

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГАОУ ВО «ЮФУ»)

Институт компьютерных технологий и информационной
безопасности

Кафедра Математического обеспечения и применения ЭВМ

Тема выпускной квалификационной работы:

**РАЗРАБОТКА КАРТОГРАФИЧЕСКОГО СЕРВИСА ДЛЯ
ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

ВЫПОЛНИЛ СТУДЕНТ

ГРУППЫ КТБО4-6

ИСАЕВ АЛЕКСАНДР ВИКТОРОВИЧ

РУКОВОДИТЕЛЬ:

КАЛАЧЕВ ДМИТРИЙ ПЕТРОВИЧ

ТАГАНРОГ, 2021

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является разработка картографического сервиса для решения задачи выбора оптимального размещения аптечного бизнеса в городе Таганроге с учётом данных о населении, расположении существующих аптек и заданных пользователем весовых коэффициентов для критериев оптимальности.

За счет адаптируемости к предметной области приложение позволяет:

- оптимально размещать на карте города объект социальной инфраструктуры, проводя при этом конкурентный анализ и анализ населения;
- проанализировать количество детей в городе и расположение детских садов, чтобы оптимально открыть частый детский сад;
- выгодно размещать предприятия бытового обслуживания: парикмахерские, мастерские, химчистки-прачечные, ателье;
- открыть новый спортивный клуб, потребность в которых началась из-за перехода в дистанционный режим работы.

УДК 004.04.338

Исаев Александр Викторович

«Разработка картографического сервиса для оптимального размещения объектов инфраструктуры»

плакат 3, плакатов 26

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ АНАЛОГОВ



Минусы:

- приложение требует загрузки данных, предназначенных для анализа и поиска оптимального размещения;
- высокая стоимость приложения.

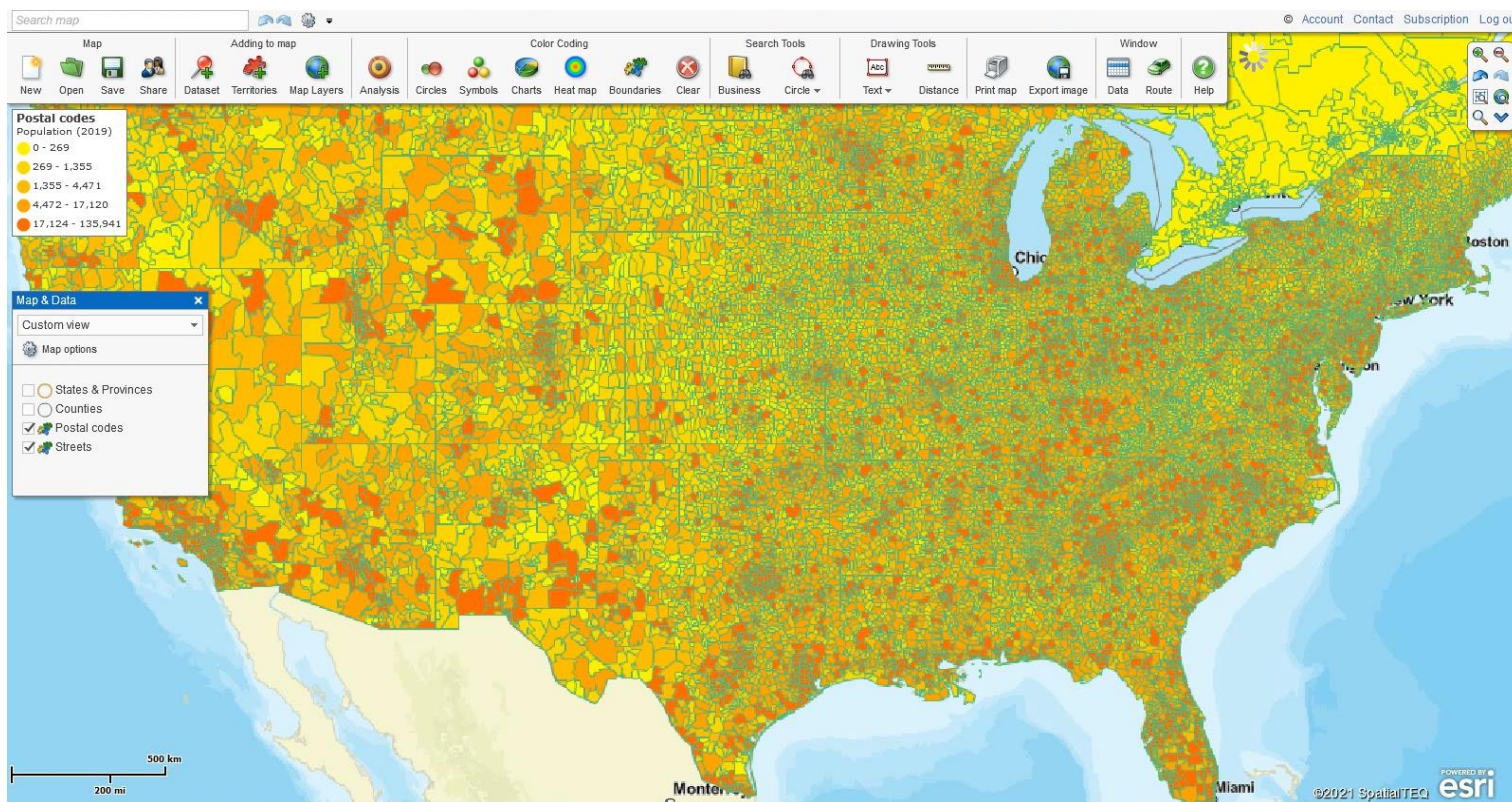
УДК 004.04.338

Исаев Александр Викторович

«Разработка картографического сервиса для оптимального размещения объектов инфраструктуры»

плакат 4, плакатов 26

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ АНАЛОГОВ



Минусы:

- приложение не позволяет изменить поставщика карты;
- невозможно пользоваться приложением в России;
- высокая стоимость приложения.

УДК 004.04.338

Исаев Александр Викторович

«Разработка картографического сервиса для оптимального размещения объектов инфраструктуры»

плакат 5, плакатов 26

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ АНАЛОГОВ

№	Характеристика	Приложение		
		Maptive	MapBusinessOnline	Оптимум. Аптеки
1.	Расширенная визуализация	Да	Да	Да
2.	Возможность загрузки собственных данных	Да	Да	Да
3.	Наличие информации о населении, поставляемой с приложением	Нет	Да	Да
4.	Возможность работы в России	Да	Нет	Да
5.	Возможность изменения поставщика карты	Да	Нет	Да
6.	Возможность экспорта карты	Да	Да	Да
7.	Возможность поиска оптимального размещения объектов инфраструктуры	Да	Да	Да
8.	Цена	91250 рублей в год	43800 рублей в год.	3000 рублей в год.
9.	Длительность пробного периода	10 дней	30 дней	45 дней
10.	Обязательная регистрация	Да	Да	Нет

УДК 004.04.338

Исаев Александр Викторович

«Разработка картографического сервиса для оптимального размещения объектов инфраструктуры»

плакат 6, плакатов 26

ВЫБОР ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ

1. Среда разработки: Microsoft Visual Studio
2. Операционная система разработки: Windows 10
3. Язык программирования: C#
4. Картографическая библиотека: GMap.NET

№	Характеристика	Платформа для разработки интерфейса		
		UWP	WPF	Windows Forms
1.	Поддерживаемые версии	Windows 10	Windows 7 и более поздние версии	Windows 7 и более поздние версии
2.	Опыт работы с платформой	Нет	Нет	Да
3.	Область применения	Подходит для анимационных и графических приложений	Подходит для анимационных и графических приложений	Подходит для приложений с формами
4.	Функционирование библиотеки GMap.Net на платформе	Нет	Нет	Да

УДК 004.04.338

Исаев Александр Викторович

«Разработка картографического сервиса для оптимального размещения объектов инфраструктуры»

плакат 7, плакатов 26

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ



УДК 004.04.338

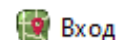
Исаев Александр Викторович

«Разработка картографического сервиса для оптимального размещения объектов инфраструктуры»

плакат 8, плакатов 26

ОПИСАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА

На первом этапе происходит загрузка данных. Пользователь может загрузить свой файл с данными об аптеках и населении или воспользоваться данными, поставляемыми с приложением.



Оптимум. Аптеки

Картографический сервис поможет вам выгодно разместить на карте города аптечный бизнес

Выберите локализацию карты:

Русский



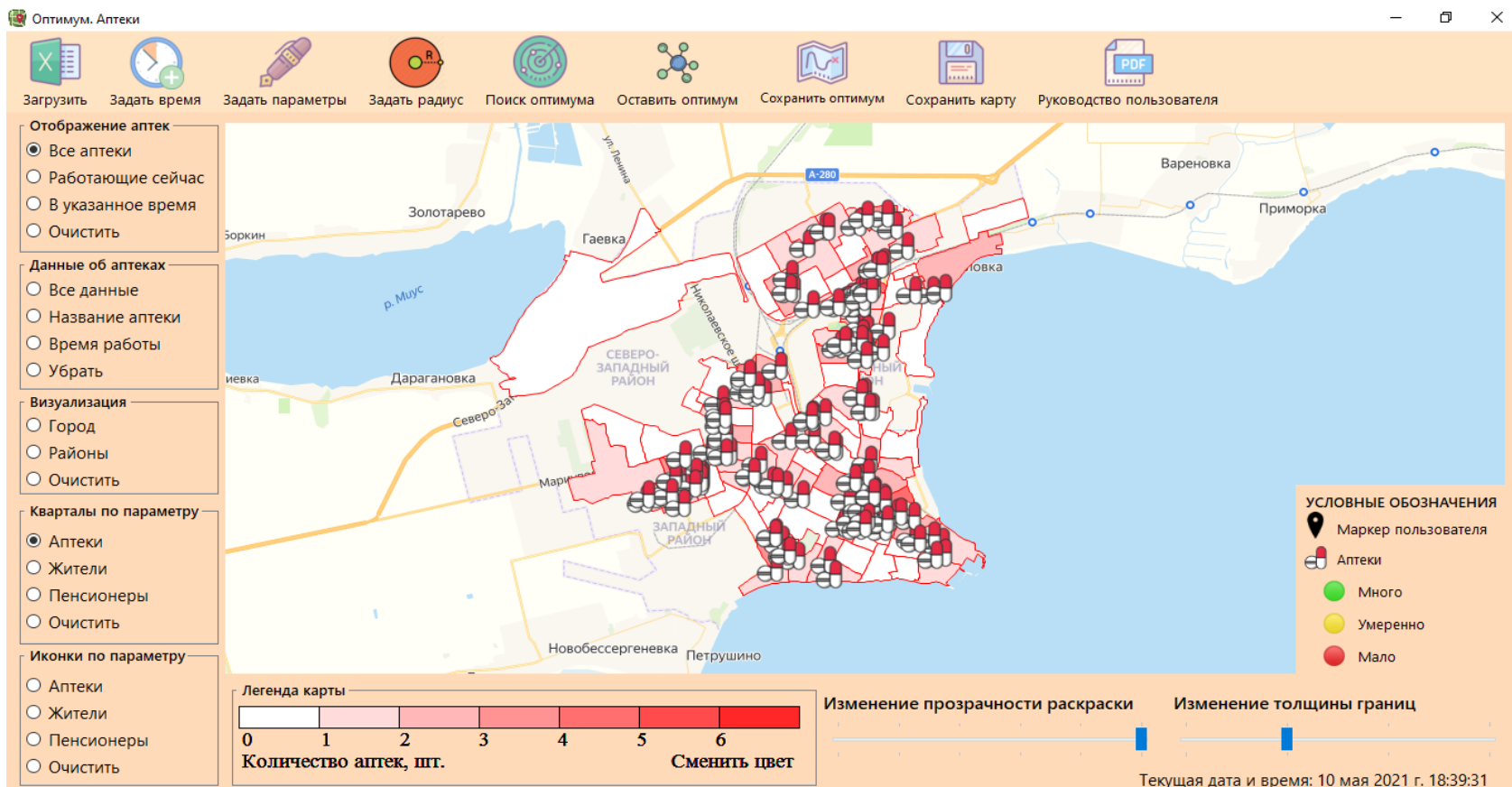
Продолжить



Руководство
пользователя


ОПИСАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА

На втором этапе происходит визуализация данных. Пользователь может воспользоваться встроенными инструментами отображения или настроить свой стиль визуализации для работы с картой.




ОПИСАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА


Поиск оптимального размещения



Подтвердить приоритеты



Найти оптимум



Сохранить оптимум и вернуться

Для вычисления оптимальной точки вам необходимо задать приоритет каждого критерия. Критерий находится в интервале [0,1] и сумма всех критериев должна быть равна единице.

Установка приоритетов

Критерий "Аптеки"0,34

Критерий "Жители"0,33

Критерий "Пенсионеры"0,33

Результат поиска

Оптимальная точка:
x: 47,2252909764775
y: 38,8744361730812

X	Y	Радиус	Аптеки	Жители	Пенсионеры
47,2252909764775	38,8744361730812	500	4	7882	2891
47,2168705821075	38,9176948402212	500	17	4096	1483
47,2332423355914	38,8898856970597	500	0	2384	865
47,2155840144703	38,9163215492009	500	17	4096	1483
47,2093846574206	38,9123733375175	500	3	2273	825
47,2164027429645	38,899498734202	500	1	2990	1084
47,2293837376877	38,9149482581806	500	1	3075	1116
47,2262264927878	38,9031036231303	500	3	3175	1148
47,2392050672704	38,9101417396095	500	1	3372	1223
47,2078639490465	38,9353759621078	500	3	6042	2196

На третьем этапе происходит поиск оптимального размещения объекта. Пользователь задает приоритеты критериев, и приложение начинает анализировать данные, в итоге оставляя на карте только оптимальное с точки зрения выбранных критериев место для открытия аптеки.

УДК 004.04.338


Исаев Александр Викторович

«Разработка картографического сервиса для оптимального размещения объектов инфраструктуры»

плакат 11, плакатов 26

ОПИСАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА


Установка параметров для раскраски



Сохранить все параметры для раскраски

Параметры для аптек	Параметры для жителей	Параметры для пенсионеров
Минимум: 0	Минимум: 0	Минимум: 0
Максимум: <input type="text" value="7"/> ≤ 50	Максимум: <input type="text" value="4000"/> ≤ 10000	Максимум: <input type="text" value="1500"/> ≤ 3000
Количество градаций цветов: <input type="text" value="7"/>	Количество градаций цветов: <input type="text" value="8"/>	Количество градаций цветов: <input type="text" value="8"/>

Установка времени работы



Задать время и вернуться

Укажите время работы, и на карте останутся аптеки, которые работают в указанное время.

Время:

Информация об аптеке

Щёлкните дважды левой кнопкой мыши по сайту, чтобы перейти на него.

Информация об аптеке

Город: Таганрог

Название: Фармакон


Адрес: улица Комарова, 6/2

Сайт: отсутствует

Телефон: 88634368551

Время работы: неизвестно

Установка радиуса поиска



Задать радиус и вернуться

Задайте радиус поиска, и приложение будет проводить конкурентный анализ и анализ населения в указанном диапазоне.

Радиус должен быть указан в метрах в интервале [300,1500].

метров

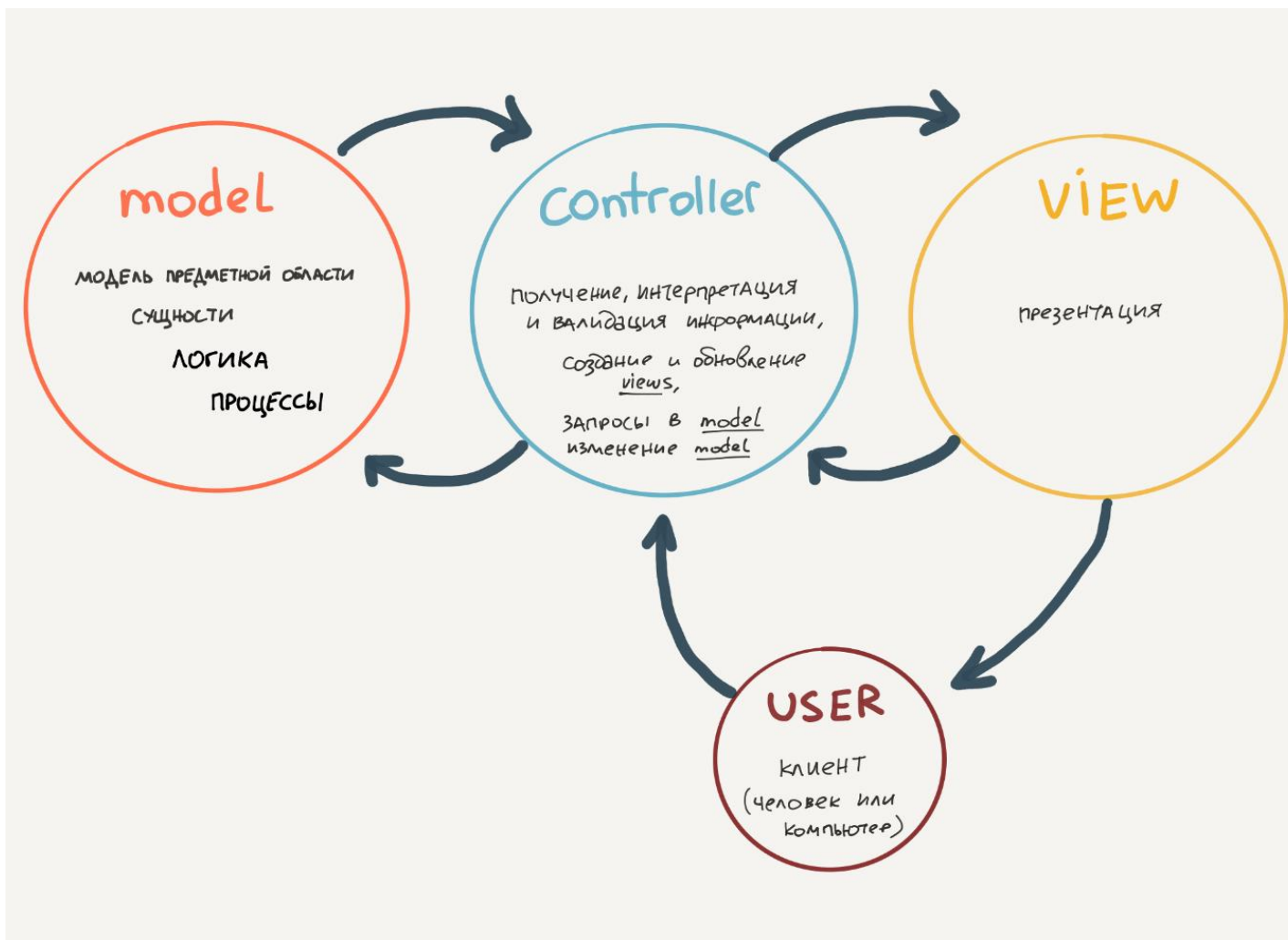
УДК 004.04.338

Исаев Александр Викторович

«Разработка картографического сервиса для оптимального размещения объектов инфраструктуры»

плакат 12, плакатов 26

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ



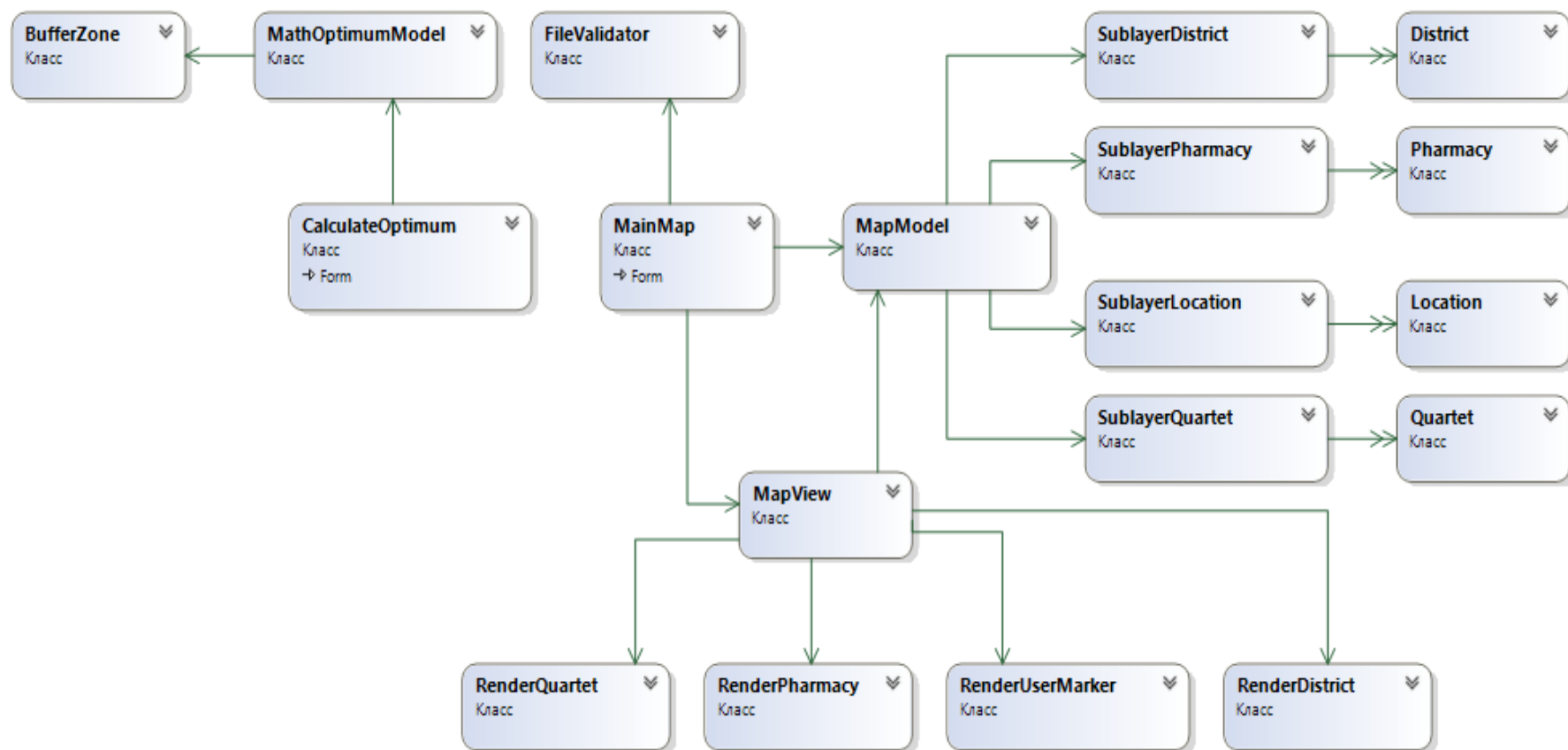
УДК 004.04.338

Исаев Александр Викторович

«Разработка картографического сервиса для оптимального размещения объектов инфраструктуры»

плакат 13, плакатов 26

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ



УДК 004.04.338

Исаев Александр Викторович

«Разработка картографического сервиса для оптимального размещения объектов инфраструктуры»

плакат 14, плакатов 26

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Разработанная система включает в себя восемь основных собственных модулей:

- модуль **MapModel**, отвечающий за инициализацию начальных данных и чтению информации из файлов;
- модуль **MapView**, отвечающий за инициализацию отрисовщиков, вызов определенных функций отображения на карте, инициализацию начальных настроек для карты;
- модуль **MathOptimumModel**, отвечающий за нормирование частных критериев, вычисление лучшей альтернативы при помощи сверток, принятие решения по итоговой оптимальной точки;
- модуль **FileValidator**, отвечающий за проверку валидации загружаемых пользователем файлов.

- модуль **RenderDistrict**, отвечающий за отображение на карте визуализации города, шести районов города, вывод центральных точек районов;
- модуль **RenderPharmacy**, отвечающий за отображение на карте всех аптек, аптек, работающих в данное или в заданное время, изменение выводимой информации об аптеке при наведении на маркер;
- модуль **RenderQuartet**, отвечающий за отображение на карте точечной раскраски;
- модуль **RenderUserMarker**, отвечающий за отображение пользовательских маркеров, окружностей красного и зеленого цвета.

А также классы, отвечающие за реализацию основных сущностей приложения: Аптека, Квартал, Район, Буферная зона.

УДК 004.04.338

Исаев Александр Викторович

«Разработка картографического сервиса для оптимального размещения объектов инфраструктуры»

плакат 16, плакатов 26

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ

Исходные данные:

K1 →	min	Аптеки
K2 →	max	Жители
K3 →	max	Пенсионеры

Приоритет критериев		
K1	K2	K3
0,5	0,3	0,2

X	Y	Радиус	Аптеки	Жители	Пенсионеры
47,2055243120377	38,9216430519046	1000	7	12121	4397
47,2154670522185	38,8984687659367	1000	6	12741	4620
47,2425953390936	38,8735778661934	1000	9	10238	3710
47,2256417970406	38,8454254002769	1000	2	7337	2662
47,2706443827419	38,9144332740479	1000	5	11307	4099
47,2389712473742	38,9130599830276	1000	9	12898	4674

Веса критериев задаются пользователем и при использовании свёрток считаются известными заранее. При задании весов должно выполняться условие нормировки :

$$0 \leq w_j \leq 1, \sum_{j=1}^m w_j = 1$$

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ

Этап 1. Максимизация критерия аптек

В данном случае два критерия максимизируются и один минимизируется. Необходимо критерий аптек максимизировать.

№	Альтернативы		
	Аптеки	Жители	Пенсионеры
1	7	12121	4397
2	6	12741	4620
3	9	10238	3710
4	2	7337	2662
5	5	11307	4099
6	9	13754	4674

№	Альтернативы		
	Аптеки	Жители	Пенсионеры
1	-7	12121	4397
2	-6	12741	4620
3	-9	10238	3710
4	-2	7337	2662
5	-5	11307	4099
6	-9	13754	4674

Этап 2. Поиск минимума и максимума для каждого критерия

-7	12121	4397
-6	12741	4620
-9	10238	3710
-2	7337	2662
-5	11307	4099
-9	13754	4674

Этап 3. Нормализация частных критериев

На третьем этапе необходимо выполнить нормирование частных критериев, осуществив их приведение к относительным единицам – к интервалу $[0,1]$. Нормализация критериев выполняется по формуле:

$$f_i^{norm}(X) = \frac{f_i(X) - f_i^{min}}{f_i^{max} - f_i^{min}}$$

Нормализация		
0,285714286	0,745519713	0,862326044
0,428571429	0,842138071	0,973161034
0	0,452080411	0,520874751
1	0	0
0,571428571	0,61866916	0,714214712
0	1	1

После нормирования свёртки начинают поиск лучшей альтернативы. В приложении используются три свертки – линейная, мультипликативная, максиминная.

$$F(X) = \sum_{j=1}^m w_j f_j(X) \rightarrow \max$$

$$F(X) = \prod_{j=1}^m w_j f_j(X) \rightarrow \max$$

$$F(X) = \min_{\substack{X \in D \\ j=\overline{1,m}}} f_j(X) \rightarrow \max$$

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ

Этап 4. Поиск оптимальной точки свертками

Линейная	Мультипликативная	Максиминная
0,538978266	0,005510409	0,285714286
0,661559342	0,010536891	0,428571429
0,239799074	0,014128636	0
0,5	0,5	0
0,614157976	0,007574788	0,571428571
0,5	0,06	0

Этап 5. Принятие решения

X	Y	Радиус	Аптеки	Жители	Пенсионеры
47,2055243120377	38,9216430519046	1000	7	12121	4397
47,2154670522185	38,8984687659367	1000	6	12741	4620
47,2425953390936	38,8735778661934	1000	9	10238	3710
47,2256417970406	38,8454254002769	1000	2	7337	2662
47,2706443827419	38,9144332740479	1000	5	11307	4099
47,2389712473742	38,9130599830276	1000	9	12898	4674

Проведены следующие виды тестирования:

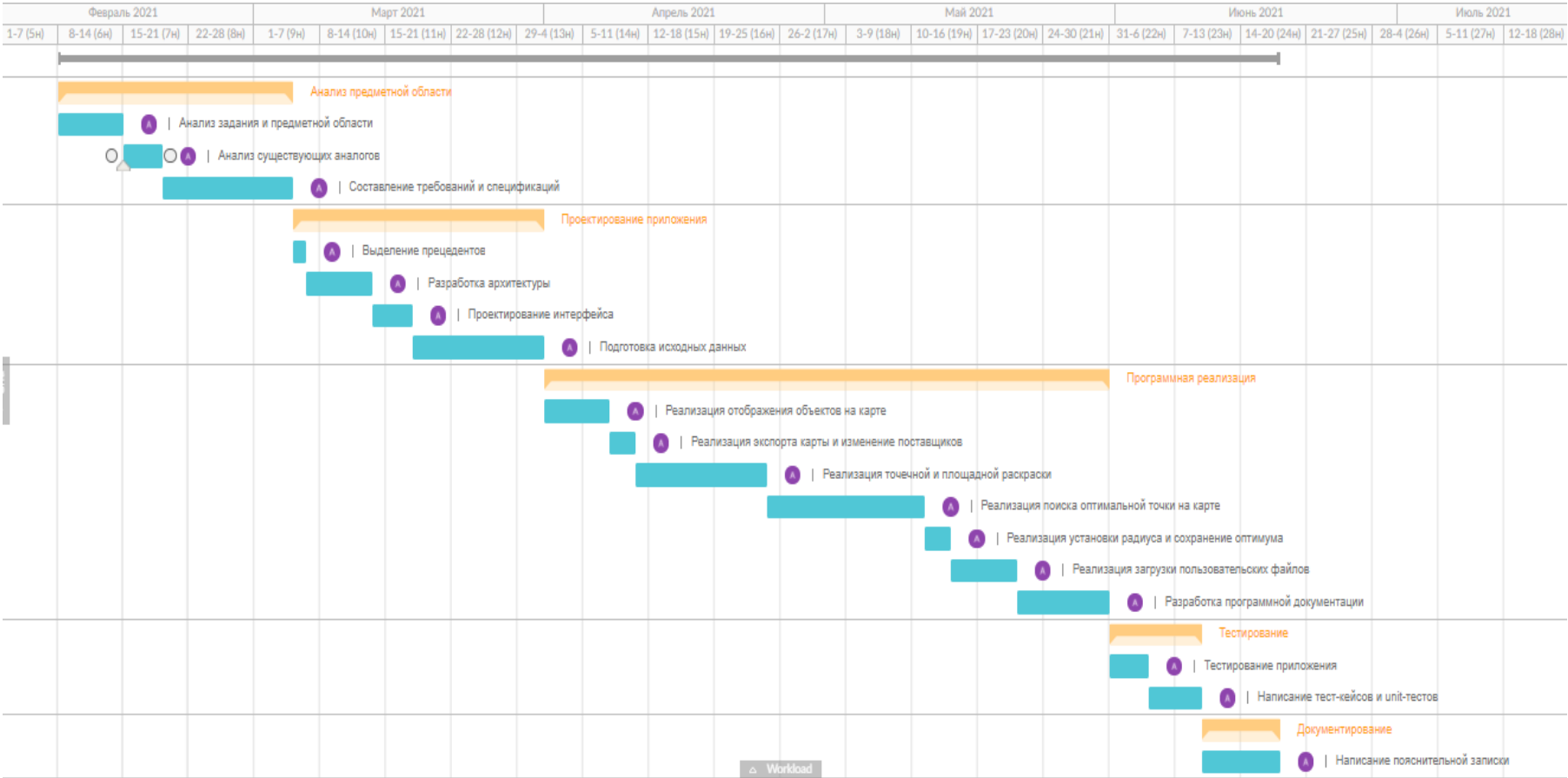
- ручное тестирование;
- функциональное тестирование;
- стресс-тестирование;
- конфигурационное тестирование;
- тестирование производительности;
- тестирование совместимости;
- тестирование удобства использования;
- unit-тестирование
- **технология написания** unit-тестов: AAA (Arrange, Act, Assert);
- **используемая методика** тестирования: метод покрытия решений из класса стратегий белого ящика.

ID и название теста	Сценарий	Ожидаемый результат	Фактический результат
1. Ввод пустой строки.	Пользователь в меню на главном окне нажимает на кнопку «Задать радиус» и вводит пустую строку.	Приложение сообщает пользователю об ошибке.	Приложение сообщило пользователю об ошибке.
2. Ввод текста, не являющегося числом.	Пользователь в меню на главном окне нажимает на кнопку «Задать радиус» и вводит не число, например «слово».	Приложение сообщает пользователю об ошибке.	Приложение сообщило пользователю об ошибке.
3. Ввод числа, не удовлетворяющего интервалу [300,1500].	Пользователь в меню на главном окне нажимает на кнопку «Задать радиус» и вводит число, не удовлетворяющее условию. Радиус должен быть в интервале от 300 до 1500 метров.	Приложение сообщает пользователю об ошибке.	Приложение сообщило пользователю об ошибке.
4. Ввод корректного радиуса.	Пользователь в меню на главном окне нажимает на кнопку «Задать радиус» и вводит корректный радиус.	Приложение сообщит пользователю об успешном сохранении введенного радиуса, а на карте у всех установленных маркеров изменяется радиус на новый.	Приложение сообщило пользователю об успешном сохранении введенного радиуса, все маркеры на карте отобразились с новым радиусом.

«Разработка картографического сервиса для оптимального размещения объектов инфраструктуры»

плакат 21, плакатов 26

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ



УДК 004.04.338

Исаев Александр Викторович

«Разработка картографического сервиса для оптимального размещения объектов инфраструктуры»

плакат 22, плакатов 26

ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Подсчет общей стоимости работ

Статьи затрат	Сумма, руб
Электроэнергия	133
Оплата труда	117844
Страховые взносы	40636
Амортизация оборудования	0
Прочие затраты	2500
Итого	161113

Затраты на распространение программного продукта: размещение рекламы на Яндекс. Директ на 18 месяцев – 90000 рублей.

Финальные затраты на реализацию проекта составили 251 113 рублей.

Реализованный проект может считаться **коммерческим**.

Монетизация заключается в покупке приложения, доступ к полному функционалу которого будет предоставляться на год.

Цену одной копии продукта предполагается установить в **3000 рублей**.

Чтобы полностью покрыть затраты на разработку необходимо продать около **85 копий**.

В один месяц приложение будет приобретаться **пятью** предпринимателями.
Доход за месяц составит 15000 рублей.

Таким образом, система окупит себя за 17 месяцев при условии, что её будут приобретать как минимум пять предпринимателей в месяц по цене 3000 рублей за копию.

УДК 004.04.338

Исаев Александр Викторович

«Разработка картографического сервиса для оптимального размещения объектов инфраструктуры»

плакат 25, плакатов 26

АПРОБАЦИИ РАБОТЫ

1. **Первое место** на VII Всероссийской научно-технической конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты компьютерных технологий и информационной безопасности» в секции «Математическое и программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем»
2. **Второе место** на научной конференции для обучающихся ЮФУ «Неделя науки – 2021» в секции «Математическое и программное обеспечение ЭВМ»
3. **Участник XXVIII научной конференции «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития» (СИТО 2021)**
4. По теме выпускной работы будет **три публикации работы** в различных сборниках трудов. На данный момент есть публикация в сборнике СИТО 2021.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был разработан картографический сервис для оптимального размещения объектов инфраструктуры на примере рынка аптек.

В рамках дальнейшего развития темы данной работы возможно реализовать следующие функциональные возможности приложения:

- улучшение пользовательского взаимодействия;
- добавление функциональности для создания других критериев оптимальности, которые мог бы задавать самостоятельно пользователь;
- возможность работы приложения не только в городе Таганроге, а по крайней мере во всей Ростовской области;
- реализация оптимального размещения любых объектов инфраструктуры;
- создание веб-приложения, выполняющего полноценно те же задачи.