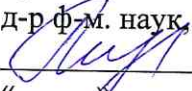
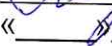


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Факультет технической физики

ДОПУСТИТЬ К
ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ГЭК
Руководитель ООП
д-р ф-м. наук, профессор
 Г.Р. Шрагер
«» 2021 г.

НАУЧНЫЙ ДОКЛАД

об основных результатах подготовленной научно – квалификационной работы (диссертации)

«ВЫСОКОТОЧНОЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ЛЮДЕЙ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО
ВРЕМЕНИ»

направление подготовки - 01.06.01 Математика и механика

Цех Илья Олегович

Научный руководитель
д-р ф-м. наук, профессор
 Э.Р. Шрагер
«» 2021 г.

Автор работы
аспирант

 И.О. Цех

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования.

Использование систем высокоточного позиционирования людей и материальных объектов – одно из актуальных направлений усовершенствования технологических и бизнес-процессов в самых разных отраслях деятельности. От мониторинга передвижения пациентов, персонала и оборудования в больницах до контроля местонахождения рабочих, сборочных единиц и инструмента на производстве.

Цель работы.

Целью работы являлся обзор и анализ технологий локального позиционирования, перспективы использования данной технологии в различных отраслях деятельности, её преимущества и недостатки. По результатам анализа найти и выбрать технологию, позволяющую позиционировать людей с точностью не более 2-3м и создать прототип меток для позиционирования людей с последующим внедрением системы позиционирования на реальном объекте.

Научная новизна.

Использование новой более современной и производительной технологии позиционирования позволит определять местоположение людей с точностью не более 2-3м, что повысит уровень безопасности на объектах.

Теоретическая и практическая значимость.

На предприятии АО «ВИСТ Групп» разрабатывается система позиционирования людей на открытых карьерах, которая будет использоваться для внедрения на территории заказчика с целью обеспечения безопасности работников на промышленной площадке, также данная система будет совмещена с системой выдачи нарядов, что позволит ускорить и оптимизировать бизнес-процессы на предприятии.

Список публикаций.

- 1) Цех И.О. Особенности современных систем измерения дальности на основе активных и пассивных методов радиолокации. // Современные научные исследования и разработки 4(21), Том 1, 2018г. – Научный центр «Олимп».
- 2) Цех И.О. Измерение дальности космического аппарата. // Вестник современных исследований №6, 2018г.- Научный центр «Орка».
- 3) Цех И.О. Особенности современных систем измерения дальности на основе активных и пассивных методов радиолокации. // 1 Международная научно-практическая конференция «Вопросы технических и физико-математических наук в свете современных исследований», 2018 г.

- 4) Цех И.О. Высокоточное позиционирование людей в режиме реального времени. // Colloquium journal, 2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** описаны основные технологии позиционирования, рассмотренные в данной работе, их обзор и анализ.

RTLS — это автоматическая система позиционирования, которая обеспечивает идентификацию, определение местоположения и отображение его на плане местности, охваченной определенной инфраструктурой системы. RTLS система может хранить, обрабатывать и накапливать информацию о местоположении позиционируемых объектов (людей, транспортных средств, предметов) с целью дальнейшего анализа бизнес или других производственных процессов .

Разнообразие областей применения и относительная новизна направления породили разнообразие технологий локального позиционирования:

1) RTLS системы на основе инфракрасного излучения.

Сигналы с носимых меток передаются на датчики (приемники) посредством инфракрасного излучения. С помощью данной технологии возможно не только рассчитать расстояние до метки, но и узнать, под каким углом приходит сигнал с метки на приемник.

Плюсы:

- исключены ложные срабатывания меток, т.к. метка должна находиться в непосредственной близости;
- низкая стоимость меток.

Минусы:

- высокая стоимость развертывания системы, т.к. нужно выстраивать целую инфраструктуру в каждой комнате;
- подходит только для небольших зданий, строений.

2) Активные RFID системы.

Один из самых популярных стандартов RTLS решений. «Активная система» означает, что система позиционирования определяет дальность до метки по уровню принимаемого сигнала

Плюсы:

- приемники могут принимать сигнал, поступающий с любого направления;
- сигнал проходит через любые неметаллические препятствия;
- небольшой размер RFID меток.

Минусы:

- высокая стоимость развертывания инфраструктуры системы;
- малая дальность действия приемников (не более 30м).

3) Системы позиционирования на основе Wi-Fi.

Многие системы Wi-Fi корпоративного уровня имеют встроенные возможности позиционирования. Несколько точек беспроводного доступа измеряют относительную мощность сигнала объектов, чтобы приблизительно определить их положение внутри объекта. Это похоже на то, как работает GPS на улице.

Плюсы:

- могут быть развернуты в помещениях с существующим покрытием WiFi с минимальным дополнительным оборудованием.

Минусы:

- не идеальны для точного RTLS, поскольку сигналы являются приблизительными и иногда могут регистрироваться не на той стороне дверей или стен;
- несмотря на простую интеграцию, это не «бесплатная» услуга поверх существующего Wi-Fi. Чтобы заставить его работать, необходимо изрядное количество дополнительных настроек и управления.
- чувствительность к помехам и изменениям окружающей среды, что влияет на точность позиционирования.

4) Bluetooth системы.

Bluetooth – на самом деле только во вторую очередь стандарт позиционирования. Bluetooth был разработан в первую очередь как система беспроводной связи малого радиуса действия с ограниченным определением качества сигнала, что позволяет ему оценивать расстояния.

Плюсы:

- технология похожа на Wi-Fi, но работает на гораздо меньшем радиусе действия. Сигналы Bluetooth могут проходить через одежду и другие легкие материалы.
- высокий уровень интеграции с электронными устройствами - большинство ноутбуков, планшетов, смартфонов и другой электроники уже поставляются с Bluetooth в качестве стандартного компонента.

Минусы:

- малый радиус действия;
- высокая стоимость развертывания инфраструктуры системы;
- высокий уровень помех от устройств, работающих на смежных, нелицензируемых, частотах.

5) Системы на ZigBee.

Это еще один стандарт беспроводной связи, работающий в нелицензируемом сегменте вещательного спектра. Его диапазон немного больше, чем у Bluetooth, но это происходит за счет некоторой надежности.

Плюсы:

- ZigBee - это старая, относительно простая беспроводная технология, которую легко реализовать в любой среде.

- Метки и приемники недорогие и надежные.

- Низкое энергопотребление.

- Простота развертывания системы.

- Поддерживает как простые топологии сети («точка-точка», «дерево» и «звезда»), так и ячеистую (mesh) топологию с ретрансляцией и маршрутизацией сообщений.

Минусы:

- низкая помехозащищенность;

- низкая скорость передачи данных

- подходит для передачи лишь небольших пакетов информации.

6) UWB системы позиционирования (ultra-wide band).

Это не одна частота, это беспроводная связь, охватывающая широкий диапазон спектра. Эта технология все еще находится в стадии активной разработки, поэтому предлагаемые сегодня на рынке варианты все еще находятся в стадии доработки и ранних версий.

Плюсы:

- UWB система может предоставлять точную информацию о местоположении. Она также может передавать большой объем другой информации короткими пакетами связи.

- высокая помехозащищенность.

Минусы:

- сложность в настройке и развертывании системы на объекте.

- высокая стоимость оборудования.

7) NanoLOC.

Это технология компании Nanotron, во многом схожая с более старой версией NanoNET. Помимо скорости передачи информации в 1 Мбит в секунду на расстоянии в несколько сотен метров, эта технология позволяет определять расстояние между приемопередатчиками. Погрешность в определении расстояния — 2 метра, что позволяет определять, где находится приемопередатчик по отношению к другим таким же приемопередатчикам. Если необходимо определение в трехмерной системе координат,

понадобятся четыре (и более) передатчика NanoLOC, координаты месторасположения которых уже известны.

Плюсы:

- возможность работы в нелицензируемых диапазонах при мощности до 100 мВт;
- используемые методы определения местоположения обеспечивают возможность локализации объектов за пределами периметра зоны обслуживания со снижением точности;
- большой выбор готового ПО (с открытыми кодами исходников);
- автокорреляционные свойства сигнала делают технологию устойчивой к внешним помехам.

Минусы:

- ограничения по количеству устройств в сегменте;
- проприетарная технология.

По итогам анализа современных технологий для систем позиционирования, для дальнейшей работы была выбрана технология NanoLoc компании Nanotron, как удовлетворяющая критериям точности позиционирования, простоты развертывания и помехоустойчивости сигнала.

Первая глава посвящена обзору технологии NanoLoc.

Компания Nanotron реализовала собственную RTLS-технологии под названием NanoLOC. Эта технология использует метод измерения расстояния по времени распространения радиосигнала. Данный метод позволяет одновременно снизить и время измерения и погрешность. При этом погрешность измерения снижается при увеличении ширины спектра сигнала. В настоящее время известно два типа широкополосных приемопередатчиков, предназначенных для измерения расстояния, которые описаны стандартом IEEE 802.15.4-2011. Это приемопередатчики, использующие кодирование CSS, работающие в диапазоне 2,4 ГГц и приемопередатчики диапазона UWB, использующие частоты 3,5-9,5 ГГц. Приемопередатчики диапазона UWB имеют самую широкую полосу - 500 или 1000 МГц и соответственно самую маленькую погрешность - 10 см. К сожалению, для приемопередатчиков UWB разрешены очень малые мощности передачи.

Кодирование CSS реализовано в приемопередатчиках NanoLOC. Оно базируется на внутриимпульсной линейно-частотной модуляции, которая, как известно, позволяет наиболее эффективно использовать частотный спектр.



Рисунок 1 – Преобразование ЛЧМ-импульсов.

Приемники Nanotron, используя согласованный фильтр на входе, преобразуют ЛЧМ-импульсы в очень узкие по времени SYNC-импульсы и определяют время поступления входного сигнала с наносекундной точностью, что позволяет измерять расстояния с точностью до 30 см. На практике внутри помещений из-за многолучевого распространения сигналов погрешность увеличивается до 1-2 м.

Помимо скорости передачи информации в 1 Мбит в секунду на расстоянии в несколько сотен метров, эта технология позволяет определять расстояние между приемопередатчиками. Небольшая погрешность в определении расстояния позволяет определять, где находится приемопередатчик по отношению к другим таким же приемопередатчикам. Если необходимо определение в трехмерной системе координат, понадобятся четыре (и более) передатчика NanoLOC, координаты месторасположения которых уже известны.

Система компании Nanotron для измерения относительных расстояний называется swarm, что означает рой. Ее можно построить на базе радиомодулей swarm bee. Она обеспечивает выполнение примерно 50 измерений точка-точка в секунду.

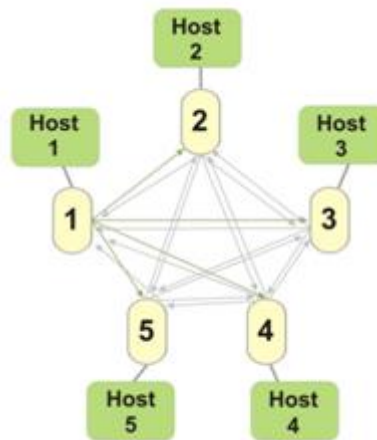


Рисунок 2 – Работа системы на основе модулей Swarm.

В системах определения абсолютных координат всегда присутствуют стационарные узлы - анкеры с известными координатами, которые являются референсными точками[4].

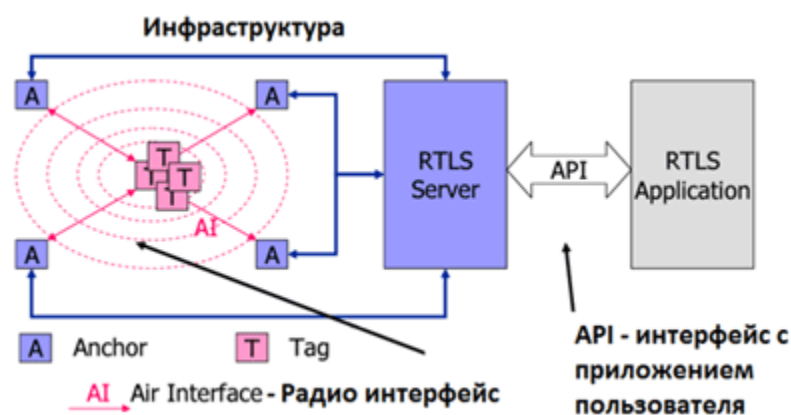


Рисунок 3 – RTLS система.

Во **второй главе** описан метод вычисления абсолютных координат Time Difference of Arrival (TDoA), который система RTLS локального позиционирования компании Nanotron использует для определения местоположения меток. Данный метод заключается в следующем: мобильная метка (Tag) с заданным интервалом времени излучает идентификационный сигнал-маячок, а синхронизированные анкера фиксируют время поступления этого сигнала и отправляют измеренные значения на сервер. По этим данным на сервере при помощи системы уравнений оказывается возможным вычислить и время излучения сигнала маяка и координату мобильной метки.

Преимуществами метода TDoA являются

- малая загруженность метки и возможность для нее находиться большую часть времени в спящем режиме;
- высокая скорость определений;
- малая нагрузка эфира;
- большое количество одновременно обслуживаемых меток.

Пример расчета координат методом TDoA.

Для определения положения метки данным методом не нужно знать время отправки сигнала с метки, учитывается только время принятия сигнала анкером. Предположим, что сигнал был принят двумя анкерами, тогда разница во времени принятия сигнала может быть использована для расчета разницы расстояний между меткой и двумя анкерами:

$$\Delta d = c * (\Delta t), \quad (1)$$

где Δd – разница расстояний, c – скорость света, Δt – разница во времени принятия сигнала на каждом анкере.

Для двумерного пространства:

$$\Delta d = \sqrt{(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2} - \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2}, \quad (2)$$

где (x_1, y_1) и (x_2, y_2) – известные координаты анкером.

Используя нелинейную регрессию, это уравнение может быть преобразовано в гиперболу. При нахождении и построении нескольких гипербол от разных анкером, можно найти местоположение на пересечении (рисунок 4).

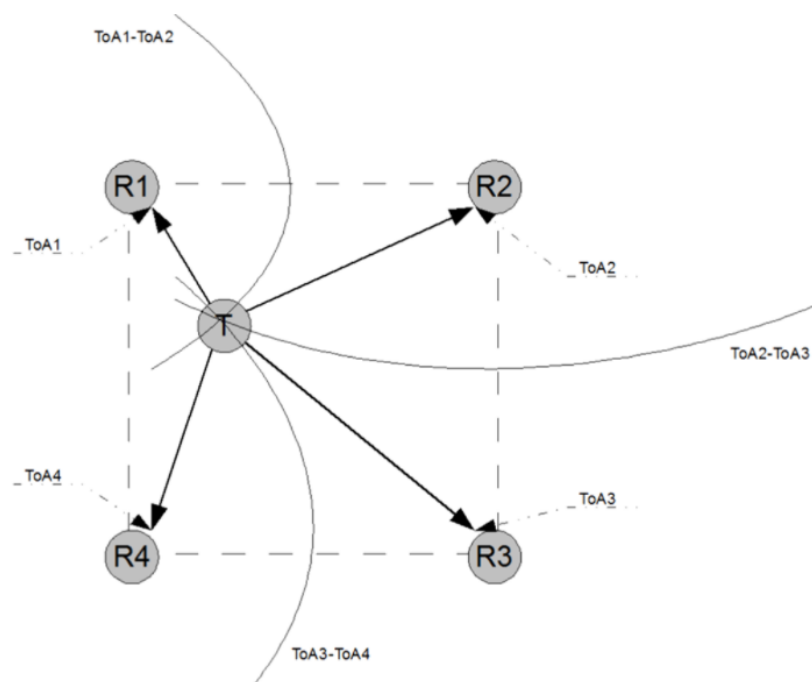


Рисунок 4 – Определение местоположения метки методом TDoA,
где: R1-R4 – анкеры системы, T – искомая метка.

В третьей главе описан процесс тестирования прототипов меток для позиционирования, которые были разработаны на основе модулей SwarmBee образца 2015 года. После выхода модулей нового поколения был проведен практический эксперимент для сравнения дальности передачи сигнала для позиционирования.

Перечень оборудования:

Модули SwarmBee старого образца – 2 шт.

Ширина канала 80 МГц.

Скорость данных – 250 Кбит

Модули SwarmBee нового образца – 2 шт.

Ширина канала 80 МГц.

Скорость данных – 250 Кбит.

Выходная мощность - 100 мВт.

Направленная антенна типа “Зигзаг Харченко” – 1 шт.

Дальность определения расстояний между двумя модулями старого образца.

Антенны на обоих модулях: четвертьволновый вибратор длиной 3 см. Один модуль подключен к компьютеру и периодически измеряет расстояние до другого. Другой модуль перемещается на вытянутой руке.

Результаты: устойчивая дальность связи 167 м при уровне RSSI 87 dBm.



Рисунок 5 – Эксперимент со старыми образцами SwarmBee.

Дальность определения расстояний на между двумя модулями нового образца.

Антенны на обоих модулях - четвертьволновый вибратор длиной 3см. Один модуль подключен к компьютеру и периодически измеряет расстояние до другого. Другой модуль перемещается на вытянутой руке.

Результаты: устойчивая дальность связи 513м при уровне RSSI -81 dBm.

Промежуточные точки:

300м: RSSI = - 75 dBm;

400м: RSSI = - 67 dBm;

470м: RSSI = - 77 dBm;

513м: RSSI = - 81 dBm;



Рисунок 6 - Эксперимент с новыми образцами SwarmBee.

Вывод: дальность определения расстояния возросла в 3 раза.

Испытания на дальность новых образцов с направленной антенной.

Один модуль подключен к компьютеру и периодически измеряет расстояние до другого. Антенна типа “Зигзаг Харченко”.

Другой модуль перемещается на вытянутой руке. Антенна - четвертьволновый вибратор длиной 3см.

Результаты: устойчивая дальность связи 872м при уровне RSSI -83 dBm.

Промежуточные точки:

655м: RSSI = - 75 dBm;

847м: RSSI = - 79 dBm;

872м: RSSI = - 83 dBm.

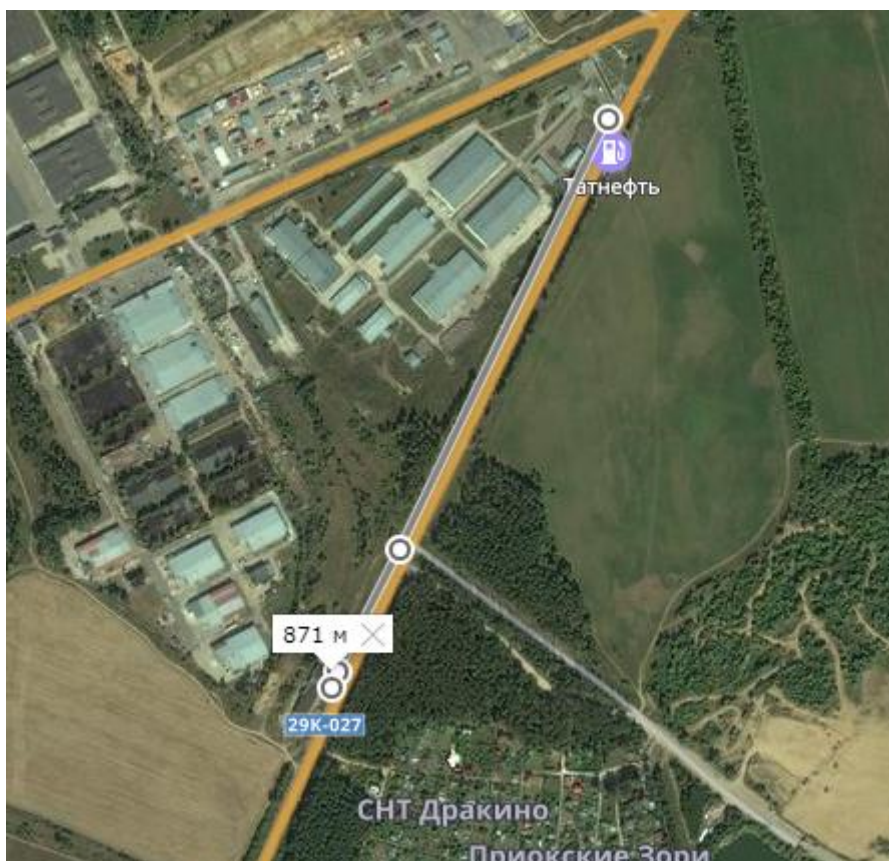


Рисунок 7 – эксперимент с использованием направленной антенной

В результате: использование модулей нового образца в сочетании с направленной антенной позволяет достичь увеличения дальности передачи сигнала более чем в 5 раз по сравнению со старой версией модулей SwarmBee.

В заключении приведены результаты проделанной работы после изготовления и внедрения экспериментальных меток на промышленном предприятии в рамках теста.

Электронное оборудование Nanotron позволяет строить смешанные системы локального позиционирования, в которых наряду с абсолютными координатами могут также определяться и относительные расстояния. Для построения такой системы нужно использовать локализационный сервер и анкеры системы RTLS компании Nanotron, а метки строить на базе радиомодулей SwarmBee.

Использование модулей SwarmBee в сочетании с модулями позиционирования на основе GPS-технологий позволяет создать универсальный приемо-передатчик, который может использоваться как внутри помещений, так и на открытых пространствах.

Система позиционирования была использована для внедрения в рамках теста на Стойленском горно-обогатительном комбинате. Также была внедрена система автоматической выдачи нарядов для работников, что, совместно с системой позиционирования, дало отличные результаты, как со стороны улучшения бизнес-процессов, так и со стороны увеличения уровня безопасности на объекте. Следующим шагом в развитии системы позиционирования персонала является система предотвращения столкновений промышленных машин, что также может быть реализовано на основе радиомодулей SwarmBee.

Отчет о проверке на заимствования №1



Автор: tsakh11@gmail.com / ID: 2286061
 Проверяющий: tsakh11@gmail.com / ID: 2286081
 Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат» - www.antiplagiat.ru

ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

Имя документа: 16
 Начало загрузки: 22.06.2021 12:07:17
 Длительность загрузки: 00:00:00
 Имя исходного файла:
 Доклад_Цех_ИО_20_06.pdf
 Название документа: Доклад_Цех_ИО_20_06
 Размер текста: 16 кБ
 Символов в тексте: 16794
 Слов в тексте: 2014
 Число предложений: 187

ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Начало проверки: 22.06.2021 12:07:17
 Длительность проверки: 00:00:01
 Комментарий: не указано
 Модуль поиска: Интернет



ЗАИМСТВОВАНИЯ
13.68%

САМОЦИТИРОВАНИЯ
0%

ЦИТИРОВАНИЯ
0%

ОРИГИНАЛЬНОСТЬ
96.32%

Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений заимствованных текстов, которые система относит к цитированию по отношению к общему объему документа.
 Самоцитирование — доля фрагментов текста проверяемого документа, совпадающих или почти совпадающих с фрагментами текста источника, автором или соавторами которого является автор проверяемого документа, по отношению к общему объему документа.
 Цитирование — доля текстовых пересечений, которые не являются заимствованиями, но система посчитала их использованием корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся сокращения по ГОСТу, цитаты, общепринятые выражения, фрагменты текста, найденные в источниках из коллекции нормативно-правовой документации.
 Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.
 Источник — документ, проиндексированный в системе, содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.
 Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которому была проведена проверка, по отношению к общему объему документа.
 Заимствования, самоцитирование, цитирование и оригинальность являются стандартными показателями, в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.
 Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными источниками текстовых фрагментов. То есть система является всего лишь инструментом, определяющим корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа, оставаясь, тем не менее, неспособной на окончательное определение.

№	Доля в отчете	Доля в тексте	Источник	Актуальность	Модуль поиска	Блоков в отчете	Блоков в тексте
[01]	9.31%	9.31%	Разработка программного обеспечения для анализа позиционирования человека в помещении на основе технологии Bluetooth Low Energy (BLE) http://bluetooth.beach.ru	19 Сен 2015	Интернет	7	7
[02]	2.55%	2.55%	7.2 Технологии локального позиционирования и идентификации в режиме реального времени http://100-edu.ru	23 Апр 2015	Интернет	3	3
[03]	1.82%	1.82%	http://vital.itd.ru/vital/access/services/Download/vital:10546/SOURCE01 http://vital.itd.ru/vital	24 Янв 2020	Интернет	2	2

Руководитель ООП
 Черепанов Г. Р.