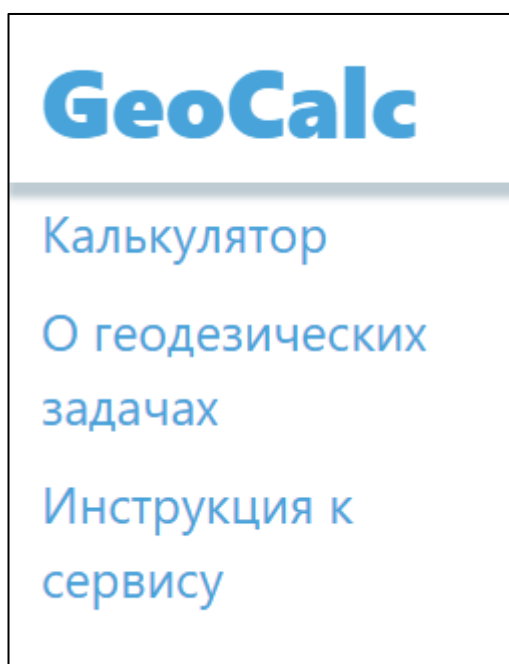


Рисунок 15 – Навигационная панель сбоку

Для разработки мобильной версии меню приложения использовалась легковесная библиотека `slideout.js`, позволяющая скрывать навигационное меню. При необходимости пользователь вызывает панель с помощью свайпа от края экрана.

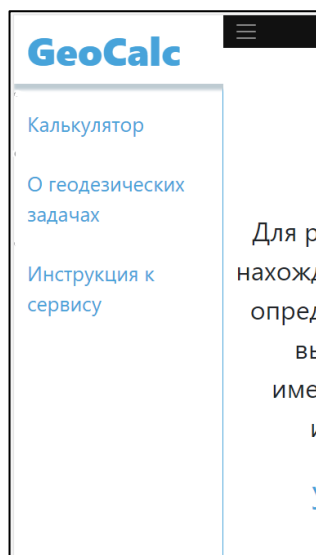


Рисунок 16 – Вид меню на смартфоне

Полный компонент навигационного меню состоит из двух файлов (рис. 17): файла стилей(`sidebar.css`) и кода компонента(`sidebar.js`).

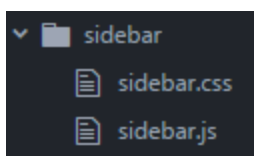


Рисунок 17 – Файлы компонента навигационного меню

Компонент `sidebar` является расширением компонента `react`, что описано кодом “`class Sidebar extends Component { ... }`”.

Внутри данного компонента есть вспомогательная функция `drawList`, используемая для отрисовки всех пунктов меню (рис. 18).

```
function drawList(list) {  
  var res = [];  
  list.forEach(function(el) {  
    res.push(<li key={el.link} className="nav-ite">  
      <Link to={el.link}>{el.name}</Link>  
    </li>);  
  });  
  return res;  
}
```

Рисунок 18– Код вспомогательной функции

Данная функция принимает список объектов с полями `link` и `name`, обозначающих ссылку и отображаемое имя соответственно. Далее совершается обход всего массива и генерирование элемента-ссылки на основе каждого

объекта. После чего данный элемент добавляется в общий массив `res` всех ссылок, который возвращается функцией в конце.

Функция `drawList` используется в коде построения панели навигационного меню (рис. 19).

```
return (<nav id={this.props.params.blockID} key={this.props.params.blockID} className="sidebar pc">
  <div className="sidebar-sticky" id="my-menu">
    <ul className="nav flex-column">
      <li className="nav-item brand active">
        <Link className="nav-link" to="/">{this.props.brand}</Link>
      </li>
      {drawList(this.props.linksList)}
    </ul>
    <ul className="navbar-nav mr-auto" id="blockLinks"></ul>
  </div>
</nav>);
```

Рисунок 19– JSX (html) код навигационной панели

После того, как создана панель, создаётся её дубликат для библиотеки `slideout.js` и вызов функции конструктора мобильной панели.

В результате такого подхода к разработке данного компонента, для отрисовки меню на любой странице достаточно использовать код, приведенный на рисунке 20.

```
<Sidebar params={{
  'displayName' : 'Navigation bar',
  'blockID' : 'sidebar-nav'
}} brand='Geocalc' linksList=[
  {
    link: '/',
    name: 'Калькулятор'
  }, {
    link: '/geodezzadachi',
    name: 'О геодезических задачах'
  }, {
    link: '/help',
    name: 'Инструкция к сервису'
  }
]
]/>
```

Рисунок 20– Код вызова боковой панели

Калькулятор

Его структура области калькулятора значительно отличается от описанной ранее навигационной панели. Так как количество задач и их вид

может изменяться, то было решено использовать модульному подходу в разработке данного компонента, где для добавления нового вычислительного модуля достаточно создать файл без дополнительных включений этого файла в других местах. Это значительно упрощает процесс дальнейшей модификации приложения, так как для реализации дополнительного функционала нет необходимости разбираться в чужом коде, достаточно просто написать свой, и он будет автоматически подключен на этапе компиляции.

Пример структуры компонента с двумя модулями можно увидеть на рисунке 21. Весь основной код модульности реализован в файле 2.calc.js. Файлы из папки calculator-tabs являются модулями для решения задач.

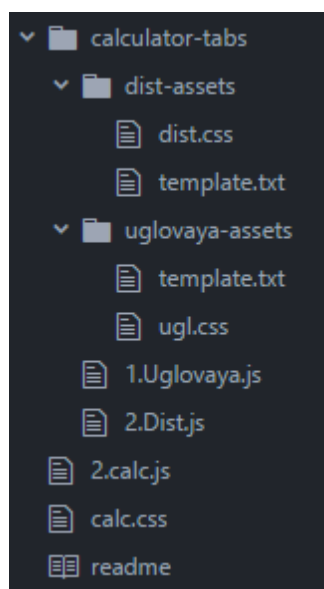


Рисунок 21 – Структура компонента калькулятора

Данные модули, реализующие решение задач, отображаются на экране пользователя в виде переключаемых вкладок (рис. 22).



Рисунок 22 – Вкладки задач

Для реализации такой возможности с помощью кода из папки calculator-tabs извлекается содержимое всех файлов с расширением .js (рис. 23).

```

let blocks = require.context("./calculator-tabs", true, /\.\/.*\.js/);

let indexBlocks = [];

blocks.keys().forEach((key) => {
  indexBlocks.push(blocks(key));
});

```

Рисунок 23 – Код извлечения содержимого файлов в папке

Затем с помощью функции *drawTabs* формируются вкладки (рис. 24). На вход поступает список всех файлов, внутри происходит перебор всех файлов и выделение необходимой информации для самой вкладки и её содержимого. Далее эти массивы отрисовываются в DOM с помощью JSX кода в return.

```

function drawTabs(blocksList) {
  var content = [];
  var head = [];
  blocksList.forEach((elem) => {
    content.push(<section id={elem.params.blockID} key={'section-'+elem.params.blockID}>
      {elem.default()}
    </section>);
    head.push(<li key={'li-'+elem.params.blockID}>
      <a href={elem.params.blockID}><i className={elem.params.icon}></i>{elem.params.displayName}</a>
    </li>);
  });

  return ([
    <nav>
      <ul>
        {head}
      </ul>
    </nav>,
    <div className="content">
      {content}
    </div>
  ]);
}

```

Рисунок 24 – Код функции drawTabs.

Пошаговое сопровождение ввода

Чтобы при использовании калькулятора пользователь не мог пропустить какое-либо поле ввода было принято решение сопровождать пользователя и давать ему возможность очередного ввода после того как был выполнен предыдущий. При этом все последующие шаги скрыты от пользователя.

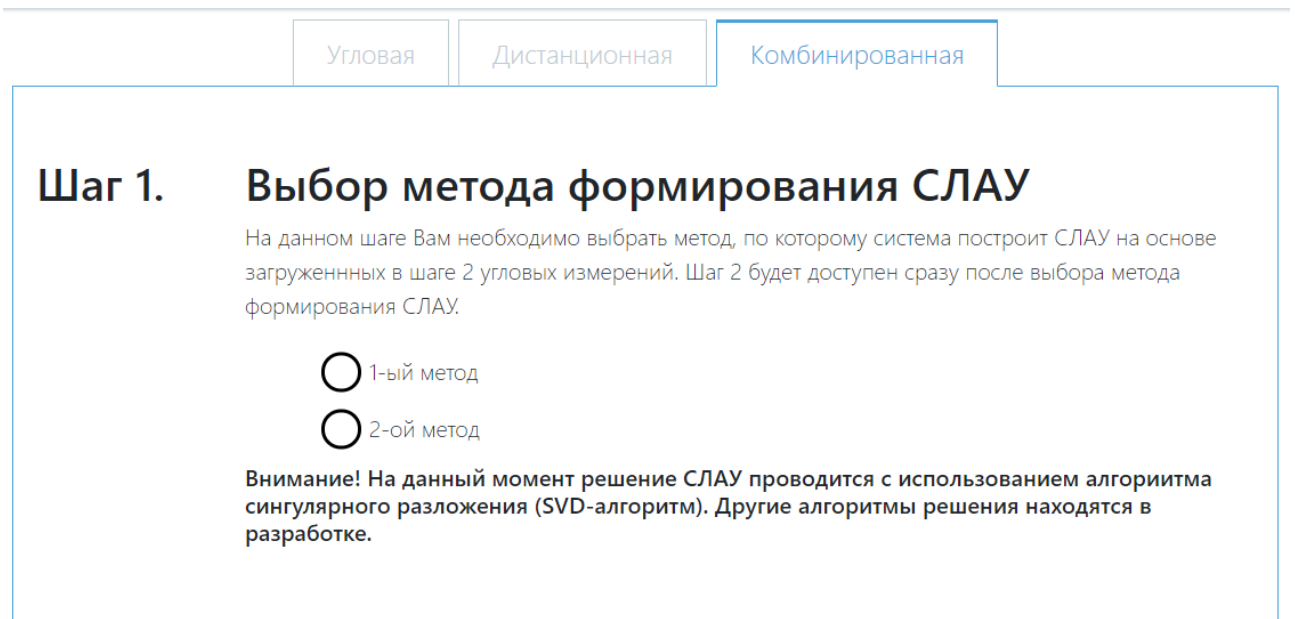


Рисунок 25 – Скриншот первого шага

Для удобства сопровождения пользователя по шагам было решено скрыть до осуществления действия каждый следующий блок (рис. 26). Таким образом исключается возможность пропуска важного выбора данных.

```
$('#[name=' + name + ']').click(function() { //this is adding even listener for click event
var toggableBlock = $('#loader-' + params.blockID); //just to make it more readable
if ($('#[name=' + name + ']:checked').length) //if we have any checkbox(radiobutton) selected then we display block
    toggableBlock.show(400);
else //otherwise we hide it
    toggableBlock.hide(400);
});
document.querySelector("#inputGroupFile01").addEventListener("change", function(event) {
    $('#[for="inputGroupFile01"]').html(this.value);
    $('#step3-' + params.blockID).show(400);
});
```

Рисунок 26 – Код пошагового сопровождения

Здесь на первом этапе выбора метода формирования СЛАУ в случае отсутствия выбора скрыты все последующие шаги. Однако при выборе метода, следующий шаг становится доступен.

И с помощью кода на рисунке 27 на сервер отсылаются все данные и выбор пользователя.

```

$('#form' + params.blockID).submit(function(e) {
    $.ajax({
        url: './php/uglovaya.php',
        type: 'POST',
        data: new FormData(this),
        processData: false,
        contentType: false,
        success: function(result) {
            $('#answer-' + params.blockID).html(result);
            $('#result-' + params.blockID).show(400);
        }
    });
    e.preventDefault();
});
}

```

Рисунок 27 – код отправки данных

Как видим в поле url идёт обращение к PHP модулю, предназначенному для данной задачи. Таким образом, для данной задачи должен существовать php код, обрабатывающий отправляемые данные.

Шаблон подгружаемых данных

После того, как пользователь выбрал тип входных данных и метод построения СЛАУ ему открывается доступ к шагу 2 – загрузке файла с имеющимися у него измерениями (рис. 28).

Угловая Дистанционная Комбинированная

Шаг 1. Выбор метода формирования СЛАУ

На данном шаге Вам необходимо выбрать метод, по которому система построит СЛАУ на основе загруженных в шаге 2 угловых измерений. Шаг 2 будет доступен сразу после выбора метода формирования СЛАУ.

1-ый метод

2-ой метод

Внимание! На данный момент решение СЛАУ проводится с использованием алгоритма сингулярного разложения (SVD-алгоритм). Другие алгоритмы решения находятся в разработке.

Шаг 2. Выберите файл:

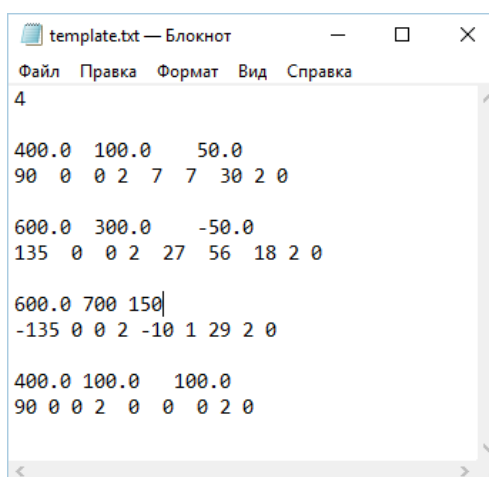
На шаге 2 вам нужно выбрать файл с данными в определенной структуре и загрузить его на сайт. Подробнее о структуре файла можно прочитать нажав на кнопку "Требования к файлу". Также вы можете скачать шаблон с сайта и заполнить его своими данными.

Выберите файл

Рисунок 28 – Скриншот web-приложения

Для данной задачи были разработаны шаблоны файлов с дистанционными, дирекционными и комбинированными измерениями (рис. 29). Если пользователь подаст в систему файл не соответствующий шаблону, он получит сообщение об ошибке. Для ознакомления с форматом построения шаблона пользователь может нажать соответствующую ссылку, либо скачать уже готовый шаблон.

Например, в шаблоне для решения задачи нахождения координат указываются следующие данные в указанном порядке: на первой строке пишется количество проведенных измерений. На последующих четных строчках указываются: координаты точек в декартовых координатах в формате X Y Z. На нечетных указывается: угловое измерение по горизонтали в градусах, минутах, секундах, погрешность прибора измерения, угловое измерение по вертикали в градусах, минутах, секундах, погрешность прибора измерения, код измерения. Код измерения – «0», если измерение производилось с известной точки на определяемую, и «1», если наоборот.



```
template.txt — Блокнот
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка
4
400.0  100.0   50.0
90  0  0  2  7  7  30  2  0
600.0  300.0  -50.0
135  0  0  2  27  56  18  2  0
600.0  700  150|
-135  0  0  2  -10  1  29  2  0
400.0  100.0   100.0
90  0  0  2  0  0  0  2  0
```

Рисунок 29 – Пример шаблона файла

Справочная информация

Также для приложения были созданы разделы «Инструкция к сервису» и «О геодезических задачах». Первый подробно рассказывает о шагах для получения решения (рис. 30). А второй дает теоретическую справку об основных задачах геодезии.



Рисунок 30 – Скриншот раздела «О геодезических задачах»

Приложение

Так как само приложение реализовано на React, и ранее описан выбор react-router, то смена информации на экране при нажатии на ссылку будет осуществляться с его помощью. Для этого в главном файле указываются пути до компонент на определенных ссылках и дополнительные данные для отрисовки. Именно здесь, так как навигационная панель отображается на всех страницах, вызывается меню и остальное содержимое страницы отводится под компоненты страниц (рис. 31).

```
<Sidebar params={{
  'displayName' : 'Navigation bar',
  'blockID' : 'sidebar-nav'
}} brand='Geocalc' LinksList={[
  {
    link: '/',
    name: 'Калькулятор'
  }, {
    link: '/geodezzadachi',
    name: 'О геодезических задачах'
  }, {
    link: '/help',
    name: 'Инструкция к сервису'
  }
]}/>,
<Switch>
  <Route exact="exact" path="/" component={IndexPage}/>
  <Route path="/help" component={HelpPage}/>
</Switch>
```

Рисунок 31 – Главный компонент приложения

Зависимость отображаемого элемента от текущей ссылки в браузере реализуется в компоненте Switch из react-router.

IndexPage в данном случае относится к странице с калькулятором, которая подробно описана в предыдущем пункте данной главы. Внутри этой страницы происходит модульное подключение всех файлов и дальнейшая их отрисовка.

Такой подход к разработке данного приложения делает исключительно простым модификацию кода, так как каждому компоненту и модулю отведен свой файл, который можно удалить для отключения ненужного функционала.

3.6 Размещение готового web-приложения на серверах университета для свободного доступа пользователей.

В рамках данной работы было разработано несколько прототипов. В первом прототипе (рис. 32) проводилось исследование элементов будущей программы для вычисления геодезических измерений, проверена возможность загрузки пользователем своих файлов с данными, проверен вызов исполняемых файлов, которые обеспечивают вычисление.

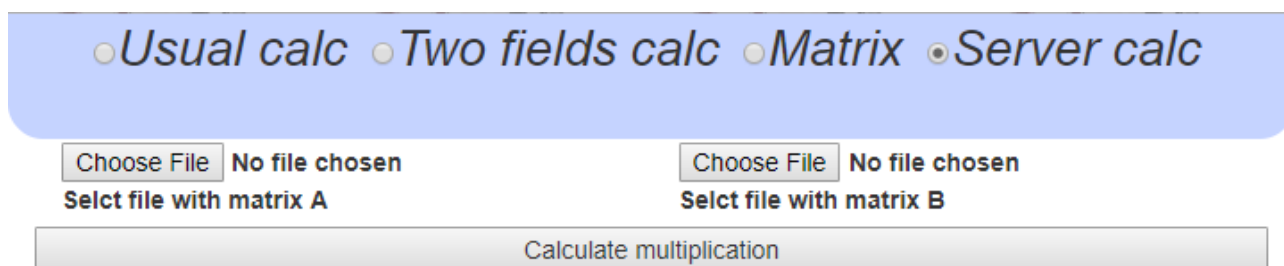


Рисунок 32 – Скриншот первого прототипа

На втором прототипе (рис. 33), проводилось апробирование элементов интерфейса будущей программы и тестирование процедур для решения геодезических задач. Результаты экспериментов оказались успешными и подтвердили правильность предложенной структуры приложения.

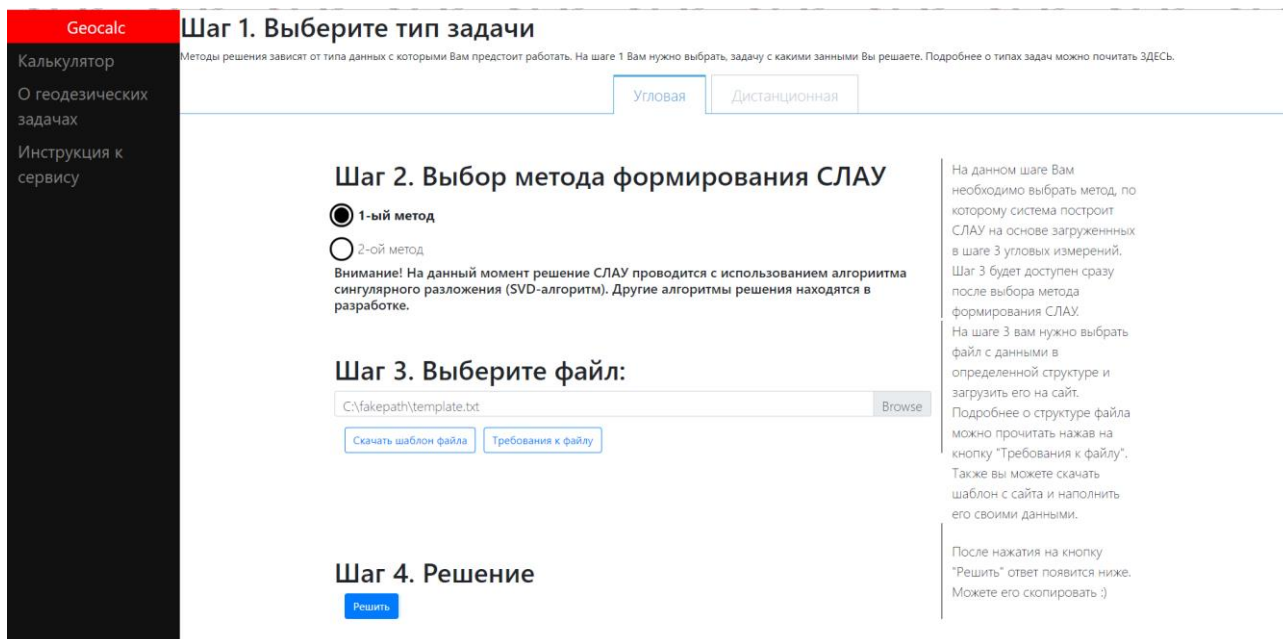


Рисунок 33 – Скриншот второго прототипа

На основе прототипов было создано web-приложение (рис. 34) доступное по адресу <http://geocalc.am.tpu.ru/>.

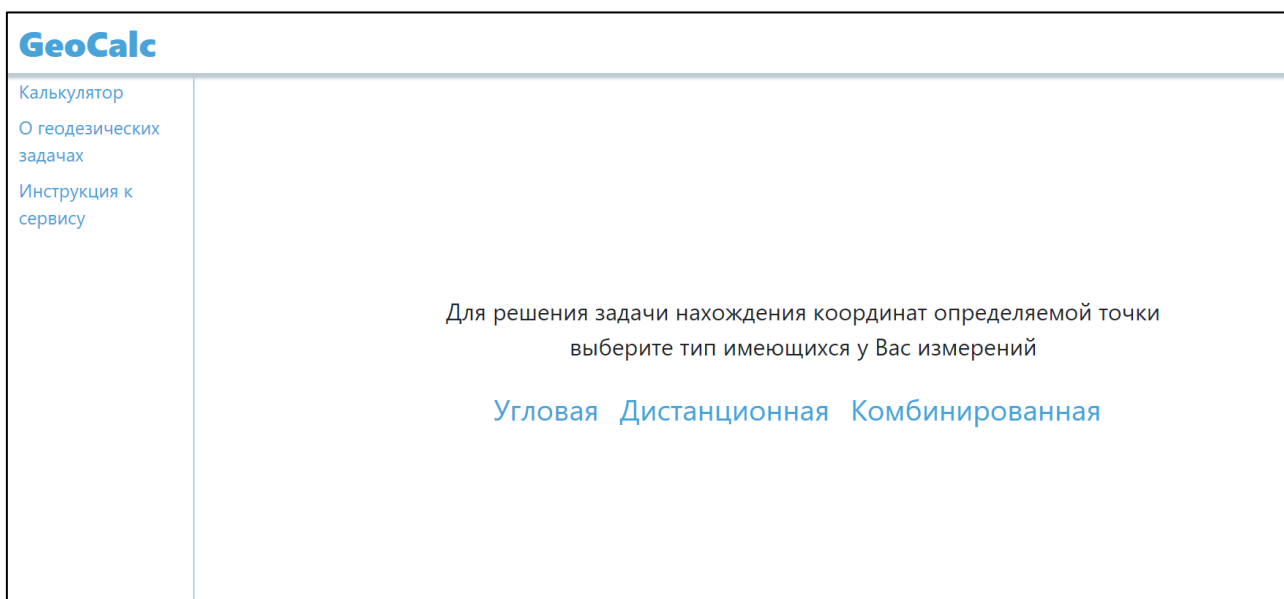


Рисунок 34 – Скриншот web-приложения

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
8БМ61	Гейцман Регине Юрьевне

Школа	ИШИТР	Отделение	ПМ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	01.04.02 Прикладная математика и информатика

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Нормативы оплаты труда Томского политехнического университета, амортизационные нормы</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Оценка потенциального потребителя, проведение SWOT анализа
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Определение целей и результатов исследования, определение организационной группы исследования
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Построение графика проведения и бюджета НТИ
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Оценка научно-технического потенциала исследования, оценка эффективности результатов

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ШИП	Шаповалова Наталья Владимировна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8БМ61	Гейцман Регина Юрьевна		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель раздела – комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо оценить полные денежные затраты на проект, а также дать хотя бы приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы.

4.1 Предпроектный анализ.

4.1.1 Портрет потенциального потребителя.

Перед проектированием алгоритмов решения задач и разработкой web-приложения был проведен анализ будущих пользователей и их потребностей. Целью данной магистерской диссертации являлась разработка web-приложения для решения задач прямой и обратной геодезических засечек. В связи с чем можно выделить несколько групп будущих пользователей.

Данный проект может быть применен при промышленной обработке геодезических данных.

Данный проект может быть использован студентами геодезических факультетов для решения учебных задач.

Данный проект может быть использован геодезистами и маркшейдерами при проведении строительных работ.

4.1.2 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. В таблице 1

Таблица 1 – SWOT-анализ представлен результат данного анализа.

Таблица 1 – SWOT-анализ

<p>Сильные стороны научно-исследовательской работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Web-приложение доступно круглосуточно любому пользователю сети Internet. • Работа в реальном времени; • Не требует установки на компьютер пользователя; • Доступен с любого устройства при наличии на нем браузера с доступом в интернет; • Возможность дальнейшего улучшения алгоритма и исследования; • Кроссбраузерное приложение с поддержкой старых версий браузеров; • Простой процесс модифицирования приложения, добавления новых алгоритмов(из-за модульной структуры приложения); 	<p>Слабые стороны научно-исследовательской работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Недостаточно гибкий способ подгрузки пользовательских данных (использование собственных шаблонов) • Нет поддержки стандартных геодезических журналов записей
<p>Возможности:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Расширение функционала web-приложения; • Свободное распространение web-приложения; • Легкость освоения web-приложения пользователями 	<p>Угрозы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Отсутствие спроса на данный алгоритм с текущим функционалом; • Более функциональные программные продукты конкурентов; • Нежелание пользователя перевода данных в требуемый формат шаблона приложения;

Очевидно, работа имеет свои потенциальные возможности развития, однако также не лишена недостатков, которые в случае неудачного стечения обстоятельств могут свести пользу данного исследования к нежелательным последствиям.

4.1.3 Инициация проекта

Цели и результат проекта. Важно оценить заинтересованные стороны проекта и их ожидания, чтобы понять бизнес-потребности потребителя проекта, а также точнее оценить новый продукт. В таблице 2 представлены заинтересованные стороны проекта.

Таблица 2- Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидаемая заинтересованность сторон
Геодезические предприятия	Высокий уровень заинтересованности, так как позволяет значительно сократить время решения задач сотрудниками и понизить свои затраты на содержание штата геодезистов.
Геодезисты	Высокий уровень заинтересованности, так как снижается уровень трудоемкости процесса решения задач.

В таблице 3 представлены цели и результаты проекта.

Таблица 3 - цели и результаты проекта

Цели проекта:	Исследование методов решения геодезических задач и разработка web-приложения на их основе
Ожидаемые результаты проекта:	Приложение для эффективного решения поставленных задач
Критерии приемки результата проекта:	Кроссбраузерное web-приложение на основе исследованных алгоритмов
Требование к результату проекта	Требование:
	Решение геодезических засечек
	Кроссбраузерность
	Удобный и понятный пользователю интерфейс
	Низкие требования к оборудованию пользователей

	Проведение вычислительного процесса на сторонних серверах
--	---

Таким образом к данному исследования предъявляются высокие требования, которые могут быть не выполнены.

Организационная структура проекта. Требуется решить следующие вопросы: кто входит в рабочую группу данного проекта, определение роли участников, описание функций каждого участника. Ответы на эти вопросы представлены в таблице 4.

Таблица 4– рабочая группа исследования

№ п\п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в исследовании	Функции
1	Рыбалка Сергей Анатольевич, ТПУ, доцент	Руководитель исследования	Направление вектора дальнейшего развития, помощь в организации исследования
2	Гейцман Регина Юрьевна	Исполнитель исследования	Проведение исследования, написание кода программ, описание результатов исследования

Таким образом, в состав исследовательской группы входят два человека, выполняющих все основные функции исследования.

4.1.4 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

Полный перечень проводимых работ, определение их исполнители и рациональная продолжительность приведены в таблице 5.

Таблица 5– Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнит ели	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 80% И – 20%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 20%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 30% И – 100%
Выбор среды реализации системы	НР, И	НР – 40% И – 90%
Выбор моделей для реализации	НР, И	НР – 100% И – 80%
Проведение исследования	НР, И	НР – 80% И – 100%
Реализация разработанных алгоритмов	И	И – 100%
Разработка графического интерфейса	И	И – 100%
Поиск и устранение ошибок	НР, И	НР – 40% И – 90%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 40%

4.1.4.1 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ при выполнении выпускной квалификационной работы является важным этапом, так как мы можем определить трудоемкость проводимых работ, а трудовые затраты составляют основную часть стоимости научно-исследовательской работы (НИР).

Трудоемкость – это максимально допустимые затраты труда в человеко-днях на выполнение НИР с учетом организационно технических мероприятий, обеспечивающих наиболее рациональное использование выделенных ресурсов.

Для того что бы рассчитать продолжительности выполнения работ необходимо для начала определить минимальную и максимальную продолжительность работы в днях. Данные приведены в таблице 6.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости работ $t_{ож}$ используется следующая формула:

$$t_{ож} = \frac{3*t_{min}+2*t_{max}}{5},$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

Для выполнения перечисленных в таблице 5 работ требуются специалисты:

- математик-программист – в его роли действует исполнитель НИР (ВКР);
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.; $K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей ($K_{ВН} = 1$); $K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий

дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_D = 1,2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{KD} = T_{RD} \cdot T_K$$

где T_{KD} – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

T_K – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях ($T_K = 1,205$)

Результаты представим в таблице 6. По полученным данным построим линейный график выполнения работ на весь период ВКР, представленный в таблице 7.

Таблица 6– Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	$T_{РД}$		$T_{КД}$	
					НР	И	НР	И
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	7	10	8,2	9,84	0,00	12,00	0,00
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	2	3	2,4	2,30	0,58	3,00	1,00
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	7	14	9,8	3,53	11,76	5,00	15,00
Разработка календарного плана	НР, И	2	3	2,4	2,88	0,58	4,00	1,00
Обсуждение литературы	НР, И	5	7	5,8	2,09	6,96	3,00	9,00
Выбор среды реализации программы	НР, И	5	7	5,8	2,78	6,26	4,00	8,00
Выбор моделей для реализации	НР, И	5	7	5,8	6,96	5,57	9,00	7,00
Проведение исследований	НР, И	7	14	9,8	9,41	11,76	12,00	15,00
Реализация разработанных алгоритмов	И	14	20	16,4	0,00	19,68	0,00	24,00
Разработка графического интерфейса	И	14	20	16,4	0,00	19,68	0,00	24,00
Поиск и устранение ошибок	НР, И	7	10	8,2	3,94	8,86	5,00	11,00
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	7	7	7	0,00	8,40	0,00	11,00
Оформление графического материала	И	5	5	5	0,00	6,00	0,00	8,00
Подведение итогов	НР, И	7	7	7	5,04	3,36	7,00	5,00
Итого:				110	48,77	109,44	64,00	139,00

Таблица 7 – Линейный график работ

Этап	НР	И	Январь			Февраль			Март			Апрель			Май		
			10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
1	12	0	■														
2	3	1		■													
3	5	15			■												
4	4	1				■											
5	3	9					■										
6	4	8						■									
7	9	7							■								
8	12	15								■							
9	0	24									■						
10	0	24										■					
11	5	11												■			
12	0	11													■		
13	7	5														■	
14	3.00	4.00															■

НР – ■; И – ■

4.1.4.2 Расчет накопления готовности проекта

С помощью полученной трудоемкости этапов в календарных днях рассчитаем степень готовности проекта. Показатели трудоемкости и степени завершенности для этапов в процентном соотношении приведем в таблице 8.

Введем обозначения:

- $TP_{\text{общ}}$ – общая трудоемкость проекта;
- TP_i (TP_k) – трудоемкость i -го (k -го) этапа проекта, $i = \overline{1, I}$;
- TP_i^H – накопленная трудоемкость i -го этапа проекта по его завершении;
- TP_{ij} (TP_{kj}) – трудоемкость работ, выполняемых j -м участником на i -м этапе.

Здесь $j = \overline{1, m}$ – индекс исполнителя, в нашем примере $m = 2$.

Степень готовности определяется формулой:

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{\text{общ}}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{\text{общ}}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{km}}.$$

Таблица 8– Нарастание технич. готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этап	TP_i , %	CG_i , %
Постановка целей и задач, получение исходных данных	5,91%	5,91%
Составление и утверждение ТЗ	1,97%	7,88%
Подбор и изучение материалов по тематике	9,85%	17,73%
Разработка календарного плана	2,46%	20,20%
Обсуждение литературы	5,91%	26,11%
Выбор среды реализации системы	5,91%	32,02%
Выбор моделей для реализации	7,88%	39,90%
Проведение исследования	13,30%	53,20%
Реализация разработанных алгоритмов	11,82%	65,02%
Разработка графического интерфейса	11,82%	76,85%

Продолжение таблицы 8

Поиск и устранение ошибок	7,88%	84,73%
Оформление расчетно-пояснительной записки	5,42%	90,15%
Оформление графического материала	3,94%	94,09%
Подведение итогов	5,91%	100,00%

4.1.4.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

4.1.4.4 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим

ценникам или договорам поставки. Сведем расходы по данному пункту в таблице 9.

Таблица 9– Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4	239	1 уп.	239
Картридж для принтера	1550	1 шт.	1550
Итого:			1789

Допустим, что транспортно-заготовительные расходы (ТЗР) составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны $C_{\text{МАТ}} = 1789 * 1,05 = 1878$ руб.

4.1.4.5 Расчет заработной платы

Расчеты затрат на полную заработную плату приведены в Таблица 10. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 6. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,4$; $K_{\text{р}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{И}} = 1,1 * 1,4 * 1,3 = 2,002$.

Таблица 10– Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР, доцент, к.т.н.	26300	1252,38	45	2.002	112827
И, учебно-вспомогательный персонал	9489	451.86	123	2.002	111057
Итого:					223884

4.1.4.6 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 %

от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{\text{соц}} = K_{\text{соц}} \cdot C_{\text{осн}}$. И так, в нашем случае $C_{\text{соц}} = 301339 \cdot 0,3 = 90\,401,4$ руб.

4.1.4.7 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot \text{Ц}_{\text{э}}$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\text{Ц}_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $\text{Ц}_{\text{э}} = 5,257$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных из таблицы 6 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t,$$

где $K_t = 0,8$.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$R_{\text{об}} = R_{\text{ном}} \cdot K_c$$

где $R_{\text{ном}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт; $K_c = 1$.

Расчет затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 11.

Таблица 11– Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час	Потребляемая мощность $R_{\text{об}}$, кВт	Затраты $\text{Э}_{\text{об}}$, руб.
Персональный компьютер	336	0,4	706,5
Струйный принтер	20	0,2	21,028
Итого:			727,5

4.1.4.8 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{ПРОЧ}} = (C_{\text{МАТ}} + C_{\text{ЗП}} + C_{\text{СОЦ}} + C_{\text{ЭЛ.ОБ}} + C_{\text{НР}}) * 0,1$$

Для нашего проекта это

$$(1878 + 301339 + 90401 + 706,5 + 21,028 + 5729,13) * 0,1 \\ = 400074,658 * 0,1 = 40007 \text{ руб.}$$

4.1.4.9 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и так далее. Их величина определяется по следующей формуле:

$$C_{\text{НР}} = (C_{\text{МАТ}} + C_{\text{ЗП}} + C_{\text{СОЦ}} + C_{\text{ЭЛ.ОБ}}) * \frac{1}{7} * k_{\text{НР}},$$

где $k_{\text{НР}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. За его величину принимают 16%. Таким образом, $C_{\text{НР}} = 7241,2 \text{ р.}$

4.1.4.10 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта.

Таблица 12 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{МАТ}}$	1789
Основная заработная плата	$C_{\text{ЗП}}$	223884
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{СОЦ}}$	90401
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{ЭЛ.ОБ}}$	727,528

Амортизационные отчисления	C_{AM}	5729,13
Накладные расходы	$C_{НР}$	7241,2
Прочие расходы	$C_{ПРОЧ}$	40007
Итого:		369778,8

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 369778,8$ руб.

4.1.4.11 Оценка эффективности проекта

В зависимости от того, в какой сфере и форме проявляется эффект различают следующие его виды: бюджетный, народнохозяйственный, коммерческий.

Реализуемым проектом является обработка геодезических данных.

Данный проект предполагает получение народнохозяйственного эффекта. Внедрение единого подхода решения задач повысит результативность процесса обработки данных: обеспечивается более высокое качество полученных измерений из-за дополнительной их обработки, называемой уравнительными вычислениями. Ускоряется процесс обработки геодезических данных, уменьшается риск возникновения ошибок при обработке результатов.

4.1.4.12 Оценка научно-технического уровня НИР

Научно-технический уровень характеризует влияние проекта на уровень и динамику обеспечения научно-технического прогресса в данной области. Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод балльных оценок. Балльная оценка заключается в том, что каждому фактору по принятой шкале присваивается определенное количество баллов. Обобщенную оценку проводят по сумме баллов по всем показателям. На ее основе делается вывод о целесообразности НИР.

Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется интегральный показатель (индекс) ее научно-технического уровня по формуле:

$$I_{НТУ} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i,$$

где $I_{НТУ}$ – интегральный индекс научно-технического уровня;

R_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;

n_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта, в баллах.

Таблица 13– Весовые коэффициенты признаков НТУ

Признаки научно-технического эффекта НИР	Характеристика признака НИР	R_i
Уровень новизны	Систематизируются и обобщаются сведения, определяются пути дальнейших исследований	00,4
Теоретический уровень	Разработка способа (алгоритм, программа мероприятий, устройство, вещество и т.п.)	00,1
Возможность реализации	Время реализации в течение первых лет	00,5

Таблица 14– Баллы для оценки уровня новизны

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны – n_1	Баллы
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, вещество, способ	8 – 10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия дополняют ранее полученные результаты	5 – 7
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	2 – 4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица 15– Баллы значимости теоретических уровней

Теоретический уровень полученных результатов – n_2	Баллы
Установка закона, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6

Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Таблица 16– Возможность реализации результатов по времени

Время реализации – n_z	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2

В таблице 17 указано соответствие качественных уровней НИР значениям показателя, рассчитываемого по формуле (55)

Таблица 17– Качественные уровни НИР

Уровень НТЭ	Показатель НТЭ
Низкий	1-4
Средний	4-7
Высокий	8-10

Для используемого в пособии примера частные оценки уровня n_i и их краткое обоснование даны в таблице Таблица 18.

Таблица 18– Оценки научно-технического уровня НИР

Значимость	Фактор НТУ	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
0,4	Уровень новизны	Новая	5	Позволяет реализовать и апробировать новые алгоритмы
0,1	Теоретический уровень	Разработка способа	6	Разработка единого подхода решения задач
0,5	Возможность реализации	В течение первых лет	10	Быстрое внедрение и переход к эксплуатации

Отсюда интегральный показатель научно-технического уровня для нашего проекта составляет:

$$K_{НТУ} = 0,5 \cdot 4 + 0,3 \cdot 6 + 0,2 \cdot 12 = 6,2$$

Таким образом, исходя из данных Таблица 17, данный проект имеет высокий уровень научно-технического эффекта.

4.1.4.13 Оценка эффективности результатов исследования

Предполагаемое влияние разработки на работу геодезиста на предприятии:

- Упрощение процесса обработки геодезических измерений;
- Значительное сокращение времени на решение базовых задач геодезии;
- Сокращение штата геодезистов за счет упрощения процесса решения задач;
- Возможность задействования менее квалифицированного специалиста.

Таким образом, исследуемый предмет оказывает положительное влияние в коммерческой сфере и рекомендуется автором данной работы для дальнейшего улучшения.

4.2 Вывод

Данный проект обладает широким кругом потенциальных потребителей, имеет множество сильных и слабых сторон. Проект удовлетворяет почти всем требованиям потребителей.

В данной главе произведен расчет продолжительности каждого этапа с указанием вклада каждого из участников исследования. Рассчитана стоимость всех затрат: заработные платы, налоги, расходные материалы и прочие.

Также произведена оценка эффективности исследования с точки зрения науки и экономики.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8БМ61	Гейцман Регине Юрьевне

Школа	ИШИТР	Отделение	ПМ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	01.04.02 Прикладная математика и информатика

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования и области его применения	<p>Объектом исследования являются алгоритмы решения прямой и обратной геодезических задач.</p> <p>Область применения: обработка геодезических измерений для решения производственных и бытовых задач.</p> <p>Рабочее место при выполнении работ должно соответствовать требованиям проведения работ на ПЭВМ.</p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p>	<p>1.1 Вредные факторы при работе с компьютером:</p> <ul style="list-style-type: none"> • отклонение параметров микроклимата; • недостаточная освещенность рабочей зоны; • повышенный уровень электромагнитных и ионизирующих излучений; • монотонный режим работы; • малоподвижный вид деятельности; • повышенная нагрузка на глаза; • интеллектуальные нагрузки. <p>2.1 Опасные факторы при работе с компьютером:</p> <ul style="list-style-type: none"> • поражение электрическим током; • пожар; • короткое замыкание; • статическое электричество.
<p>2. Экологическая безопасность</p>	<ul style="list-style-type: none"> • анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы CO₂ и тепла); • анализ воздействия объекта на литосферу (отходы в виде бумаги, устаревшей и/или пришедшей в негодность компьютерной

	техники, люминисцентных ламп, картриджей от принтера).
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	<ul style="list-style-type: none"> • перечень возможных ЧС на объекте; <ul style="list-style-type: none"> ○ ЧС техногенного характера; ○ ЧС природного характера. • выбор наиболее типичной ЧС; <ul style="list-style-type: none"> ○ пожар.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	<p>Описание правовых норм для работ, связанных с работой за ПЭВМ произведено согласно следующим документам:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 30.12.2015) • ГОСТ 12.2.032-78 • ГОСТ 12.003-74 • СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 <p>Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2018
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Авдеева Ирина Ивановна			01.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8БМ61	Гейцман Регина Юрьевна		01.03.2018

5 Социальная ответственность

Разработанный в рамках магистерской диссертации проект является web-приложением для решения геодезических прямой и обратной задач.

Область применения: обработка геодезических измерений для решения производственных и бытовых задач.

Основными средствами для выполнения дипломного проекта являлись стационарный персональный компьютер, локальная вычислительная сеть с выходом в Интернет.

В ходе работы над разделом произведен комплекс мероприятий технического, организационного, режимного и правового характера, минимизирующих негативные последствия.

5.1 Производственная безопасность

При изучении алгоритмов решения геодезических задач и проектировании web-приложения на их основе на исследователя оказывают действие следующие вредные и опасные производственные факторы, указанные таблице 19:

Таблица 19 – Вредные и опасные факторы при исследовании алгоритмов решения геодезических задач

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.003-74) [16]		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа за ПК	1. отклонение параметров микроклимата; 2. недостаточная освещенность рабочей зоны; 3. повышенный уровень электромагнитных и ионизирующих излучений; 4. монотонность режима работы;	1. поражение электрическим током; 2. пожар; 3. короткое замыкание; 4. статическое электричество	Параметры микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.4-548-96 [35]. Параметры освещенности устанавливаются СП 52.13330.2011 [37]. Параметры уровня шума устанавливаются СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [36]. Параметры уровня электромагнитных излучений

	5. малоподвижный вид деятельности; 6. повышенная нагрузка на глаза; 7. интеллектуальные нагрузки.		устанавливаются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [34].
--	---	--	--

5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

5.1.1.1 Отклонение параметров микроклимата

В помещениях, где установлены компьютеры, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата. Эти нормы устанавливаются в зависимости от времени года, характера трудового процесса и характера производственного помещения. Работа математика – программиста относится к категории работ Ia, в которую входят работы с интенсивностью энергозатрат до 139Вт, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением. Оптимальные параметры микроклимата для этой категории работ приведены в таблице 20 [34].

Таблица 20 – Параметры микроклимата для проведения исследований

Период	Параметр микроклимата	Величина
Холодный	Температура воздуха в помещении	22 – 24 °С
	Относительная влажность	40 – 60 %
	Скорость движения воздуха	до 0,1 м/с
Тёплый	Температура воздуха в помещении	23 – 25 °С
	Относительная влажность	40 – 60 %
	Скорость движения воздуха	0,1 – 0,2 м/с

В рабочем помещении поддержание параметров микроклимата обеспечивается отоплением и кондиционированием.

5.1.1.2 Недостаточная освещённость рабочей зоны

Недостаточная освещённость рабочей зоны является вредным производственным фактором, возникающим при работе с ПЭВМ, уровни которого регламентируются СП 52.13330.2011 [37].

Причиной недостаточной освещенности являются недостаточность естественного освещения, недостаточность искусственного освещения, пониженная контрастность.

Работа с компьютером подразумевает постоянный зрительный контакт с дисплеем ПЭВМ и занимает от 80 % рабочего времени. Недостаточность освещения снижает производительность труда, увеличивает утомляемость и количество допускаемых ошибок, а также может привести к появлению профессиональных болезней зрения.

Разряд зрительных работ программиста и оператора ПЭВМ относится к разряду III и подразряду Г (работы высокой точности). В таблице 21 представлены нормативные показатели искусственного освещения при работах заданной точности.

Таблица 21 – Требования к освещению помещений промышленных предприятий для операторов ЭВМ[30].

Характеристика зрительной работы				Высокой точности
Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм				0,264
Разряд зрительной работы				III
Подразряд зрительной работы				Г
Контрастность объекта с фоном				Средний, большой
Характеристика фона				Средний, светлый
Искусственное освещение	Освещенность, лк	При системе комбинированного освещения	Всего	400
			В том числе от общего	200
		При системе общего освещения		200

Согласно СНиП 23-05-95 [37] требования к освещенности при проведении исследований алгоритма распознавания эмоций, следующие: при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна

составлять 300 лк, а комбинированная – 750 лк; аналогичные требования при выполнении работ средней точности – 200 и 300 лк соответственно.

Основным гигиеническим требованием является достаточно равномерная освещенность всего поля зрения. То есть уровень освещенности помещения и яркость экрана монитора должны быть соотносимы: яркий свет в районе периферийного зрения повышает напряженность глаз и приводит к утомляемости.

Существует три вида освещения – естественное солнечное освещение, искусственное и комбинированное.

В помещении, где находятся рабочие места с ЭВМ, должно использоваться комбинированное освещение, т.е. сочетание естественного и искусственного освещения. В качестве естественного освещения выступает освещение через окна. Искусственное освещение используется при недостаточном естественном освещении.

Существует четыре вида искусственного освещения – общее, местное, комбинированное и аварийное.

В помещении используется общее освещение, где происходит равномерное распределение света по всей площади. Это достигается соблюдением одинакового расстояния между светильниками, которые равномерно рассеяны.

В осветительных установках кабинета ИВТ (информатики и вычислительной техники) должна быть использована система общего освещения, выполненная потолочными или подвесными люминесцентными лампами, равномерно размещенными по потолку. В качестве источников света рекомендуется использовать люминесцентные лампы мощностью 40Вт, 58Вт или энергоэкономичные мощностью 36Вт типа ЛБ (белого света), ЛХБ (холодного-белого цвета) как наиболее эффективные и приемлемые с точки зрения спектрального состава[33].

Рассмотрим аудиторию 105 кибернетического центра Томского политехнического университета, в которой производились работы, с размерами:

длина $A = 5$ м, ширина $B = 7$ м, высота $H = 4$ м. Всего в аудитории имеется шесть светильников, по четыре лампы в каждом. Фактическая освещённость рассчитывается по следующей формуле:

$$E_{\phi} = \frac{N \cdot n \cdot \Phi_{\text{ст}} \cdot \gamma}{S \cdot K \cdot z},$$

где N – число светильников, шт; n – число ламп в светильнике, шт; $\Phi_{\text{ст}}$ – световой поток люминесцентной лампы, лм (при мощности 11 Вт – 750 лм); γ – коэффициент использования светового потока (для исследуемого помещения – 0,8); S – площадь помещения, м²; k – коэффициент запаса (помещения с малым выделением пыли – 1,5); z – коэффициент неравномерного освещения (для люминесцентных ламп – 1,1).

Получаем

$$E_{\phi} = 249 \text{ лк}$$

Отличие от нормированного уровня

$$\Delta E = \frac{E_{\phi} - E_{\text{норм}}}{E_{\text{норм}}} \cdot 100\%.$$

В результате получаем $-10 \% \leq 17 \% \leq +20 \%$. Полученное значение попадает в необходимый интервал, значит, нормы освещённости в рабочем помещении соблюдаются.

Повышенный уровень электромагнитных излучений

При работе с компьютером допустимые уровни электромагнитных полей (ЭМП) указаны в таблице 22.

Таблица 22 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Поверхностный электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Первые симптомы воздействия электромагнитного поля на человека:

- утомляемость,
- раздражительность,
- нарушения сна,
- нарушения памяти и внимания.

Для снижения воздействия этих видов излучения применяются мониторы с пониженным уровнем излучения (мониторы на органических диодах) (согласно ГОСТ Р 50923-96 [19]), а также соблюдать регламентированные режимы труда и отдыха.

5.1.1.3 Монотонность режима работы

При работе с ПЭВМ основным фактором, влияющим на нервную систему программиста или пользователя, является огромное количество информации, которое он должен воспринимать. Это является сложной задачей, которая очень сильно влияет на сознание и психофизическое состояние из-за монотонности работы. Поэтому меры, позволяющие снизить воздействие этого вредного производственного фактора, которые регулируются, являются важными в работе оператора ПЭВМ[34]. Они позволяют увеличить производительность труда и предотвратить появление профессиональных болезней.

Организация работы с ПЭВМ осуществляется в зависимости от вида и категории трудовой деятельности. Виды трудовой деятельности разделяются на 3 группы: группа А – работа по считыванию информации с экрана с предварительным запросом; группа Б – работа по вводу информации; группа В – творческая работа в режиме диалога с ПЭВМ. Работа программиста-разработчика рассматриваемой в данной работе относится к группам А и Б, в то время, как деятельность пользователя приложения относится к группе В. Категории трудовой деятельности, различаются по степени тяжести выполняемых работ. Для снижения воздействия рассматриваемого вредного фактора предусмотрены регламентированные перерывы для каждой группы работ(таблица 23) [34]Таблица 22.

Таблица 23 – суммарное время регламентированных перерывов в зависимости от продолжительности работы, вида категории трудовой деятельности с ПЭВМ

Категория работы с ПЭВМ	Уровень нагрузки на рабочую смену при видах работ на ПЭВМ			Суммарное время регламентированных перерывов, мин.	
	группа А, количество знаков	группа Б, количество знаков	группа В, ч	при 8-часовой смене	при 12-часовой смене
I	до 20 000	до 15 000	до 2	50	80
II	до 40 000	до 30 000	до 4	70	110
III	до 60 000	до 40 000	до 6	90	140

Для предупреждения преждевременной утомляемости пользователей ПЭВМ рекомендуется организовывать рабочую смену путем чередования работ с использованием ПЭВМ и без него. В случаях, когда характер работы требует постоянного взаимодействия с компьютером (работа программиста-разработчика) с напряжением внимания и сосредоточенности, при исключении возможности периодического переключения на другие виды трудовой деятельности, не связанные с ПЭВМ, рекомендуется организация перерывов на 10–15 мин. через каждые 45–60 мин. работы. При высоком уровне напряженности работы рекомендуется психологическая разгрузка в специально оборудованных помещениях [34].

5.1.1.4 Анализ опасных факторов при проведении исследований

Основным опасным фактором является опасность поражения электрическим током.

В помещении подавляющая часть электрической проводки является скрытой. Поражение электрическим током возможно только при возникновении оголенных участков на кабеле, а также нарушении изоляции распределительных устройств, однако кабель имеет двойную изоляцию, поэтому опасность поражения значительно снижается. Не исключается также опасность поражения и от токоведущих частей компьютера в случае их пробоя и нарушении изоляции.

Для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции должна быть применена, по крайней мере, одна из следующих защитных мер: заземление, зануление, защитное отключение, двойная изоляция, выравнивание потенциалов.

Также для организации безопасной работы проводятся обучение и инструктаж по безопасности труда.

5.2 Экологическая безопасность

В ходе деятельности по разработке и исследованию алгоритма решения геодезических задач возникает необходимость утилизировать бумажные отходы и использованные картриджи от принтеров. Бумажные отходы должны передаваться в соответствующие организации для дальнейшей переработки во вторичные бумажные изделия. Неисправные комплектующие персональных компьютеров и картриджи должны передаваться либо организациям, осуществляющим вывоз и уничтожение бытовых и производственных отходов, либо организациям, занимающимся переработкой отходов.

Эксплуатация люминесцентных ламп требует осторожности и чёткого выполнения инструкции по обращению с данным отходом (код отхода 35330100 13 01 1, класс опасности – 1 [28]). Опасное вещество ртуть содержится в лампе в газообразном состоянии. Вдыхание паров ртути может привести к тяжелому повреждению здоровья.

При перегорании ртутьсодержащей лампы (выходе из строя) её замену осуществляет лицо, ответственное за сбор и хранение ламп (обученное по электробезопасности и правилам обращения с отходом). Отработанные люминесцентные лампы сдаются только на полигон токсичных отходов для меркуризации и захоронения. Запрещается сваливать отработанные люминесцентные лампы с мусором [40].

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Существует 3 типа возможных источников чрезвычайных ситуаций:

- природного характера;
- техногенного характера;
- биолого-социального.

Наиболее вероятной ЧС при разработке и проведении исследований является пожар.

Одно из условий обеспечения пожаробезопасности любого производственного процесса – ликвидация возможных источников воспламенения. Источниками воспламенения могут быть: неисправности электропроводки, розеток и выключателей которые могут привести к короткому замыканию или пробое изоляции; использование поврежденных (неисправных) электроприборов; использование в помещении электронагревательных приборов с открытыми нагревательными элементами; возникновение пожара вследствие попадания молнии в здание; неаккуратное обращение с огнем и несоблюдение мер пожарной безопасности.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения:

- огнетушащие вещества (вода, песок, земля);
- огнетушащие материалы (грубошёрстные куски материи – кошмы, асбестовые полотна, металлические сетки с малыми ячейками ит. п.);
- немеханизированный ручной пожарный инструмент (багры, крюки, ломы, лопаты и т.п.);
- пожарный инвентарь (бочки и чаны с водой, пожарные ведра, ящики и песочницы с песком);
- пожарные краны на внутреннем водопроводе противопожарного водоснабжения в сборе с пожарным стволом и пожарным рукавом;
- огнетушители [17].

Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды. Здание должно соответствовать требованиям пожарной

безопасности, а именно: наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации (рис. 35), порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу. Углекислотные огнетушители ОУ-3, ОУ-5 предназначены для тушения загораний веществ, горение которых не может происходить без доступа воздуха, загораний электроустановок, находящихся под напряжением не более 1000 В, жидких и газообразных веществ (класс В, С).



Рисунок 35 – План эвакуации людей при пожаре и других ЧС(первый этаж)

Огнетушители не предназначены для тушения загорания веществ, горение которых может происходить без доступа воздуха (алюминий, магний и их сплавы, натрий, калий), такими огнетушителями нельзя тушить дерево.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей [17].

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.4.1 Эргономические требования к рабочему месту

Для комфортной работы стол при проведении исследований должен удовлетворять следующим условиям [34]:

- высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;
- нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы программист мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;
- поверхность стола должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения программиста;
- конструкция стола должна предусматривать наличие выдвижных ящиков.
- высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680 – 760мм. Высота поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть около 650мм.

Большое значение придается характеристикам рабочего кресла. Так, рекомендуемая высота сиденья над уровнем пола находится в пределах 400 – 550 мм. Поверхность сиденья мягкая, передний край закругленный, а угол наклона спинки – регулируемый.

Положение экрана определяется:

- расстоянием считывания (0,6...0,7 м);
- углом считывания, направлением взгляда на 20° ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению.

Должна также предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от -10° до +20° относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Существенное значение для производительной и качественной работы на компьютере имеют размеры знаков, плотность их размещения, контраст и соотношение яркостей символов и фона экрана. Если расстояние от глаз оператора до экрана дисплея составляет 60 – 80 см, то высота знака должна быть не менее 3 мм, оптимальное соотношение ширины и высоты знака составляет 3:4, а расстояние между знаками – 15 – 20% их высоты. Соотношение яркости фона экрана и символов – от 1:2 до 1:15[34].

Создание благоприятных условий труда и правильное эстетическое оформление рабочих мест на производстве имеет большое значение как для облегчения труда, так и для повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда.

Специальные правовые нормы трудового законодательства

Если пользователь постоянно загружен работой с ЭВМ, приемлемой является поза сидя. В положении сидя основная нагрузка падает на мышцы, поддерживающие позвоночный столб и голову. В связи с этим при длительном сидении время от времени необходимо сменять фиксированные рабочие позы.

Исходя из общих принципов организации рабочего места, в нормативно-методических документах сформулированы требования к конструкции рабочего места.

Основными элементами рабочего места программиста являются: рабочий стол, рабочий стул (кресло), дисплей, клавиатура, мышь; вспомогательными - пюпитр, подставка для ног [19].

Взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать возможность осуществления всех необходимых движений и перемещений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования [18].

Рабочие места с ЭВМ должны располагаться на расстоянии не менее 1,5 м от стены с оконными проемами, от других стен – на расстоянии 1 м, между собой – на расстоянии не менее 1,5 м. При размещении рабочих мест необходимо исключить возможность прямой засветки экрана источником естественного освещения.

При размещении ЭВМ на рабочем месте должно обеспечиваться пространство для пользователя величиной не менее 850 мм³. Для стоп должно быть предусмотрено пространство по глубине и высоте не менее 150 мм, по ширине – не менее 530 мм. Располагать ЭВМ на рабочем месте необходимо так, чтобы поверхность экрана находилась на расстоянии 400 – 700 мм от глаз пользователя. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы [18].

Рабочее кресло обеспечивает поддержание рабочей позы в положении сидя, и чем длительнее это положение в течение рабочего дня, тем жестче должны быть требования к созданию удобных и правильных рабочих сидений.

Высота поверхности сиденья должна регулироваться в пределах 400 – 550 мм. Ширина и глубина его поверхности должна быть не менее 400 мм. Поверхность сиденья должна быть плоской, передний край – закругленным. Сиденье и спинка кресла должны быть полумягкими, с нескользящим, не электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, материал которого обеспечивает возможность легкой очистки от загрязнения.

Опорная поверхность спинки стула должна иметь высоту 280 – 320 мм, ширину – не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости – 400 мм. Расстояние спинки от переднего края сиденья должно регулироваться в пределах 260 – 400 мм.

Рабочее место должно быть оборудовано устойчивой и просто регулируемой подставкой для ног, располагающейся, по возможности, по всей ширине отводимого участка для ног. Подставка должна иметь ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20. Поверхность подставки должна быть рифленой, по переднему краю иметь бортик высотой 10 мм.

При организации рабочего пространства необходимо учитывать индивидуальные антропометрические параметры пользователя с

соответствующими допусками на возможные изменения рабочих поз и потребность в перемещениях.

Рациональной рабочей позой может считаться такое расположение тела, при котором ступни работника расположены на плоскости пола или на подставке для ног, бедра сориентированы в горизонтальной плоскости, верхние части рук – вертикальный угол локтевого сустава колеблется в пределах 70 – 90, запястья согнуты под углом не более чем 20, наклон головы – в пределах 15 – 20, а также исключены частые ее повороты [19].

5.5 Вывод

Рабочее место в аудитории 105 кибернетического центра Томского Политехнического университета полностью удовлетворяет указанным требованиям безопасности. Все требования во время проведения исследования были соблюдены.

6 Заключение

Данная работа в очередной раз доказывает актуальность проблемы автоматизации геодезических задач и сложность её решения. Для достижения поставленной цели разработки и введения в эксплуатацию web-приложения для выполнения автоматических вычисления при решении базовых задач геодезии было решено множество задач.

Исследована существующая литература по теме исследовательской работы. В основе автоматического метода данного исследования лежат работы других авторов с предложенными в данной работе модификациями.

Для удобства работы пользователей и удовлетворения их современных требований спроектированы четкие требования к приложению, которые впоследствии были выполнены в финальном продукте, для чего была спроектирована подходящая архитектура приложения и произведен обоснованный выбор технология для программной реализации продукта.

Отдельным модулем реализованы вычислительные методы автоматического решения задачи с описанием принципов работы и алгоритма.

Разработано модульное web-приложение под спроектированную архитектуру, что позволяет легко заменять части приложения без необходимости внесения изменений в код или переписывания зависимостей. Описаны алгоритмы, лежащие в основе программы.

Финальное web-приложение размещено на сервере, характеристики которого указаны в данном исследовании.

Также в данной работе произведен расчет всех экономических затрат и конкурентоспособности приложения. Так как приложение является бесплатным для использования, то окупание рассчитанных экономических составляющих невозможно.

Рассмотрены вредные факторы и указаны нормативные документы, которыми стоит руководствоваться при использовании продукта данного исследования.

7 Список использованных источников

- 1 Cool Linear Algebra: Singular Value Decomposition // Andrew Gibiansky URL: <http://andrew.gibiansky.com/blog/mathematics/cool-linear-algebra-singular-value-decomposition/> (дата обращения: 10.03.2018)
- 2 React [Электронный ресурс] // React - A JavaScript library for building user interfaces. URL: <https://reactjs.org/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. Дата обращения: 20.05.2018г
- 3 What is jQuery? [Электронный ресурс] // jQuery. URL: <https://jquery.com/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. Дата обращения: 20.05.2018г
- 4 Баран, П. И. Применение геодезических засечек, их обобщённые схемы и способы машинного решения / П. И. Баран, В. И Мицкевич., Ю. В. Полищук и др. // – М.: Недра, 1986. – 166 с.
- 5 Бауман В.И. Курс маркшейдерского искусства. Ч. 3: О погрешностях маркшейдерских измерений, накоплении и уравновешении погрешностей. Задачи, решаемые по данным съёмки, Вып. 1. Теория ошибок и их уравновешение, 19. - 180 с.
- 6 Болотов П.А. Практикум по основным геодезическим работам [Текст]: [Для топогр. техникумов] / П.А. Болотов, С.В. Шубин, И.А. Рейман. - Москва: Недра, 1977. - 336 с.
- 7 Большаков В.Д., Левчук Г.П. (ред.). Справочник геодезиста. Книга 1, 3-е изд, перераб. и доп. - М.: Недра, 1985. - 455 с.
- 8 Большаков В.Д., Маркузе Ю.И. Практикум по теории математической обработки геодезических измерений. - М.: " Недра" 1984. - 345 с.
- 9 Большаков В.Д., Маркузе Ю.И., Голубев В.В. Уравнивание геодезических построений. – М.: Недра, 1989. – 413 с.
- 10 Веб-приложение [Электронный ресурс] // Веб-приложение – Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Веб-приложение>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 20.05.2018г

- 11 Вылегжанин О.Н., Рыбалка С.А. Расчет координат неизвестной точки по результатам дирекционных измерений // Маркшейдерский вестник. 2016. № 5. С.18–22.
- 12 Вылегжанин О.Н., Рыбалка С.А. Расчет координат неизвестной точки по результатам дистанционных измерений // Маркшейдерский вестник. 2017. № 1. С.15–18.
- 13 Гаусс, К. Ф. Теория движения небесных тел, обращающихся вокруг Солнца по коническим сечениям [Текст] / К. Ф. Гаусс ; пер. с лат. Догель. - М. : [б. и.], 1861. – 293 с.
- 14 Горбаченко В.И. Вычислительная линейная алгебра с примерами на MATLAB. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 320 с.
- 15 Гордеев, Ю. А. Обобщение приемов оценки точности положения пунктов плановых опорных геодезических сетей. - Ленинград : Мор. транспорт, 1959. - 131 с.
- 16 ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
- 17 ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования
- 18 ГОСТ 22269-76 Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования
- 19 ГОСТ Р 50923-96 Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения
- 20 Гудков В. М., Хлебников А. В. Математическая обработка маркшейдерско-геодезических измерений: Учеб. для вузов. — М.: Недра, 1990. — 335 с.
- 21 Келль Н.Г. Основы графического уравнивания при выставке триангуляционных сетей [Текст] / Проф. Н. Г. Келль. — Ленинград : Гидрограф. упр. ВМФ СССР, 1941. - 56 с

- 22 Колмогорова А.Н. , “К обоснованию метода наименьших квадратов”, УМН, 1:1(11) (1946), 57–70
- 23 Куштин И.Ф., Куштин В.И. Инженерная геодезия. Учебник. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002.-416 с.
- 24 Леонтовский П. Маркшейдерские задачи [Электронный ресурс]: монография / П. Леонтовский, 1905. - 238 с.
- 25 Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений. – М.:Изд.физ.-мат. литературы, 1958. – 334 с.
- 26 Мазмишвили А.И. Теория ошибок и метод наименьших квадратов. – М.:Недра, 1978. – 311 с.
- 27 Михайлов А.Ю. Инженерная геодезия в вопросах и ответах. – М.: Инфра-Инженерия, 2016 – 200 с.
- 28 Об утверждении правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде: Постановление Правительства Российской Федерации от 3 сентября 2010 года № 681.)
- 29 От Web-сайтов к Web-приложениям. Часть 1. Web-сайт или Web-приложение? [Электронный ресурс]// IBM - В России и странах СНГ. URL: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/wa-websiteapp/index.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 20.05.2018г
- 30 Попов В.М. Психология безопасности профессиональной деятельности: учебное пособие / В. М. Попов; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск: Изд-во Новосибирского государственного технического университета, 1996 г. – 155 с.
- 31 Пранис-Праневич И.Ю. Руководство по уравнительным вычислениям и заполняющей триангуляции II, III и IV классов [Текст] / И. Ю. Пранис-Праневич. - Москва: Изд-во геодез. и картогр. лит., 1941. - 368 с.

- 32 Савич, А.Н. Приложение теории вероятностей к вычислению наблюдений и геодезических измерений: учебные руководства для военно-учебных заведений / А.Н. Савич. СПб.: В типографии Императорской Академии Наук, 1857.- 196 с.
- 33 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
- 34 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
- 35 СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
- 36 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы
- 37 СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
- 38 Справочник геодезиста : В 2 кн. . Кн. 1 / Под ред. В. Д. Большакова, Г. П. Левчука. - 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1985. – 454 с.
- 39 Справочник геодезиста : В 2 кн. . Кн. 2 / Под ред. В. Д. Большакова, Г. П. Левчука. - 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1985. – 439 с.
- 40 Федеральный классификационный каталог отходов [Электронный ресурс]. – 2013. – URL: <http://www.ecoguild.ru/faq/fedwastecatalog.htm> (дата обращения: 03.05.2018)].
- 41 Что такое веб-сайт? [Электронный ресурс]// smart-ip.net. URL: <http://ru.smart-ip.net/what-is-a-website>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 20.05.2018г
- 42 Юнусов А.Г., Беликов А.Б., Баранов В.Н., Каширкин Ю.Ю. Геодезия: Учебник для вузов. - М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2011. – 409 с.

8 Приложения

Приложение А

(справочное)

Development and research of algorithms for solving geodetic problems
using Web-technologies

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8БМ61	Гейцман Регина Юрьевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШИТР	Рыбалка Сергей Анатольевич	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения ИЯ ШБИП	Комиссарова Ольга Валентиновна	к.филол.н.		

3 Development of a web application for solving geodetic tasks

More and more large companies are releasing their products based on cloud technologies nowadays. In such products complex resource-consuming operations are performed on third-party servers, while simple and non-demanding ones are held by the client side. This trend is justified by the fact that not every user has at his disposal powerful equipment for solving the tasks required. That's why there is a need to develop a client-server application, where all complex calculations will be made on the server and returned back to user.

A website is a resource that consists of one or more web pages with different types of content: text, media (pictures, video, audio) or other types. A static website is stored on the server as separate files and delivered by the web server without any changes in the form in which they were created by the author. Web sites are used primarily for information purposes. In this case user plays the role of a consumer and simply receives the information he needs, almost without interacting with the site.

Web applications are usually interactive. Web application content is generated by a special program that runs on a web server and can be assembled from various components by the web server on demand. The user becomes an active participant: he searches, presses buttons, fills in forms, makes purchases, makes calculations, saves the information. The content of dynamic pages at the same address can vary with time, or be different for different visitors at the same time. A classic example of a web application is a computer-based online game.

Today the vast majority of web resources are a hybrid of information and interactive aspects.

Web pages and web applications are served by web servers – special software that delivers web content to clients over web protocols. The most common web protocols are[41]:

- HTTP - is an application protocol for data distribution, initially - as hypertext documents in the "HTML" format. Currently used to transfer arbitrary data;

- HTTPS is an extension of the HTTP protocol to support encryption in order to increase security. Same as HTTP, but using a secure data layer;
- SPDY is an application layer protocol for the transmission of Web content. The protocol was developed by Google. Compatible with HTTP protocol. Supported by some modern browsers.
- WebSocket - a new two-way protocol (can receive and send at the same time) intended for messaging between the browser and the web server in real time. Only several modern browsers support it.

As a client to whom a web server usually delivers the content of a website, it is usually a web browser – special software that can display web pages and is able to interact with other types of web content.

The goal of this project is to create a web application for calculating the coordinates of the determined point in cases where user has some angular and distance measurements, or combined measurements.

The decision to create a web-application is conditioned by the desire to give a wide range of users an access to the developed algorithms and the possibility of their practical application. Another advantage of a web application is that the architecture of the application is not dependent on the user's operating system. So we have cross-platform web application. The main condition for use by the user is the availability of Internet access. Planned user interaction with web site is following. User uploads the file he has with known initial measurements to the system and receives calculated coordinates of the point. The calculation itself takes place on the server, which makes it possible to use the web tool even on computers with low power.

3.1 Decomposition of the development process

As part of the application development process, we determine the following tasks:

- Design requirements for a web application;
- Design the architecture of the web application;
- Select web-technologies for creating an application;

- Implement computational modules and web application modules for solving various types of tasks;

- Design web application interface;
- Place a ready-made web application on university.

3.2 Designing requirements for a web application

In this master's thesis it is required to develop and implement a web application for solving geodetic problems.

Below is a list of non-functional requirements for the final product:

- Ease of use (the most understandable interface);
- Performance and speed;
- Work on the Internet (use of client-server technology);
- Support for human interaction devices for data entry.
- Responsiveness of the interface (program response to any user action)
- Dynamic downloads (information is updated on the screen without having to reload the page)
- Low entry threshold (a person will be able to use the application even with a minimal set of knowledge)
- Independence from the user's device and its parameters (it is enough for user to have a browser and connect to the Internet).

Requirements for user's personal computers

- Access to the Internet with a speed of at least 512 Kbps.
- Any internet browser (browser) that supports JavaScript.

The OS requirements for use in the server side of the application are:

- Support for a full range of network technologies (network equipment, protocols, access to remote resources and services, etc.);
- multitasking;
- multithreading;
- multi-user mode;
- support for a variety of hardware platforms;

- an acceptable level of security (availability of mechanisms for authorization, authentication, auditing).

3.3 Designing the architecture of the web application

The Web application consists of the client and server parts, thereby implementing the client-server technology (Figure 1). The client part implements the user interface, generates requests to the server and processes the responses from it. The server part receives a request from the client, performs calculations, then forms a web page and sends it to the client via the network.

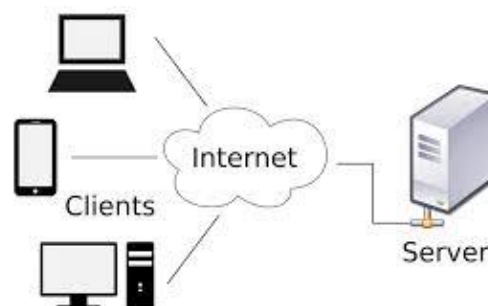


Figure 1- Client-server technology

The main advantages of the client-server technology:

- The program and processing of input data is performed on the server, which allows to reduce the level of user requirements for PC;
- Independence from user's computer characteristics (hardware platform, operating system, browser, etc.)
- The developer fully controls the current version of the application. Support and modification of the application is carried out promptly and for all users at once.

The main disadvantages are:

- Failure of the primary server will lead to the inoperability of the entire application;
- Administration of such a system requires a qualified professional;
- High cost of equipment.

3.4 Selected web technologies

In this work the application code consists of two equivalent parts: server and client. Using the same language to write both parts is possible, but this option is not

the most optimal. In this paper, a variety of technologies and programming languages are used to create web applications on the server side, capable of outputting to the standard console. To solve the task we used following web-tools: HTML language, CSS, JavaScript, Ajax, PHP, C ++. Since this web application is hosted on the servers of Tomsk Polytechnic University, it was decided to use the server backbone of the university: Apache + PHP. The computational modules were coded in C ++ and compiled under the server OS into executable elf files.

Figure 2 shows the architecture of the application and the connection between the client and the server.

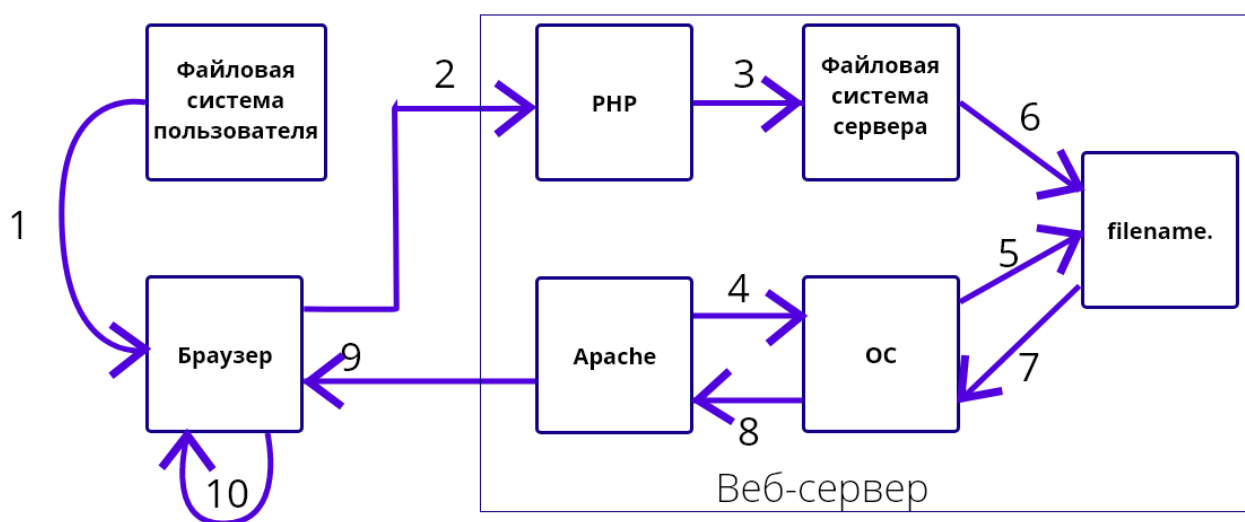


Figure 2 – Application architecture

The flow of information is indicated by arrows. Streams are described as follows:

- 1) To simplify the user's work, all the input data is stored in a file so that it can be resent and there is no need to enter manually large amounts of information;
- 2) The user selects a data file through the browser and specifies the required task parameters that are sent to the server using the HTTP protocol;
- 3) The server saves the received file and selected parameters;
- 4) The PHP module makes a request to the server OS to execute the console command with the call to the elf file with the required parameters;
- 5) The server OS executes the command and initializes the elf file;
- 6) Elf file from the server file system loads the data file and performs the task solution;

- 7) ELF file returns the result of execution (the data printed in the console) in the server OS;
- 8) The OS server returns the received data to the PHP module;
- 9) The server sends data via HTTP protocol back to the client;
- 10) The browser receives a response and draws the result without reloading the page.

3.4.1 Client's part of application

To design the client part of the web application the JavaScript language was used. The JavaScript programming language is supported by all modern browsers and is the de-facto standard for modern interactive web applications.

React was selected as the main tool for building a user interface. This is the JavaScript library created by FaceBook in 2013. At the moment the actual version is React 16.3 [2]. This library allows you to use a component approach to development. Thus, you can significantly improve the readability of the code. An additional advantage is the ability to reuse pieces of code - 1 component can serve different purposes and be drawn as many times as you like. In combination with the React-Router library, you can navigate through the pages of the web application without exchanging information with the server, but retaining a complete identity with the standard methods of navigating through the pages.

It was also decided to use the create-react-app library, which allows you to create a standard application reactive framework (Figure 3) with a single command "create-react-app <application name>" and implement the debugging and writing capabilities of the application with synchronization in the browser (when saving changes to the code, they are immediately displayed in the browser).

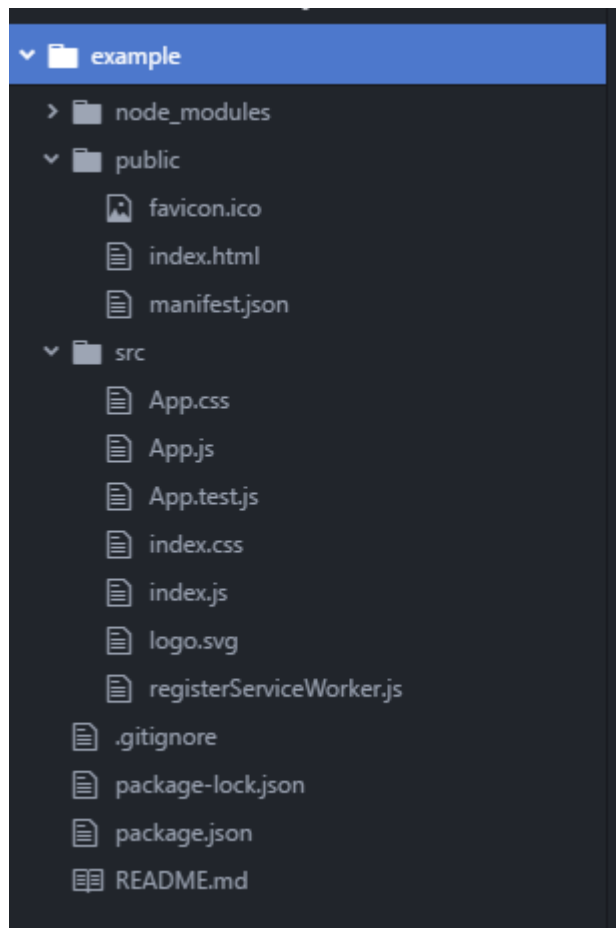


Figure 3- Standard application structure

Moreover, this library implements cross-browser compatibility. That is, when writing a code specific for one browser or using the new Es6 standard, when compiled, there will be an automatic code change with support for the old ES5 standard and style sheets for most older browsers, including IE8 +.

Also here was used the software platform Node.JS. Node.js is based on an event-driven model with non-blocking Input/ Output operations, which makes it easy and efficient. In other words: Node.js makes it possible to write efficient and productive server code using JavaScript. This platform allows you to develop complex applications with further compilation into a single file, executed on a web page. In connection with Node.JS was used the NPM package manager, which allows you to install and connect third-party libraries written in JavaScript, which greatly simplifies the development of the application.

AJAX (Asynchronous Javascript and XML) technology and the jQuery library were used to develop this web application. AJAX is an approach to building interactive

user interfaces for Web applications, which consists in the "background" exchange of data between browser and a web server. As a result, when you update the data, the web page does not reloads completely, so web applications become even faster and more convenient. In the case of designing a web application without using AJAX technology when a user clicks a link, the browser requests new page from the server and loads it with all the accompanying files (style files, javascript files, etc.) that even with a good connection to the Internet takes an average of 1 to 10 seconds (waiting for a response from the server, waiting for the screen to be updated, waiting for an answer to the request and generating a new page). In case of using asynchronous request (AJAX) technology, the user's response time to the page is significantly reduced, as only the required part of the information is updated on the page and the listed standard delays are absent.

To implement AJAX requests, was used the jQuery library from Google [3]. Which not only allows you to work with asynchronous requests, but also manage DOM-elements (Document Object Model). DOM-elements allow you to make changes in elements much faster and easier.

To support adaptability to different sizes of user's screens, it was decided to use a library from Twitter, called Bootstrap. It has all the styles and elements necessary for adaptive layout of the site.

Access to this application is also open from users' mobile devices. To correctly display the sidebar menu, it was decided to use Slideout.js, because this library is lightweight and has a wide support options for browsers. Another advantage is the ease of use.

Despite the abundance of third-party libraries that can make the same functionality, it was decided to focus on the above technologies because of their popularity and availability of teaching materials.

3.4.2 Server's part of application

Since the main purpose of the application is to provide services by means of the Internet, we needed to include in its server part a web server. It is a hardware and software complex designed to handle HTTP requests. HTTP request - a request to the

server, formed according to the HTTP protocol, to perform some remote action (manipulation of information, execution of certain commands, etc.). Typically, such requests are sent by the client's Internet browser.

The university uses a server with the following characteristics

- FreeBSD 8.2-Release amd64;
- Apache 2.2.17 (FreeBSD).

For the design of the server part of the web application, the following technologies were used.

Based on security considerations the construction of browsers does not allow the JavaScript language to directly access users' files. Therefore, on the side of the server, PHP was used to work with files, which carried out the transfer of user files uploaded by users to the server for further calculations. PHP (Hypertext Preprocessor) is a general-purpose scripting language widely used for developing Web applications. Currently supported by the vast majority of hosting providers. PHP is one of the leaders among the programming languages used to create dynamic Web sites.

3.5 Implementation of web application modules

3.5.1 Back-end

As shown in Figure 9, in the server part, the application consists of PHP, which is an intermediary between the client and the computational part implemented in C ++.

Thus, for each type of input data types, there is a PHP file for solving the problem. And if you need to exclude the module, just delete the corresponding file (not the function), which greatly simplifies the process of adding and removing new features. However, to completely delete a task, you must also exclude the client module in the user part of the application.

PHP modules

Figure 4 shows all the PHP files of the web application being developed.

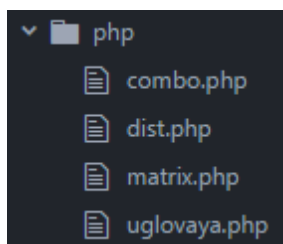


Figure 4 – PHP modules

For example for the call of the computational module in the case of the angular input data type, is responsible following part of the code:

```
$inp_file = $_FILES['file1']['tmp_name'];  
$c = shell_exec('./elf/Geo '.$inp_file.' 2 '.$_POST['variant']);  
echo $c;
```

The first line of which retrieves the full temporary name of the file sent by the client. The second line calls the execution of the Elf file with the required parameters: the path to the data file, the task type and the solution variant. In the third line, the result is returned to the client.

3.5.1 Front-end

Navigation menu

In part 3.4.1 of this paper, React was selected to implement the front-end part of the application. This library allows to create flexible components and use them as many times as you need.

For convenient navigation through the application, it was decided to use the navigation menu. That in turn puts the task of developing a component that allows multiple usage within the application, since the menu should be drawn on each page.

One of the most convenient and common types of navigation menus are panels located in the top or side of the window. When designing the first prototype of the application, it was decided to use the navigation menu located at the top of the window (Figure 5)

Figure 5 – Navigation menu of the first application prototype

However, in the next stages it was decided to choose the navigation menu fixed in the left panel (Figure 6). The solution is justified by the fact that in the future

development of the application process it is possible to expand the functionality and links to new functions are easier to place in the sidebar than clutter up the top panel. In addition, the sidebar is a more familiar way of navigating to the user.

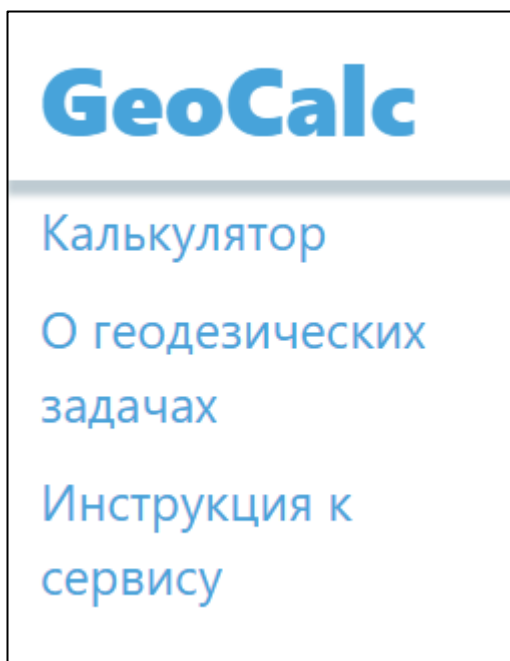


Figure 6 – Sidebar navigation

To develop a mobile version of the application menu, a lightweight slideout.js library. This library was used to hide the navigation menu on smartphone screens. If necessary, the user calls the panel using the swipe from the edge of the screen(Figure 7).

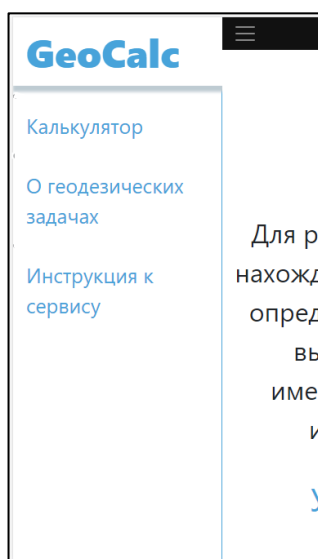


Figure 7– Mobile screenshot

The full component of the navigation menu consists of two files (Figure 8): the stylesheet file (sidebar.css) and the component code (sidebar.js)

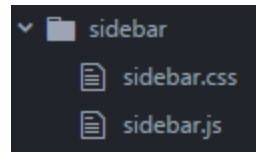


Figure 8 – Navigation menu component files

The sidebar component is an extension of the react component, which is described by the code “*class Sidebar extends Component { ... }*”.

Inside this component, there is an auxiliary function `drawList`, used to draw all menu items (Figure 9).

```
function drawList(list) {
  var res = [];
  list.forEach(function(el) {
    res.push(<li key={el.link} className="nav-ite">
      <Link to={el.link}>{el.name}</Link>
    </li>);
  });
  return res;
}
```

Figure 9 – The auxiliary function code

This function takes a list of objects with the link and name fields, which denote the link and the display name, respectively. Then, the entire array is traversed and a link-element is generated based on each object. After that, this element is added to the general array `res` of all links, which is returned by the function at the end. The `drawList` function is used in the navigation menu construction code (Figure 10).

```
return (<nav id={this.props.params.blockID} key={this.props.params.blockID} className="sidebar pc">
  <div className="sidebar-sticky" id="my-menu">
    <ul className="nav flex-column">
      <li className="nav-item brand active">
        <Link className="nav-link" to="/">{this.props.brand}</Link>
      </li>
      {drawList(this.props.linksList)}
    </ul>
    <ul className="navbar-nav mr-auto" id="blockLinks"></ul>
  </div>
</nav>);
```

Figure 10 - JSX (html) navigation bar code

After the panel is created, a duplicate is created for the `slideout.js` library and the mobile panel designer call to the function. As a result of this approach to the

development of this component, it is enough to use the code shown in Figure 11 to draw the menu on any page.

```
<Sidebar params={{
  'displayName' : 'Navigation bar',
  'blockID' : 'sidebar-nav'
}} brand='Geocalc' LinksList=[
  {
    link: '/',
    name: 'Калькулятор'
  }, {
    link: '/geodezzadachi',
    name: '0 геодезических задачах'
  }, {
    link: '/help',
    name: 'Инструкция к сервису'
  }
]
]/>
```

Figure 11 – Sidebar call code

Calculator

The structure of the calculator's element differs significantly from the previously described navigation panel. Since the number of tasks and their appearance can change, we used a modular approach in the development component. In this approach to add a new computational module you have to create a file without any additional inclusions of this filename in other places. This approach greatly simplifies the process of further modification of the application, as for the implementation of additional functionality there is no need to understand other people's code. You just need to write your own code in new file and it will be automatically connected at the compilation stage.

An example of the structure of a component with two modules can be seen in Figure 12. All the main modularity code is implemented in the file `2.calc.js`. Files from the `calculator-tabs` folder are modules for solving problems.

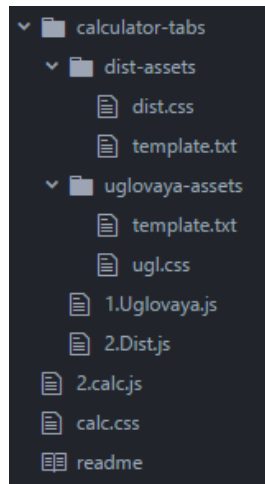


Figure 12 – Structure of the calculator component

These modules that implement the solution of tasks are displayed on the user's screen in the form of switchable tabs (Figure 13).



Figure 13 – Switchable tabs

To implement described option, the code from the *calculator-tabs* folder retrieves the contents of all files with the .js extension (Figure 14).

```
let blocks = require.context("./calculator-tabs", true, /\.\/.*\.js/);

let indexBlocks = [];

blocks.keys().forEach((key) => {
  indexBlocks.push(blocks(key));
});
```

Figure 14 - The code for extracting the contents of files in a folder

Then, using the *drawTabs* function, tabs are created (Figure 15). The input is a list of all the files.


```

function drawTabs(blocksList) {
  var content = [];
  var head = [];
  blocksList.forEach((elem) => {
    content.push(<section id={elem.params.blockID} key={'section-'+elem.params.blockID}>
      {elem.default()}
    </section>);
    head.push(<li key={'li-'+elem.params.blockID}>
      <a href={elem.params.blockID}><i className={elem.params.icon}></i>{elem.params.displayName}</a>
    </li>);
  });

  return ([
    <nav>
      <ul>
        {head}
      </ul>
    </nav>,
    <div className="content">
      {content}
    </div>
  ]);
}

```

Figure 15 – Code the function *drawTabs*

Then starts a search of all files in order to find and highlight the necessary information for the tab and its contents. Further, these arrays are rendered in the DOM using JSX code in *return*.

Step-by-step accompaniment of input

In order to use the calculator the user could not skip any input field. To prevent that we decided to accompany user and give him the opportunity of the next input after the previous one was made. In this case, all ensuing steps are hidden from the user(Figure 16).

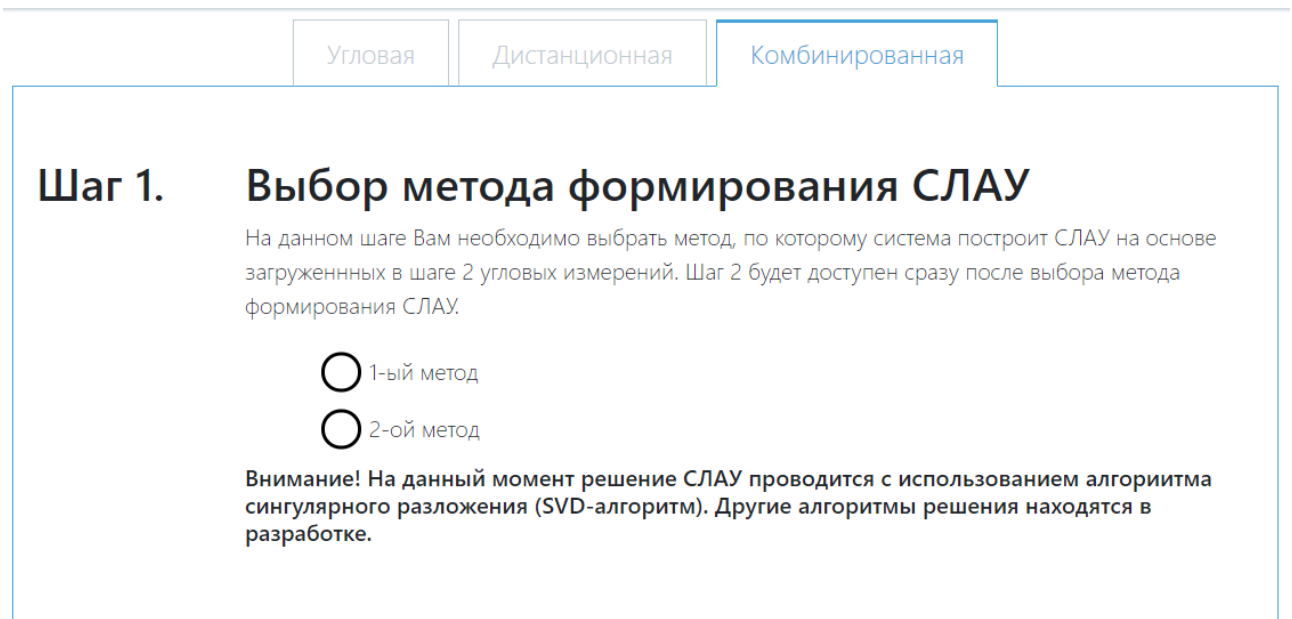


Figure 16 – Screenshot of available steps

For the convenience of escorting the user through the steps, it was decided to hide each subsequent block before the action is performed (Figure 17). This eliminates the possibility of missing an important data selection.

```
$('#[name=' + name + ']').click(function() { //this is adding even listener for click event
var toggableBlock = $('#loader-' + params.blockID); //just to make it more readable
if ($('#[name=' + name + ']:checked').length) //if we have any checkbox(radiobutton) selected then we display block
    toggableBlock.show(400);
else //otherwise we hide it
    toggableBlock.hide(400);
});
document.querySelector("#inputGroupFile01").addEventListener("change", function(event) {
    $('#[for="inputGroupFile01"]').html(this.value);
    $('#step3-' + params.blockID).show(400);
});
```

Figure 17 – Code of step-by-step accompaniment

Here, at the first stage of choosing the method of forming of linear system in the absence of a choice, all subsequent steps are hidden. However, when selecting a method, the next step becomes available. The next part will display step 4 when you select a file on the device. And with the help of the code in Figure 18, all data and user selection are sent to the server.

```
$('#form' + params.blockID).submit(function(e) {
  $.ajax({
    url: './php/uglovaya.php',
    type: 'POST',
    data: new FormData(this),
    processData: false,
    contentType: false,
    success: function(result) {
      $('#answer-' + params.blockID).html(result);
      $('#result-' + params.blockID).show(400);
    }
  });
  e.preventDefault();
});
}
```

Figure 18 – Code that sends data to web-server

As we can see in the *url* field there is an appeal to the PHP module intended for this task. Thus, for this task there should be php code that processes the data being sent.