



САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА НАВИГАЦИИ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ
С ПОМОЩЬЮ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЛОКАЛЬНОГО
ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ**

Обучающийся: Владимир Дмитриевич Мавлютов,
гр. 6223-090401D

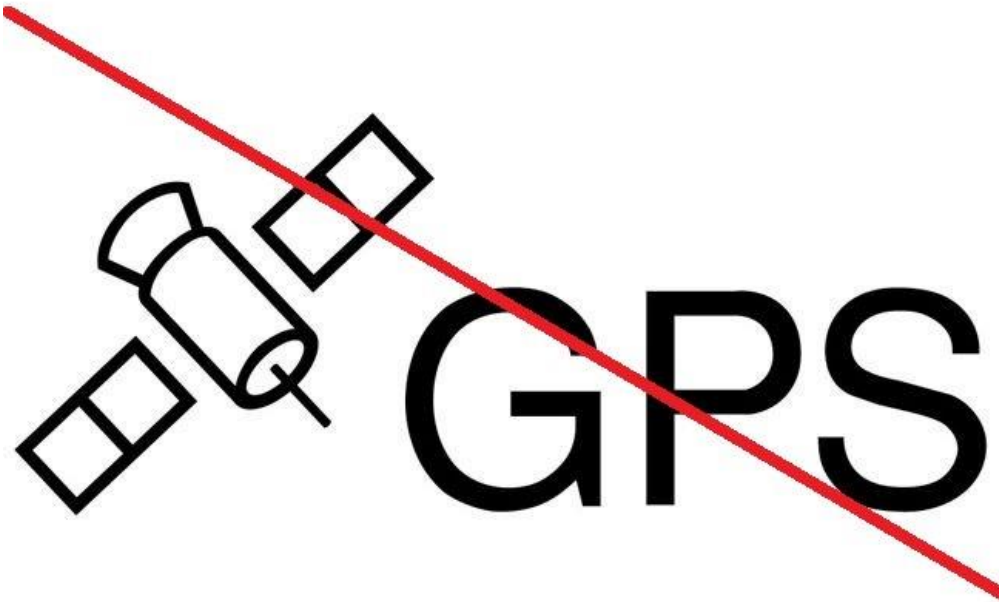
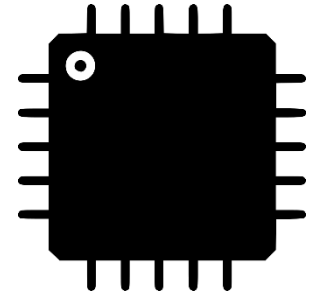
Руководитель: Олег Константинович Головин,
доцент кафедры ИСТ, к.т.н., доцент

Самара, 2021



Актуальность

- Отсутствие устойчивого спутникового сигнала внутри помещений
- Строительство больших зданий
- Внедрение передовых и точных датчиков на смартфон
- Рост вычислительной мощности смартфона





Цель и задачи работы

Целью выпускной квалификационной работы магистра является разработка автоматизированной системы навигации внутри помещений с помощью инерциальной технологии локального позиционирования мобильных устройств.

Задачи работы:

1. Анализ исследуемой задачи и современных направлений ее решения

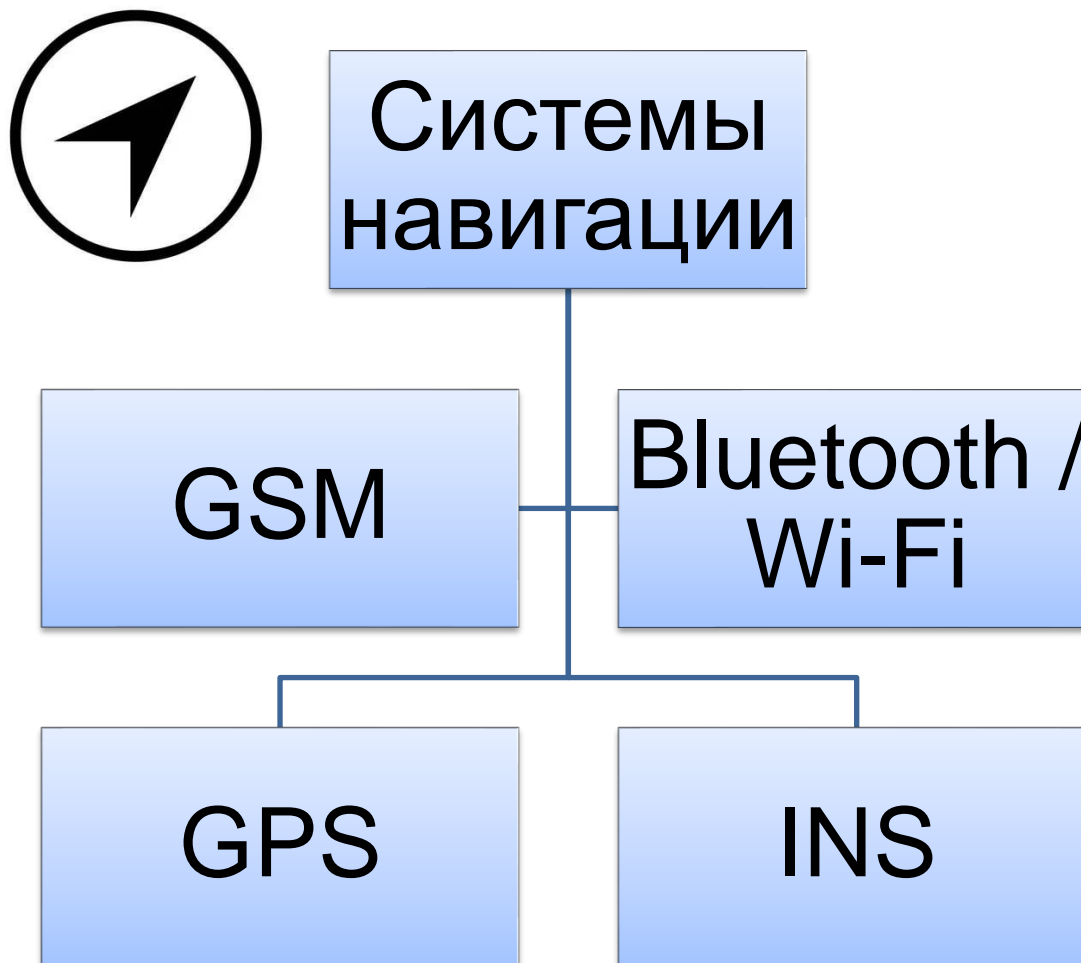
2. Проектирование и программная реализация автоматизированной системы, позволяющей строить маршрут внутри помещений

3. Экспериментальные исследования разработанной автоматизированной системы навигации внутри помещений с помощью инерциальной технологии локального позиционирования мобильных устройств



Навигация – это процесс ориентирования некоторого объекта в определённом пространстве.

Навигационная система – это совокупность приборов, алгоритмов и программного обеспечения, позволяющих произвести ориентирование объекта в пространстве.





Датчики смартфона

Акселерометр – это устройство, измеряющее проекцию кажущегося ускорения на одну или несколько осей.

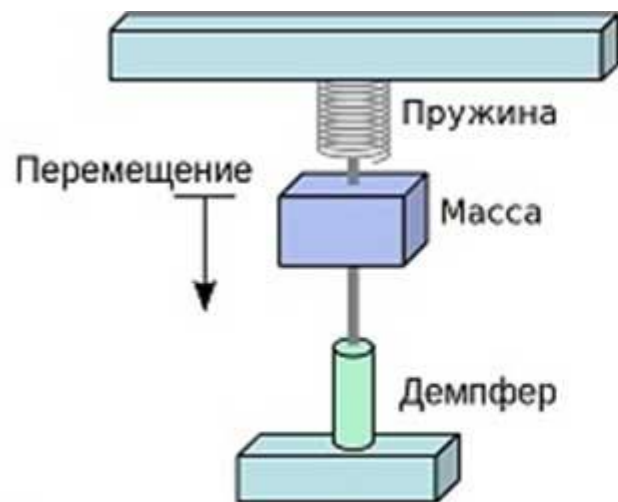


Схема простейшего акселерометра

Гироскоп – это специальный датчик, предназначенный для определения положения устройства в пространстве.

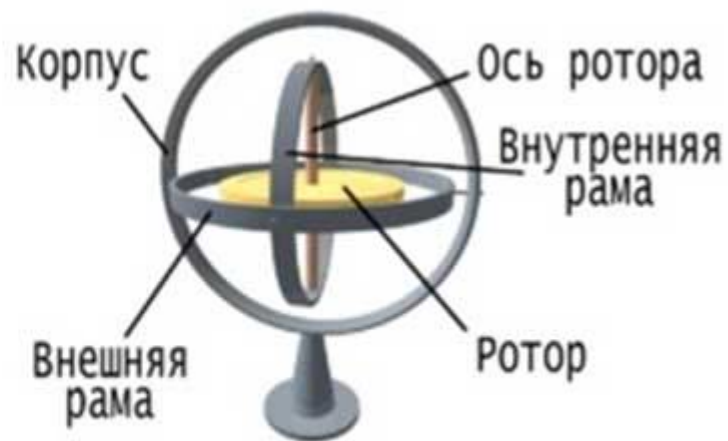
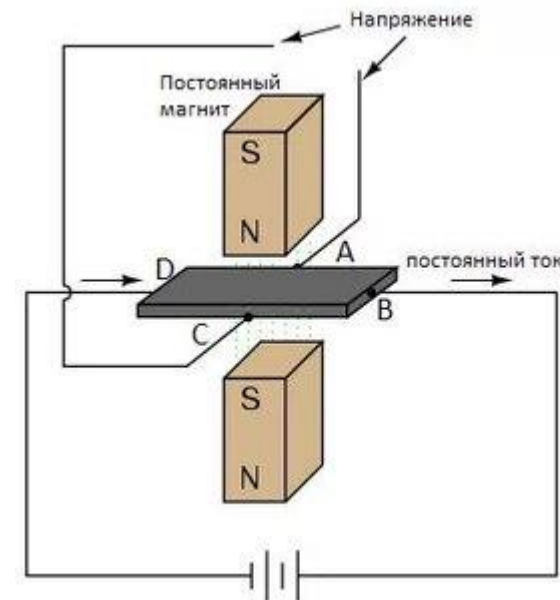


Схема простейшего гироскопа

Датчик Холла – это чувствительные элементы, реагирующие на величину воздействующего на них магнитного поля.





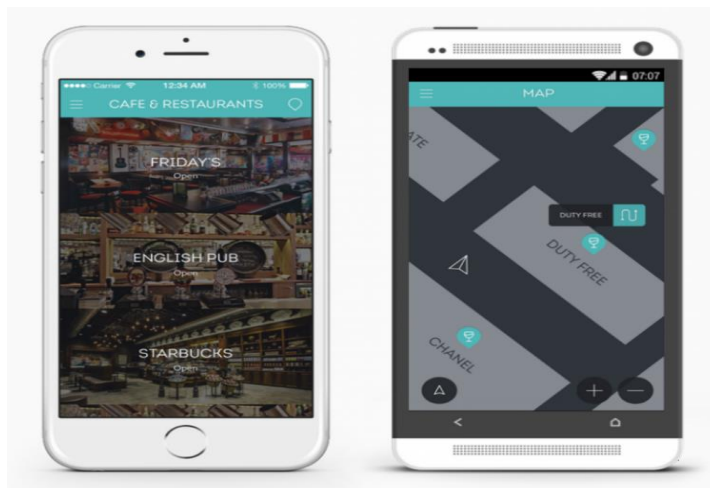
Системы-аналоги

БИНС МЭМС «ГЛ-ВГ110»



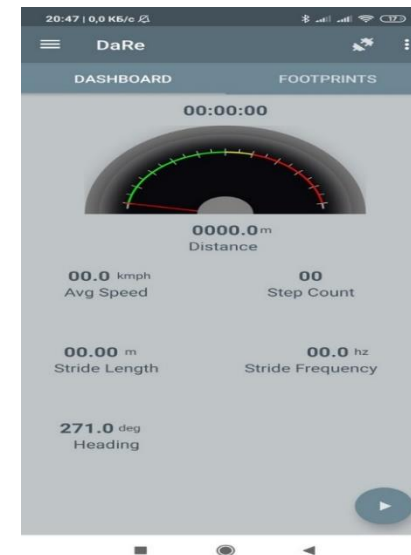
Недостаток этой системы состоит в том, что отсутствует интеграция с мобильными устройствами.

Navigine Indoor



Недостаток этой системы заключается в том, что для навигации используются метки.

DaRe



Недостаток этой системы – необходимо обязательное наличие датчика в обуви.



Математическая модель (1)

Так, с помощью акселерометра можно получить ускорение по трем осям. В итоге получается множество данных акселерометра:

$$G = \{\langle g(X), g(Y), g(Z) \rangle\},$$

где $g_i \in G$ – это точка одного измерения в пространстве.

С помощью гироскопа можно получить гироскопический момент вращения ротора, возникающий при изменении направления оси. Он определяется следующим множеством:

$$M = \{\langle m(X), m(Y), m(Z) \rangle\},$$

где M – данные с гироскопа, а именно угловая скорость относительно оси симметрии.

$m_i \in M$, где m_i – точка одного измерения для определения пространства.

Для определения магнитных полей используется магнитометр. В итоге получается множество данных:

$$T = \{\langle t(X), t(Y), t(Z) \rangle\}$$

где T – это данные с гироскопа, а именно индукция магнитного поля Земли в определённой точке;

$t_i \in T$ – точка одного измерения для определения пространств.



Математическая модель (2)

Пусть a_N и a_E – измеренные ускорения по направлениям на север и восток, W_N и W_E – составляющие путевой скорости, S_N и S_E – пройденные расстояния по этим же направлениям. Тогда

$$W_N = \int_0^t a_N dt; \quad W_E = \int_0^t a_E dt;$$

$$S_N = \int_0^t W_N dt; \quad S_E = \int_0^t W_E dt;$$

Современные ИНС осуществляют счисление в географической системе координат, то есть определяют широту и долготу. Если принять Землю за сферу, то текущие широта φ и долгота λ (в радианах) могут быть определены как:

$$lt = lt_0 + \frac{1}{R} \int_0^t W_N dt; \quad lg = lg_0 + \frac{1}{R} \int_0^t \frac{W_E}{\cos(lt)} dt,$$

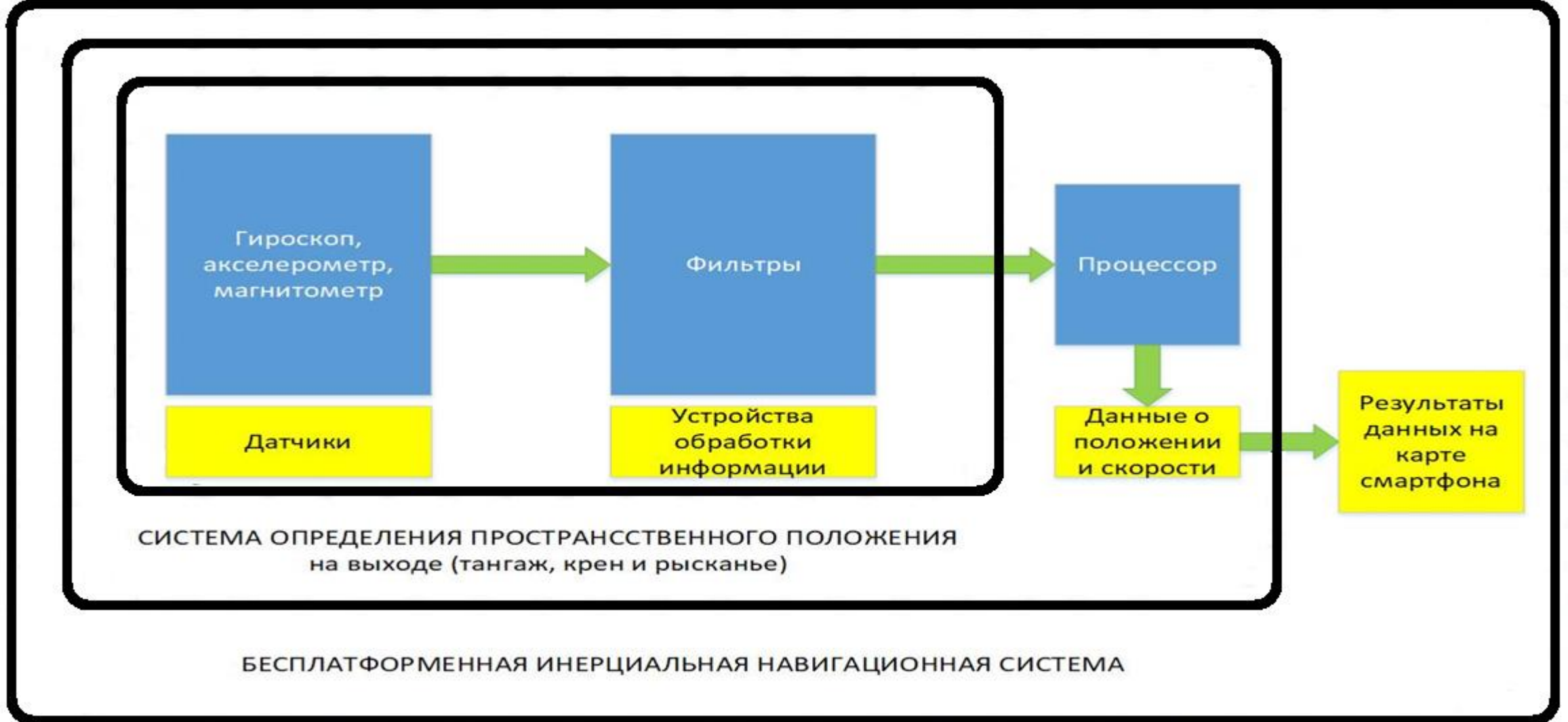
где R – радиус Земли,

lt_0, lg_0 – начальные координаты, получаемые с магнитометра.

Все расчеты выполняются цифровыми вычислителями, а именно процессором телефона.



Трехконтурная архитектурная модель инерциальной навигационной системы для мобильных устройств



ПРИЛОЖЕНИЕ НА СМАРТФОНЕ С НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ



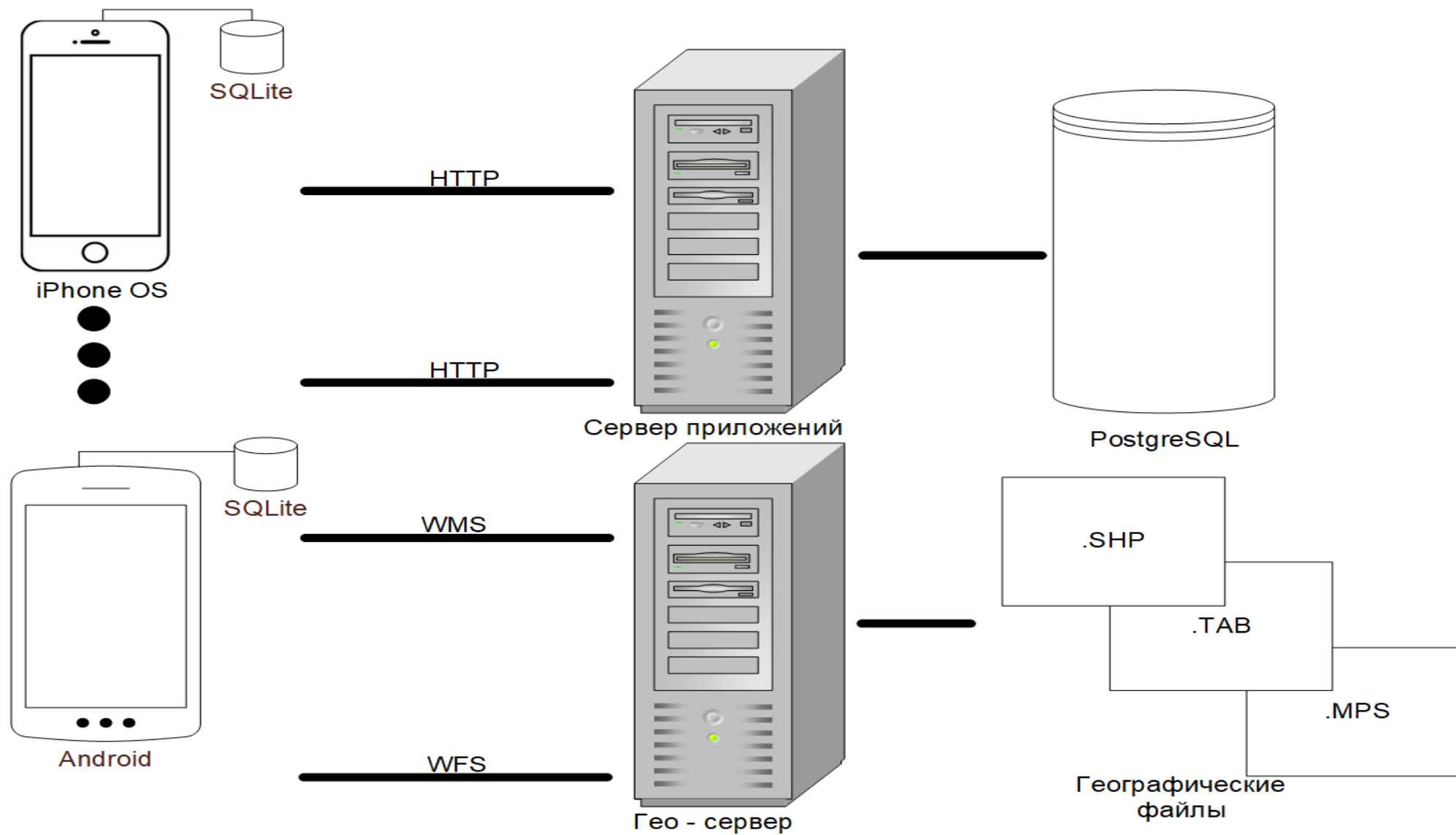
Функции мобильного приложения

Система функционирует с использованием аппаратных средств смартфона (акселерометр, гироскоп, магнетометр) и обладает следующими функциональными возможностями:

- ✓ определение и отображение направления, в котором осуществляется движение;
- ✓ поиск маршрута;
- ✓ просмотр, пройденных маршрутов пользователем;
- ✓ осуществление замеров расстояния, на которое переместилось мобильное устройство;
- ✓ определение местоположения при указании координат начальной точки.



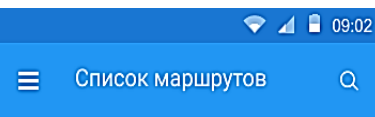
Схема работы системы





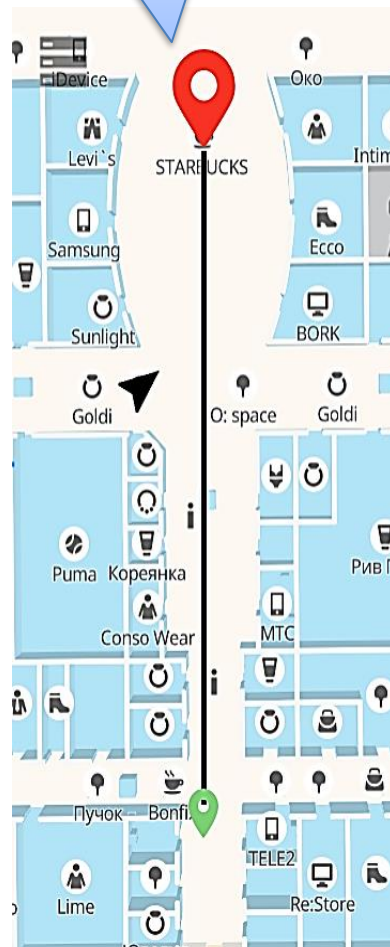
Прототип пользовательского интерфейса

Главная форма



Форма просмотра пройденных маршрутов

Пройденный маршрут



Конечная точка



В путь

Конечная точка

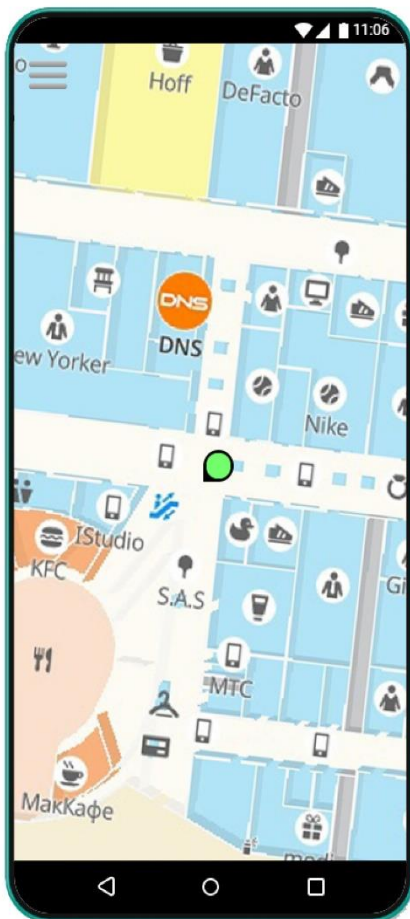


Остановить маршрут

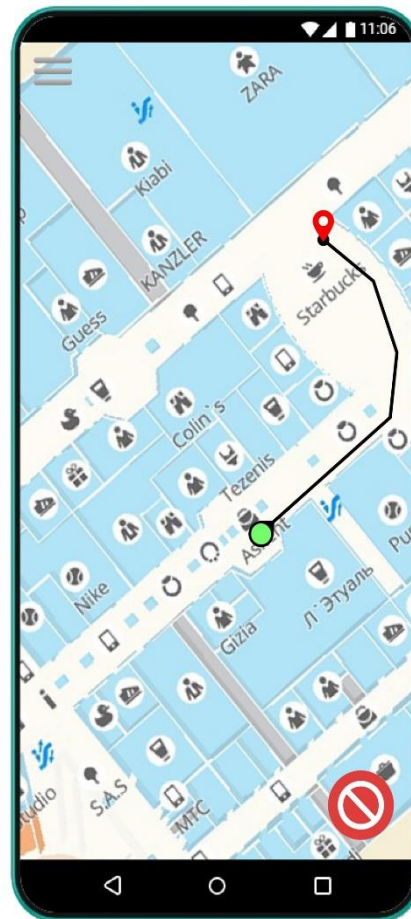


Применение мобильного приложения

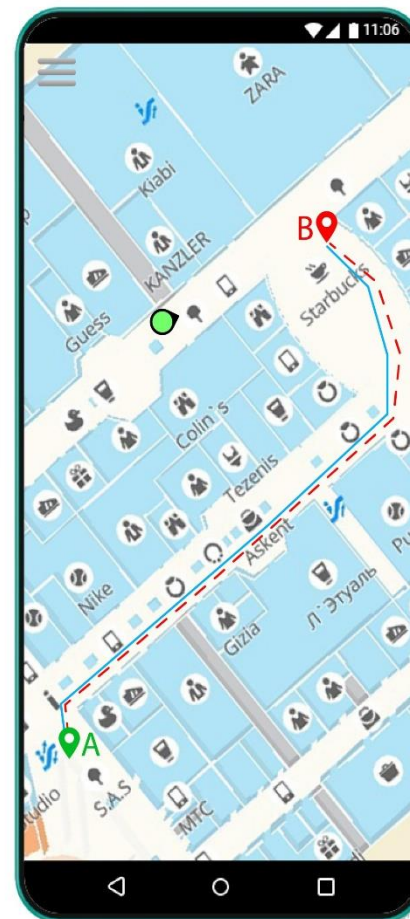
Главный экран
мобильного
приложения



Пользователь
перемещается
из точки А в
точку Б



Просмотр
пройденного
маршрута





Оценка эффективности

Оценка результатов проводилась по параметру GTE (Истинная ошибка) – это максимальная ошибка по отношению к эталонной траектории.

$$\mathbf{GTE} = \max(|\mathbf{GTT}_i - \mathbf{IMUT}_i|), i = 1..I,$$

где I – общее количество точек траектории;

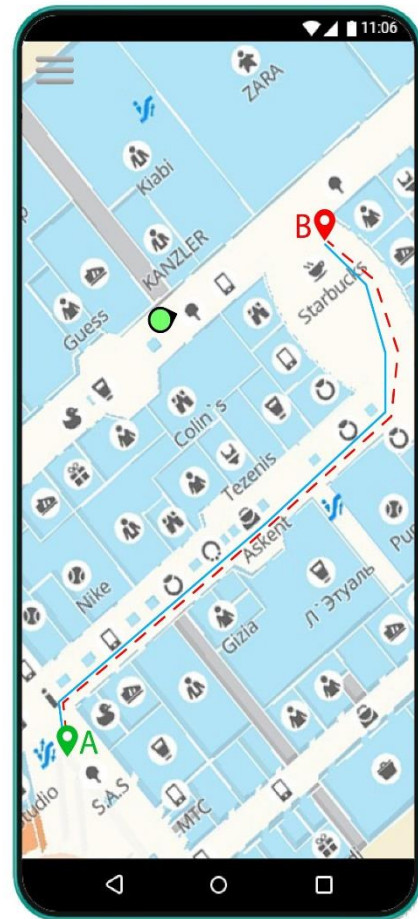
i – порядковый номер точки траектории;

GTT– реальная траектория;

IMUT – траектория навигационной системы.

Проведенные в ВКР исследования показали следующую ошибку по отношению к эталонной траектории:

	GSM	GPS	WiFi/Bluetooth	Разработанная система
GTE	3,31%	2,90%	1,37%	1,34%





Заключение

- ✓ Проведен анализ предметной области
- ✓ Проведен обзор систем-аналогов
- ✓ Разработана логическая и физическая модели данных
- ✓ Разработаны прототипы пользовательского интерфейса
- ✓ Разработана трехконтурная архитектурная модель инерциальной навигационной системы для мобильного устройства
- ✓ Разработана автоматизированная система навигации внутри помещений с помощью инерциальной технологии локального позиционирования мобильных устройств
- ✓ Проведены экспериментальные исследования эффективности системы

По теме выпускной квалификационной работы опубликовано 3 научных работы, одна из них — в Scopus. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на международных и региональных конференциях:

- XXVII Международная конференция «Математика. Компьютер. Образование» (Дубна, 2020);
- LXIX Молодежная научная конференция, посвященная 85-летию со дня рождения первого космонавта Земли Ю.А. Гагарина (Самара, 2020);
- Международная научно-техническая конференция «Перспективные информационные технологии» ПИТ-2020;
- Самарская областная научная конференция (Самара, 2020, 2021).