

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук, профессора Смирнова Николая Васильевича на диссертационную работу Воронова Романа Владимировича на тему «Математические методы и модели систем определения местоположения мобильных объектов внутри зданий и сооружений», представленную к защите в диссертационный совет Д 212.190.03 на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена ростом разработок и внедрения систем позиционирования объектов в зданиях и сооружениях. Глобальные системы позиционирования (GPS, ГЛОНАСС) используют сигналы со спутников Земли для расчета местоположения объектов на открытом воздухе. С момента своего создания эти системы широко используются во многих приложениях, от военных до коммерческих. Для устойчивого приема сигнала и надежной работы таких систем требуется прямая видимость между спутниками и мобильным устройством и не должно быть препятствий между ними. Вследствие этого ограничения практически невозможно использование глобальных систем для позиционирования объектов внутри зданий и сооружений. По этой причине в качестве альтернативы разрабатываются специальные системы внутреннего позиционирования. Они применяются в различных областях для определения местоположения в шахтах, торговых центрах, учебных заведениях, аэропортах, больницах и т. д. В настоящее время в мире для создания таких систем используются различные технологии (WLAN, UWB, Wi-Fi). Но ни одна из этих систем еще не стала повсеместной, не существует официально утвержденных стандартов систем внутреннего позиционирования, поскольку на данный момент нет предложений, обеспечивающих решение задачи определения местоположения мобильных объектов с учетом всех выдвигаемых требований и ограничений.

Наиболее широко применяемая технология систем внутреннего позиционирования основана на использовании беспроводной инфраструктуры локальной сети, развернутой в здании. Это объясняется ее низкой стоимостью и широким распространением. Во многих помещениях уже установлено необходимое оборудование. Смартфоны, используемые для доступа в сеть,

становятся все более популярными среди пользователей. Соответственно, проблема развития таких систем в направлении повышения точности определения местоположения, несомненно, актуальна. Качество работы систем позиционирования зависит от числа и мест размещения стационарных точек доступа, от правильной их настройки и применяемых алгоритмов локализации.

Таким образом, диссертационная работа Р. В. Воронова, посвященная разработке подходов, методов, моделей и инструментов для комплексного решения перечисленных задач на основе единого подхода, является актуальной.

Научная новизна диссертационной работы состоит в разработке комплекса взаимосвязанных математических моделей, методик, алгоритмов и реализующих их компьютерных программ, обеспечивающих повышение эффективности решения задач позиционирования мобильных объектов внутри зданий и сооружений. Предложен метод математического моделирования систем внутреннего позиционирования. Он отличается вариабельностью способов представления покрываемой территории, а также методов определения местоположения и предназначен для идентификации параметров этих систем с учетом требований к точности, безопасности, надежности и устойчивости. Разработаны численные методы определения оптимальных мест размещения точек доступа системы внутреннего позиционирования, учитывающие применение в таких системах разных алгоритмов позиционирования. Представлен алгоритм динамического построения карт уровня сигналов добавляемой точки доступа системы определения местоположения внутри помещений, отличающийся использованием оценок вероятностей нахождения объектов в зонах помещения, вычисляемых методами позиционирования. Предложены численные методы определения местоположения объектов на основе данных от инерциальных измерительных модулей. Данные методы могут применяться для позиционирования в сооружениях со сложной структурой, например, в шахтах.

Достоверность положений, выявленных закономерностей, выводов и рекомендаций работы обеспечивается адекватностью разработанных математических моделей, подтверждена проведенными экспериментами в имитационной системе и в реальных условиях, а также положительной апробацией на конференциях различного уровня.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. По теме диссертации опубликовано 38 научных работ. Из них 14 опубликованы в журналах, включенных в перечень ведущих периодических изданий ВАК, 1 – в журнале, индексируемом в международной базе данных Web of Science, в соавторстве получено девять свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка используемой литературы и двух приложений, содержит 296 страниц, включает 68 рисунков и 13 таблиц.

В первой главе выполнен обзор существующих подходов и способов решения задачи определения местоположения мобильных объектов в ограниченных пространствах, рассмотрены наиболее распространенные модели и методы, сформулированы задачи исследования.

Во второй главе рассматриваются математические модели и методы решения задачи оптимального размещения датчиков системы определения местоположения мобильных объектов внутри помещений. Доказывается NP-полнота поставленных задач, предлагаются эвристические алгоритмы их решения, основанные на жадном методе и локальном поиске. Одна из моделей предполагает использование информационной энтропии для оценивания качества размещения точек доступа. Для соответствующей задачи оптимизации приведена оценка решений, получаемых жадным алгоритмом. Представлены результаты тестовых испытаний разработанных алгоритмов.

Третья глава посвящена исследованию и особенностям задачи определения метрической размерности графа. Показана связь этой задачи с задачей размещения точек доступа системы внутреннего позиционирования. Найдены формулы для метрической и отказоустойчивой метрической размерности графа, равного сильному произведению двух простых цепей.

В четвертой главе представлены методы калибровки систем определения местоположения и методы определения местоположения мобильного объекта, основанные на обработке информации из различных источников. Методы калибровки заключаются в автоматическом создании карт уровней сигнала точек

доступа системы внутреннего позиционирования. В качестве дополнительных источников служат данные от инерциального измерительного модуля, информация о структуре помещения, совокупность показаний датчиков атмосферного давления.

Пятая глава посвящена имитационному моделированию системы определения местоположения объектов внутри помещений. Описан разработанный программный комплекс, предназначенный для тестирования алгоритмов размещения точек доступа, построения карт уровней сигнала, определения местоположения объектов.

Автором проведены экспериментальные исследования в реальных условиях. Представленные в диссертационном исследовании подходы и алгоритмы были применены при разработке технологии внутреннего позиционирования RealTrac, внедрены на нескольких шахтах и других промышленных объектах и сооружениях.

Замечания по диссертационной работе

Наряду с отмеченными достижениями, которые представляются наиболее значимыми, по содержанию работы имеются следующие замечания:

1. В диссертации отсутствует описание технических характеристик конкретного оборудования (элементной базы), которое использовалось для проведения экспериментов по апробации разработанных методов. С одной стороны, работа имеет математическую направленность в плане разработки алгоритмов. С другой стороны, ориентация на технические приложения в реальных условиях эксплуатации неизбежно приводит к вопросу учета реальных характеристик датчиков, точек доступа, приемников и передатчиков радиосигнала и т. д., а также их влияния на решение задачи позиционирования. При этом автор сам отмечает важность этой проблемы в выводах по главе 1 (см. стр. 57).

2. В развитие первого замечания и с учетом определенного опыта автора по разработке реальных систем позиционирования, можно было бы ожидать формулировки в некотором смысле «идеальных» требований к оборудованию. Это особенно важно для создания отказоустойчивых систем, проектируемых специально для экстремальных условий эксплуатации с повышенным уровнем надежности. Кроме того, такие рекомендации актуальны как для производителей

аппаратуры, так и для структур, занимающихся внедрением систем позиционирования на реальных объектах.

3. В работе не рассмотрена проблема чувствительности предложенных методов и алгоритмов к вариации различных параметров. Например, при монтаже реальных систем на реальных объектах неизбежны погрешности установки точек доступа. Кроме того, в экстремальных условиях эксплуатации возможны неучтенные возмущения изначально точно установленных элементов системы позиционирования. В связи с этим было бы логично провести анализ робастных свойств оптимальных технических решений, предложенных автором, по отношению к данным возмущениям.

4. Не обошлось без грамматических и синтаксических ошибок. В частности, на стр. 20 (5-я строка сверху), используется оборот «соавторы отвечали за описание..., а также помощь...». Корректно написать «соавторы отвечали за описание..., а также оказывали помощь...». Там же, на стр. 20 (3-я строка снизу), вместо «участие с сборе» следует писать «участие в сборе». На стр. 32 (5-я строка сверху) предложение содержит явно лишнее слово. Заголовок п. 4.2 «Автоматическая построение карт...» (см. стр. 182) правильно звучит как «Автоматическое построение карт...». Есть и другие примеры опечаток.

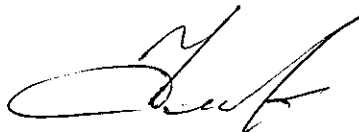
Отмеченные замечания не снижают научную ценность диссертационной работы. Диссертация представляет собой целостную и законченную научно-исследовательскую работу на актуальную тему, выполненную автором самостоятельно на высоком научно-техническом уровне. Основные выводы по результатам исследований достоверны и обоснованы. Автореферат и опубликованные научные работы достаточно подробно отражают основное содержание диссертации и полученные результаты.

Заключение

Диссертационная работа Воронова Романа Владимировича на тему «Математические методы и модели систем определения местоположения мобильных объектов внутри зданий и сооружений» по теоретическому уровню и практической значимости соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор,

Воронов Роман Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент, профессор, заведующий
Кафедрой моделирования экономических систем
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
университет», доктор физико-математических наук,
доцент



Смирнов Николай Васильевич

20.11.2017 г.

Подпись Н.В. Смирнова удостоверяю:
Начальник Главного управления СПОУ
организации работы с персоналом

*Документ подготовлен
в порядке исполнения
трудообязанности*
20.11.2017 г.



Ремеев Владимир Валерьевич

Почтовый адрес: 199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная д. 7-9;
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

тел. (812) 428-41-54; эл. почта: n.v.smirnov@spbu.ru