

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»  
(СГУГиТ)

Вахрушева Анастасия Александровна

Разработка методов геоинформационного картографирования для  
целей наземной навигации

Научный доклад об основных результатах  
подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)  
по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

по направлению подготовки  
05.06.01 Науки о Земле  
(уровень подготовки кадров высшей квалификации)  
профиль «Геоинформатика»

Новосибирск, 2018

## I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### *Актуальность научного исследования.*

Возможность определения местоположения подвижных объектов в современной городской среде, перенасыщенной разнообразными объектами инфраструктуры, и со сложной информационной средой, на текущий момент достаточно сложна: люди часто не в состоянии идентифицировать место своего пребывания и испытывают затруднения в выборе эффективных путей передвижения в городском пространстве, тем более в условиях чрезвычайных ситуаций.

Применение систем позиционирования – одно из приоритетных направлений совершенствования технологических и бизнес процессов в различных отраслях деятельности человека. Современные системы управления наземными подвижными объектами, средства контроля за их движением, сегодня невозможно представить без использования навигационных средств, интегрированных с передовыми геоинформационными технологиями.

При этом одним из ключевых требований к данным системам является непрерывность процесса определения местоположения объекта на местности и отображения его на электронной карте в режиме реального времени. Для достижения данной цели навигационные средства должны обеспечивать стабильную работу в любых условиях окружающей среды, включая наличие преград в виде объектов местности и различных радиоэлектронных возмущающих воздействий со стороны внешних факторов.

Выполненное исследование направлено на обеспечение непрерывности процесса определения местоположения движущихся объектов и их навигации вне зависимости от локализации этих объектов в городском пространстве. Для решения этой проблемы необходима разработка специальной методики определения оптимального расположения приемной аппаратуры, позволяющей снять зависимость возможности и точности

определения местоположения и навигации от внешних условий. Такая методика, основанная на методах геоинформационного картографирования, пространственного анализа и геомоделирования, позволит решить поставленную задачу.

*Степень разработанности проблемы.*

Важную роль в развитие теории и практики точного позиционирования внесли следующие деятели отечественной и зарубежной науки: Антонович К. М., Карпик А. П., Алешин Б., Липатников Л. А., Сурков В. О, Шеболков В. В., Гудин М., John Stenmark, Борискин А.Д, Вейцель А.В., Вейцель В.А.

В методическом плане работа основывается на трудах отечественных ученых: Антонович К. М., Берлянт А. М., Карпик А. П., Лисицкий Д. В. и др.

*Целью* настоящей работы является разработка методики геоинформационного картографирования, позволяющей непрерывно определять местоположение движущихся объектов и прокладывать маршруты передвижения с учетом изменяющейся локализации и параметров местности.

Для достижения цели поставлены и решены следующие *задачи*:

1. Выполнить анализ современных навигационных систем.
2. Рассмотреть методы применения комбинированного использования навигационных систем, позволяющих обеспечить непрерывность позиционирования.
3. Разработать радиотехническую навигационную систему определения местоположения движущегося объекта в городском пространстве в режиме реального времени.
4. Разработать метод геоинформационного картографирования для целей наземной навигации.

*Предмет и объект научного исследования.*

Основным *объектом* исследования является геоинформационное картографирование.

*Предмет исследования* - методика навигационного картографирования.

*Методологическая, теоретическая и эмпирическая база научного исследования.*

Методология исследования навигационного картографирования базируется, прежде всего, на трудах ведущих отечественных и зарубежных ученых в области навигации, а также технологий геоинформационного картографирования.

Для решения поставленных задач использовались методы геоинформационного картографирования, системный картографический подход, эмпирико-математический метод, методы картографического, статистического и сравнительного визуального анализа, современное программное обеспечение и компьютерные технологии.

*Научная новизна результатов исследования.*

Научная новизна заключается в разработке метода геоинформационного картографирования для целей совершенствования определения местоположения движущегося объекта в городском пространстве в режиме реального времени, который отличается от существующих тем, что в роли базовых станций выступают активные RFID-метки, корректировка положения которых происходит на основе комбинированных методов определения местоположения объектов.

В результате достигается непрерывность определения местоположение движущихся объектов в городском пространстве в режиме реального времени, а так же возможно построение маршрутов передвижения с учетом изменяющейся локализации и параметров местности, что позволяет применять данный метод в условиях чрезвычайных ситуаций.

*Теоретическая и практическая значимость работы.*

Теоретическая значимость исследования заключается в разработке модели геоинформационной системы определения местоположения движущегося объекта в городском пространстве в режиме реального времени, обеспечивающей непрерывность процесса определения

местоположения и навигации объектов вне зависимости от их локализации в городском пространстве.

Практическая значимость заключается в том, что разработанная методика геоинформационного картографирования позволит:

- обеспечить непрерывность определения местоположение движущихся объектов;
- определить текущее местоположение;
- построить маршрут передвижения с учетом изменяющихся параметров местности;
- собирать статические данные о перемещении.

Определены сферы применения теории на практике: в первую очередь это потребительское применение: навигация как внутри больших помещений (музеи и выставочные павильоны, аэропорты, жд и авто вокзалы, торговые центры, склады и производства), так и за пределами их.

*Соответствие научно-квалификационной работы (диссертации) паспорту научной специальности.*

Научно-квалификационная работа соответствует области исследования:  
7 – Геоинформационное картографирование и другие виды геомоделирования, системный анализ многоуровневой и разнородной геоинформации паспорта научной специальности 25.00.35 Геоинформатика, разработанного экспертным советом ВАК Минобрнауки РФ по техническим наукам.

*Апробация и реализация результатов научного исследования.*

Результаты исследования докладывались и представлялись на следующих конференциях:

- на XII Международном научном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016» (18-22 апреля 2016 г., г. Новосибирск);
- на научно-практической конференции «Инженерная графика и трехмерное моделирование» (16 сентября 2016 г., г. Новосибирск);

- на питч-сессии в рамках Фестиваля науки Новосибирской области «Наука: образы будущего» (27 сентября 2016 г., г. Новосибирск);

- на XIII Международном научном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017» (17 апреля 2017 г., г. Новосибирск);

- на XIV Международном научном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2018» (26 апреля 2018 г., г. Новосибирск).

Результаты исследования планируется внедрить на территории СГУГиТ.

## II. СОДЕРЖАНИЕ НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ДИССЕРТАЦИИ)

Во *введении* дано обоснование темы исследования, обозначена цель и задачи для её реализации, отмечена научная новизна, теоритическая и практическая значимость работы, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробации результатов.

В *первом разделе* освещено современное состояние геоинформационных систем в области наземной навигации. Проведен анализ современного состояния геоинформационных систем в области наземной навигации, выявлении и обосновании проблемы нестабильности, прерывности определения местоположения движущихся объектов и их навигации вне зависимости от локализации в городском пространстве. Показана необходимость поиска новой технологии в наземной навигации, обеспечивающей непрерывность определения местоположения с заданными требованиями с применением геоинформационного картографирования.

Основные различия между существующими системами определения местоположения заключается в масштабе территорий, на которых возможна их работа и точности, с которой происходит определение местоположения.

В настоящее время в наземной навигации существует большое число методов определения местоположения объекта, как правило, все их можно сгруппировать по 4 видам.

Виды наземной навигации:

1. ГНСС (Глобальная навигационная спутниковая система).
2. Автономная система навигации.
3. Радионавигация.
4. Визуальная навигация.

Система ГЛОНАСС/GPS - *глобальные навигационные спутниковые системы* обеспечивающие глобальный охват территории и предоставляющие возможность как абсолютных, так и относительных высокоточных

определений координат и иных навигационных параметров с помощью геодезической и навигационной аппаратуры потребителей.

Системы позиционирования по сигналам ГНСС находят повсеместное применение в различных областях деятельности, однако не всегда точность полученных данных удовлетворяет запросам потребителя, и возникает вопрос о дополнительных геодезических изысканиях.

Для увеличения точности позиционирования, рассмотрено несколько решений. Из которых основное базируется на комплексном использовании методов ГНСС с инерциальными технологиями, а так же сочетание ГНСС с другими методами позиционирования.

*Автономная навигационная система* – система, в состав которой входят навигационные приборы и устройства, позволяющие космическому аппарату осуществлять измерение и обработку навигационных параметров в автономном режиме.

С точки зрения решаемой задачи, инерциальные навигационные средства (ИНС) представляют непосредственно наибольший интерес из всего многообразия автономных средств навигации. ИНС использует метод определения координат и параметров движения объекта, основанный на свойствах инерции тел и являющийся автономным. Таким образом, не требуется наличие внешних ориентиров или сигналов, поступающих извне.

Значительное преимущество комплексные ИНС приобретают при объединении их с современными ГИС, что позволяет применять данные технологии не только для визуализации навигационной обстановки, но и для реализации ряда профильных задач. Эффективность решения навигационных задач достигается за счет использования электронных топографических карт как вспомогательного источника информации о местности.

*Радионавигация* - определение местоположения движущегося объекта с помощью радиотехнических устройств, находящихся на объекте и в окружающем пространстве в точках с известными координатами. Иными

словами под радионавигацией понимают навигацию с помощью станций наземного базирования.

Отражения электромагнитных волн от препятствий лежит в основе данного метода локации. Электромагнитные волны, падающие на препятствия, вызывают вынужденные колебания свободных и связанных зарядов. Вынужденные колебания в свою очередь создают вторичное поле. В результате энергия электромагнитных волн рассеивается во всех направлениях, что в свою очередь влечет увеличение площади рассеяния, уменьшая точность определения положения объекта.

*Визуальная навигация* – система визуально-графических знаков/символов и решений, вычлененная из иных составляющих часть её зрительных воздействий, призванная решать задачи обеспечения ориентации человека в конкретных предметно-пространственных ситуациях. Визуальная информация обладает уникальной возможностью воздействия, это обусловлено лёгкостью восприятия информации и сложностью её обработки человеческим мозгом. Это система информационных носителей, на которых отображается графическая информация, помогающая людям автономно ориентироваться в пространстве. Визуальная навигация может успешно применяться как на открытых пространствах, так и в помещениях.

Погрешность визуальной навигации, прежде всего, зависит от человеческого фактора, а именно уход от вероятного маршрута обусловленный некорректным сопоставлением или отслеживанием ориентиров.

Каждый из рассмотренных методов имеет свои плюсы и минусы. Ввиду этого, по моему мнению, назвать какой-либо метод оптимальным нельзя. Для достижения более точного определения местоположения объекта следует применить комбинирование нескольких методов.

Во *втором разделе* рассматриваются технологии позиционирования в режиме реального времени, а так же опыт и перспективы применения интернет вещей в навигации.

*Система позиционирования в режиме реального времени* — сравнительно новая сфера применения технологии WLAN. Представленная система является автоматизированной и гарантирует идентификацию, определение координат, отображение на плане местонахождения контролируемых объектов в пределах выбранной территории. Система позиционирования позволяет не только собирать, обрабатывать и хранить информацию о местонахождении и перемещении людей/предметов и транспортных средств, но и позволяет сигнализировать об отклонениях движения объектов от заданных параметров.

Внедрение систем позиционирования людей и материальных объектов — одно из приоритетных направлений совершенствования технологических и бизнес процессов в различных областях деятельности человека: от мониторинга передвижения покупателей в торгово-развлекательных центрах — до контроля местонахождения персонала и оборудования рабочих; от обнаружения пострадавших при ЧС — до наблюдения за миграцией животных.

Многообразие отраслей применения и условная «новизна» направления породили разнообразие технологий позиционирования. А заодно и названий этой технологии: позиционирование, отслеживание, мониторинг, визуализация, трекинг и т.п.

К системам локального мониторинга относят инфракрасные и ультразвуковые системы. Радиус действия от 3 до 10 м. А благодаря тому, что инфракрасное излучение и ультразвук практически не распространяются через стены и дверные проемы, данные методы возможно применять для определения местоположения объектов лишь внутри помещений.

В системах *инфракрасного позиционирования* приборы испускают инфракрасные импульсы с конкретной периодичностью. Данные импульсы воспринимаются приемниками системы, и местонахождение прибора рассчитывается по времени прохождения сигнала от источника к приемнику.

Дефекты: низкая точность полученных данных и невозможность противостоять помехам от солнечного света.

*Ультразвуковые детекторы* работают на частотах от 40 до 130 кГц. Расстояние рассчитывается по времени прохождения сигнала от датчика до приемника. Применение нескольких приемников позволяет точно вычислить местоположение передатчика. Недостатки данного метода заключаются в потере сигнала по причине преград, неверные сигналы из-за отражений и помехи от высокочастотных источников звука.

*Системы позиционирования с использованием радиочастотных идентификаторов (RFID) – меток*

По типу источника питания RFID-метки можно разделить на пассивные, активные, полупассивные.

Пассивные RFID-метки не имеют собственного источника энергии. Электрический ток, индуцированный в антенне электромагнитным сигналом от считывателя, обеспечивает достаточную мощность для функционирования кремниевого чипа, размещённого в метке, и передачи ответного сигнала. Областью использования пассивных RFID-меток являются системы автоматизации процессов, где традиционно использовались штрих-коды и магнитные карточки – распознавание товаров, опознание людей и т.п.

Полупассивные (или полуактивные) RFID-метки имеют схожесть с пассивными меткам, но главное отличие в оснащённости батареей, которая обеспечивает чип энергопитанием. При этом дальность действия этих меток зависит только от чувствительности приёмника считывателя, что делает возможным функционирование данных меток на большем расстоянии и с лучшими характеристиками.

Активные RFID-метки имеют большие размеры и могут быть оснащены дополнительной электроникой. В большинстве случаев более надёжны и обеспечивают самую высокую точность считывания на максимальном расстоянии. Наличие собственного источника питания (срок жизни батареи питания до 10 лет) позволяет генерировать выходной сигнал большего

уровня, чем пассивные. Что в свою очередь делает возможным применение активных RFID-меток в более агрессивных для радиочастотного сигнала средах: воде, металлах, для больших расстояний на воздухе. Некоторые RFID-метки имеют встроенные сенсоры, например, для мониторинга температуры скоропортящихся товаров. Другие типы сенсоров в сочетании с активными метками могут применяться для измерения влажности, регистрации толчков/вибрации, света, радиации, температуры и газов в атмосфере.

Активные метки имеют большой радиус считывания (до 300 м) и объём памяти, в отличие от пассивных, и способны хранить большой объём информации для отправки приёмопередатчиком.

В общих чертах, существуют 2 типа активных меток: транспондеры и радиомаяки. Транспондеры активизируются, когда получают сигнал от считывателя. Они используются в автоматизированных системах оплаты проезда, на контрольно-пропускных пунктах, въездных порталах сортировочных дворов и в других подобных системах.

Радиомаяки используются в системах позиционирования в реальном времени, где требуется знание точного местонахождения объекта. В таких системах радиомаяк излучает сигнал с уникальным идентификационным кодом по команде или же с заданной периодичностью. Сигнал принимается как минимум тремя антеннами, расположенными по периметру участка, на котором отслеживаются объекты.

Рассмотрим использование пассивных и полуактивных радиометок в активно развивающейся сфере как Интернет вещей.

Интернет вещей (IoT) - концепция вычислительной сети физических предметов («вещей»), оснащённых встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой. Данная концепция подразумевает организацию таких сетей как явление, способное перестроить экономические и общественные процессы, исключаяющее из части действий и операций необходимость участия человека.

Основным в этом определении считается автономность устройств и их умение передавать данные независимо от участия человека.

С точки зрения технологий, IoT включает в себя следующие компоненты:

- устройства и датчики, необходимые для фиксирования события, сбора и анализа данных, а так же их передача по сети;

- средства связи – однородная сетевая инфраструктура, объединяющая разнородные каналы связи – мобильные, спутниковые, беспроводные и фиксированные;

- платформы, предназначенные для управления устройствами и связью, приложениями и аналитикой;

- слой ПО, отвечающий за аналитическую обработку данных, создание функциональных моделей и интеллектуальное управление устройствами;

- система безопасности, отвечающая не только за информационную безопасность компонентов реализации, но и за безопасность операционного процесса.

Уровень актуальности тех или иных IoT - концепций в значительной части зависит от уровня развития производства, состояния телекоммуникационной инфраструктуры, управленческой культуры на муниципальном уровне и нормативных стандартов государства.

Рассмотрим применение интернет вещей в навигации.

*В аэропортах.* По прогнозу аналитиков к 2019 году большая часть авиакомпаний (57%) будут применять радиомаяки для обеспечения работы навигационных приложений, помогающих пассажирам легко ориентироваться на территории аэропорта. Так, 91% аэропортов намереваются разработать мобильные приложения для навигации по терминалам и 83% приложения для онлайн-информирования пассажиров, например, о дорожной ситуации или об очередях к терминалам. На текущий момент только 9% авиакомпаний внедряют или активно тестируют радиомаяки, но по прогнозам SITA уже к концу 2018 года, доля таких

компаний может вырасти до 44%. Таким образом, радиометки станут ключевыми устройствами, которые будут широко применяться в рамках IoT-концепции аэропортов.

*Обеспечение дорожного движения.* Использование информационно-навигационных технологий позволит реализовать задачи в области обеспечения безопасности дорожного движения, включая:

- техническую поддержку безопасной эксплуатации автомобиля;
- экстренное реагирование при авариях и предупреждение об опасности на дороге;
- сокращение негативных последствий ДТП (освобождение дорог);
- взаимодействие с системой экстренных служб и иными информационными системами, по обмену данными о ДТП и результатах реагирования на инцидент.

IoT-концепция представляет собой активно развивающуюся отрасль, с вероятностью использования в различных сегментах жизни людей, в том числе для организации навигации.

В виду незначительного опыта в использовании данного сегмента, вырисовываются существенные перспективы развития и активное применение интернет вещей для учета геопространственных данных объектов для целей навигации.

Таким образом, проанализировав имеющиеся технологии, применимые для позиционирования в режиме реального времени, выявлена проблема отсутствия универсальной системы позиционирования, с возможностью реализации определения местоположения движущегося объекта как внутри, так и вне помещений.

В *третьем разделе* рассмотрена предложенная технология позиционирования радиотехнической навигационной системы определения местоположения движущегося объекта в городском пространстве в режиме реального времени.

На основании сопоставления достоинств и недостатков систем и методов позиционирования и идентификации движущихся объектов предложено усовершенствованное технологическое решение на базе одного из методов позиционирования.

Для решения выявленной проблемы и реализации поставленных задач предложена усовершенствованная технология позиционирования, с возможностью определения местоположения движущегося объекта как внутри, так и вне помещений, на основе применения RFID-технологии со следующими изменениями: а именно, использование корпусированных активных меток.

Для этого требуется создать единую базу RFID-меток, а так же привести радиометки к единой системе координат.

Технический результат - увеличение точности определения координат движущихся объектов в городском пространстве в режиме реального времени, а так же выбор эффективных путей передвижения в условиях чрезвычайных ситуаций.

Поставленная задача достигается тем, что радиотехническая навигационная система, содержит радиомаяки, аппаратуру потребителя, навигационный сервер, блок управления и индикации. Согласно концепции, радиомаяки выполнены в виде активных RFID – меток, которые закреплены на стенах зданий с внешней и внутренней стороны в соответствии со схемой размещения, основанный на методах пространственного анализа.

Радиометки приведены к единой системе координат и излучают сигналы с заданной периодичностью, активные RFID – метки и выше упомянутый блок управления и индикации связаны радиоканалами с навигационным сервером.

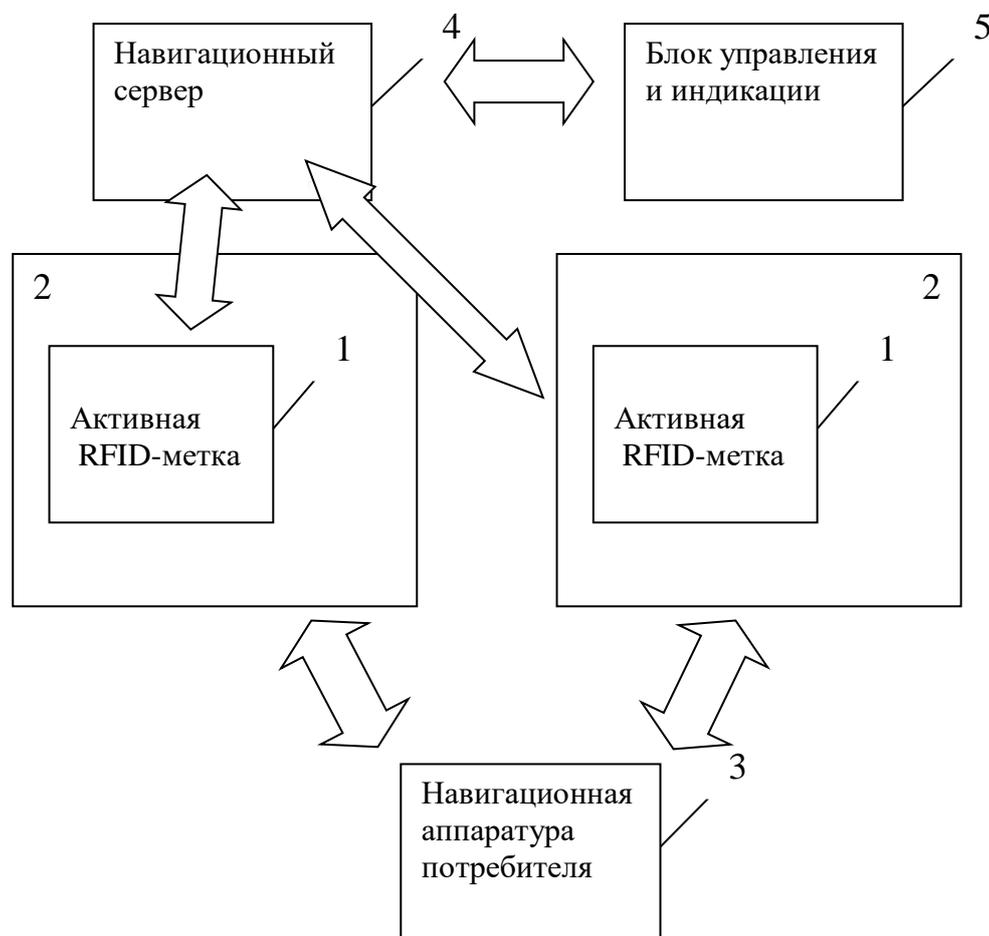
Схема взаимодействия поясняется 2 иллюстрациями. На рисунке . 1 – показана функциональная схема навигационной системы. Рисунок. 2 отображает взаимодействие между элементами.

Где:

- 1- активные RFID – метки,
- 2- физические объекты уличного пространства,
- 3- навигационная аппаратура потребителя,
- 4- навигационный сервер,
- 5- блок управления и индикации.

Работа предлагаемой радиотехнической навигационной системы заключается в следующем.

Радиотехническая навигационная система строится на основе нескольких активных RFID – меток 1, установленных на физических статических объектах окружающего пространства 2 с известными координатами. Радиометки 1 излучают сигнал с заданной периодичностью.



**Рисунок 1.** Схема взаимодействия элементов навигационной системы.

Расположив RFID-метки 1 на физических статических объектах окружающего пространства 2 и приведя к единой системе координат, мы

получим сплошную зону покрытия выбранной территории с более высокой точностью определения координат объекта в режиме реального времени.

Навигационный сервер 4 применяется для хранения геопространственной информации, хранящейся на радиометке, временных показателей измерений, данных о запросах и параметры аккумулятора меток.

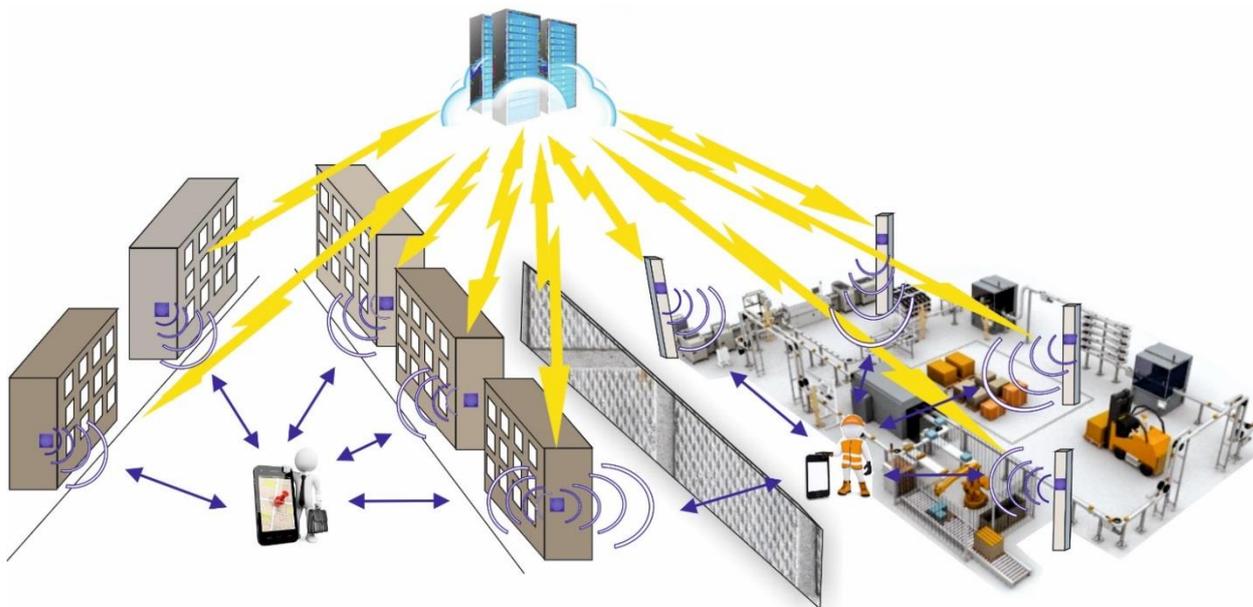
Блок управления и индикации 5 связан радиоканалами с навигационным сервером 4, используя данные с навигационного сервера, служит для учета и корректировки положений RFID – меток 1.

Объект навигации использует навигационную аппаратуру потребителя 3. Сигнал принимается как минимум от трех меток 1, расположенных по периметру участка, на котором отслеживаются объекты. С выхода метки поступают сигналы масштабной частоты. Затем измеряются разности фаз сигналов разностной частоты, принятых от RFID-меток, по которым вычисляется местоположение объекта навигации.

В процессе функционирования навигационная система должна обеспечивать решение следующих основных задач:

- комплексная обработка информации;
- корректировка местоположения;
- выдача навигационной информации на индикатор соответствующим потребителям.

На рисунке 2 представлен принцип действия усовершенствованной навигационной системы.



**Рисунок 2.** Схема навигационной системы, отображающая взаимодействие между элементами.

Представленная технология может быть использована для определения местоположения движущихся объектов в городском пространстве в режиме реального времени. Данная технология упростит ориентирование как внутри, так и вне помещений; определит положения пользователя на карте; проложит маршрут пользователя к нужному объекту.

Достоинства усовершенствованной технологии позиционирования:

- возможность определять координаты объекта без учета и знания пройденного пути;
- достаточно высокая точность определения координат и составляющих скорости во всей пространственной рабочей области;
- постоянность действия;
- неограниченность числа обслуживаемых объектов;
- неограниченность использования в любой период суток.

Так же в третьем разделе проанализировано применение пространственного анализа на примере рабочей карты для оптимального расположения RFID-метками во избежание перенасыщения местности.

Так же рассмотрено комплексное использование предложенного метода с техническими средствами мониторинга чрезвычайных ситуаций. Технические средства мониторинга чрезвычайных ситуаций. К ним относят изделия, устройства, приборы и информационно-вычислительные комплексы, предназначенные для обеспечения наблюдения за окружающей средой, техногенными объектами с целью оценки, анализа и своевременного обнаружения изменений и их состояния, происходящих в них процессов и явлений, а также для информационной поддержки принятия решений по предотвращению и устранения ЧС.

Таким образом, взаимодействие именно с данными техническими средствами позволит получать достоверные данные о модифицирующейся обстановке местности.

Для примера рассмотрим взаимодействие с системой пожарного оповещения и управления эвакуации внутри зданий. Стандартно они включают в себя системы оповещения (информационное табло, громкоговорители), но данные системы транслируют общую информацию, с призывом покинуть помещение, не информируя об очагах опасности. Ориентируясь по ним, не всегда можно найти выход или свернуть в безопасную зону.

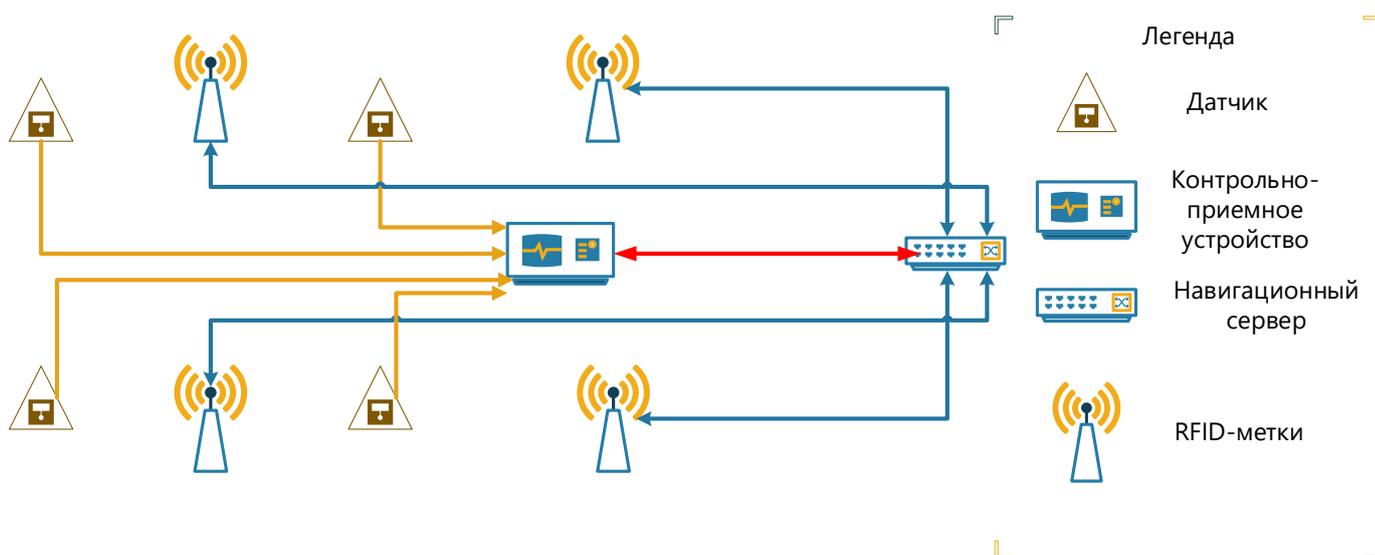
МЧС России в инструкции о правилах поведения при чрезвычайной ситуации рекомендует покидать здание согласно плану эвакуации. Однако, в экстренной ситуации посетители не всегда адекватно реагируют на происходящее, поддаваясь панике пренебрегают данным правилом.

Стандартная система автоматической пожарной сигнализации для торговых центров обычно включает в себя следующие элементы:

- датчики, установленные на потолке и реагирующие, в зависимости от типа, на изменение состава воздуха, появление дыма или повышение температуры выше определенной отметки;
- контрольно-приемное устройство;

- контроллеры, с помощью которых контрольно-приемное устройство соединяется с компьютером или пультом сотрудников службы безопасности.

Принцип интеграции заключается в подключении системы позиционирования к единому серверу охранной сигнализации. При наступлении ЧС, на сервер поступает информация от контрольных датчиков о событии (задымление/пожар), в данном случае сигнал будет продублирован на навигационный сервер. Откуда, в свою очередь, данные будут переданы на RFID-метки (рисунок 3). При таком взаимодействии маршрут следования внутри помещений будет перестроен с учетом изменений – в обход опасных зон. Таким образом, при взаимодействии двух систем, становится возможным использование предложенной радиотехнической навигационной системы для эвакуации людей из помещений в условиях ЧС.



**Рисунок 3 .** Взаимодействие усовершенствованной технологии позиционирования с техническими средства мониторинга ЧС (на примере автоматической пожарной сигнализации).

На основании сравнения достоинств и недостатков систем позиционирования и идентификации движущихся объектов в городском пространстве предложенная технология позиционирования будет иметь следующие преимущества:

1. Осуществление навигации в помещениях:

- непрерывное определение положения пользователя на карте,
- прокладка маршрута и ведение посетителя по нему к нужному объекту,

2. Анализ посетителей внутри и снаружи здания – оценка проходящего мимо потока.

В дальнейшем рассматривается применение методов дополненной реальности для дополнения визуальной навигации. Возможность построения маршрута и поиска необходимых объектов в здании с помощью графики: отображение на смартфоне 3D элементов визуальной навигации и построение маршрута до выбранной точки.

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ)

В результате проведенного исследования поставленная цель достигнута. Сформулированные задачи для реализации цели решены.

Итоги исследования заключаются в следующем:

- выполнен анализ современных навигационных систем, который показал, что имеющиеся навигационные системы навигации и позиционирования не обеспечивают стабильность определения местоположения как внутри, так и вне помещений;

- рассмотрены методы применения комбинированного использования навигационных систем, позволяющих обеспечить непрерывность позиционирования, определены методы обеспечивающие наибольшую стабильность.

- разработана методика геоинформационного картографирования наземной навигации определения местоположения движущегося объекта в городском пространстве в режиме реального времени;

- предложена радиотехническая навигационная система, которая отличается от существующих тем, что в роли базовых станций выступают активные RFID – метки, корректировка положения которых происходит на основе комбинированных методов определения местоположения объектов.

Ввиду чего достигается непрерывность определять местоположение движущихся объектов в городском пространстве в режиме реального времени, а так же возможность построения маршрутов передвижения с учетом изменяющихся параметров местности, что позволяет применять данный метод в условиях чрезвычайных ситуаций.

Определены сферы применения усовершенствованной технологии на практике: в первую очередь это потребительское применение: навигация как внутри больших помещений (музеи и выставочные павильоны, аэропорты, жд и авто вокзалы, торговые центры, склады и производства), так и за пределами их.

#### IV. СПИСОК РАБОТ, В КОТОРЫХ ОПУБЛИКОВАНЫ ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ДИССЕРТАЦИИ)

Основные теоретические положения и результаты исследований представлены в 6 научных работах, в том числе одна статья «Усовершенствование технологии позиционирования объектов в городском пространстве в режиме реального времени» в рецензируемом издании, входящем в официальный список ВАК.

1. Вахрушева А.А. Актуальные принципы наземной навигации.// Сб. матер. XII Междунар. науч. конгр. «ГЕО-Сибирь-2016», Международная научная конференция «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия», Т. 1. – Новосибирск: СГУГиТ, 2016, - с.138 – 142
2. Вахрушева А.А. Усовершенствование технологии позиционирования объектов в городском пространстве в режиме реального времени // Вестник СГУГиТ, Том 22 (№1) 2017 г. – с 170-177.
3. Вахрушева А.А. Трехмерное моделирование в наземной навигации. // Сб. матер. научно-практическая конференция «Инженерная графика и трехмерное моделирование», Новосибирск, СГУГиТ, 2017 г., - с. 29 – 31
4. Вахрушева А.А. Опыт и перспективы применения интернет вещей Сб. матер. XIII Междунар. науч. конгр. «ГЕО-Сибирь-2017», Международная научная конференция «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»,Т. 2. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – с 25-30.

Подготовлены и переданы к публикации:

5. Вахрушева А.А. Пространственный анализ для определения плотности данных и оптимального расположение объектов. // Вестник СГУГиТ.- 2018.
6. Вахрушева А.А. Применение indoor навигации в ЧС. // Геодезия и Картография. – 2018.