

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра Радиотехнических систем

КУЛИКОВ ИЛЬЯ СЕРГЕЕВИЧ

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АВТОНОМНОГО КОНТРОЛЯ
ЦЕЛОСТНОСТИ НАП**

Специальность 210304– «Радиоэлектронные системы»

Автореферат
выпускной квалификационной работы
инженера

Руководитель
Нагин Илья Алексеевич

Москва – 2013

Актуальность темы

Спутниковые радионавигационные системы (СРНС) имеют огромное количество разнообразных применений в современном мире. В связи с этим к СРНС предъявляют высокие требования не только по точностным характеристикам, но и по достоверности измерений. Под достоверностью навигационной информации понимается способность навигационной системы поддерживать с заданной вероятностью в определённый промежуток времени в каком-либо районе в требуемом пределе свои характеристики.

Из-за невозможности осуществления непрерывного контроля функционирования навигационного спутника, контроль целостности целесообразно проводить всеми доступными средствами: наземным контрольным сегментом, геостационарными спутниками, аппаратурой контрольных станций, собственно в аппаратуре потребителя. Под отказом спутника понимается такое его состояние, при котором использование радионавигационных параметров, определяемых по сигналу этого навигационного спутника, ухудшает точность определения координат и времени потребителем до значения, превышающего заданный порог.

Объектом исследования выступают методы решения навигационной задачи альтернативные методу наименьших квадратов: метод Дэниша и метод М-оценки.

Цели и задачи работы

Целью работы является исследование возможности применения рассматриваемых алгоритмов в ситуации, когда псевдодальности, измеренные до одного или нескольких спутников, содержат аномальные ошибки порядка 1 км.

Для достижения цели работы требуется решить ряд **задач**:

1. Составить математическую модель решения навигационной задачи в навигационной аппаратуре потребителя для трёх рассматриваемых методов: метода наименьших квадратов, метода Дэниша и метода М-оценки.

2. Проверить рассматриваемые методы на способность решать навигационную задачу при наличии аномальных ошибок в измерениях псевдодальности.

3. Разработать методику сравнения рассматриваемых методов по следующим характеристикам:

- 1) Вероятность правильного обнаружения отказавшего спутника;
- 2) Вероятность ложной тревоги;
- 3) Точность определения координат потребителя.

Методы исследования. При решении поставленных задач использованы реальные измерения псевдодальностей. Появление аномальных ошибок моделировалось путём внесения систематической ошибки в некоторые измерения псевдодальности.

Научная новизна. В работе получены следующие новые результаты, выносимые на защиту:

- 1) Разработан метод сравнительного моделирования двух выбранных алгоритмов в условиях большой аномальной ошибки в измерениях псевдодальности;
- 2) При относительно малом количестве наблюдений лучшие результаты даёт метод М-оценки, а при большом количестве наблюдений наименьшую ошибку демонстрирует метод Дэниша;

Практическая ценность работы.

1. Разработанная модель позволяет получить оценки способности рассматриваемых методов работать в случаях наличия нескольких аномальных ошибок в измерениях псевдодальности. Также, получены вероятности правильного обнаружения и ложной тревоги для методов, позволяющих исключать измерения с аномальными ошибками.

2. Разработанная модель может служить основой для проведения более масштабного исследования рассматриваемых алгоритмов.

Структура и объем работы По своей структуре работа состоит из введения, 3-х глав, заключения, списка литературы и 3-х приложений. Работа изложена на 106 страницах машинописного текста, содержит 16 таблиц и список литературы из 10 наименования, а также 120 рисунков, иллюстрирующих некоторые полученные зависимости, текст программы моделирования и информацию по охране труда в качестве приложений.

Основное содержание работы

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы и решаемых задач, формулируется цель исследования, определяется научная новизна и практическая ценность результатов.

В первой главе приводится обзор литературы по данной тематике. Рассматриваются различные варианты методов решения навигационной задачи и их классификация

приводятся различные методы обнаруженные в используемой литературе при ознакомлении с темой

Во второй главе проводится математическое и алгоритмическое описание методов, которые будут исследованы в работе.

В третьей главе описываются ситуации, смоделированные в работе, а также определяются некоторые используемые характеристики. Приводятся результаты моделирования в виде таблиц со средней сферической ошибкой всех рассмотренных методов и таблиц с вероятностью правильного определения аномальных измерений и вероятностью ложной тревоги для метода Дэниша и метода М-оценки.

В заключении сформулированы основные научные и практические результаты работы, приведенные ниже.

Основные результаты работы и выводы

1. В данной работе были приведены и рассмотрены некоторые известные алгоритмы восстановления целостности в аппаратуре потребителя.
2. Разработана математическая модель для проверки пригодности приведённых алгоритмов для решения навигационных задач при наличии аномальных ошибок в измерениях ПД.
3. Получены зависимости средней сферической ошибки при определении координат потребителя для разных комбинаций количества спутников в рабочем созвездии, количества аномальных измерений и проявлений ошибок.
4. Получены оценки способности рассматриваемых методов самостоятельно исключать измерения, содержащие аномальные ошибки, при разных комбинациях количества спутников в рабочем созвездии, количества аномальных измерений и проявлений ошибок.
5. По полученным результатам можно сделать вывод о целесообразности применения метода Дэниша вместо МНК в условиях, моделируемых в работе, потому что в случаях отсутствия аномальных ошибок данный метод позволяет получить результаты, по крайней мере, не хуже, чем МНК, а при наличии аномальных ошибок позволяет получить существенно более точные оценки местоположения потребителя

6. Увеличение числа спутников существенно уменьшает влияние ошибок на оценку местоположения потребителя в случаях с несколькими аномальными ошибками в измерениях ПД.
7. Все полученные результаты имеют место только в рассмотренных условиях и не могут быть гарантированы при изменении параметров моделирования, например, размера аномальной ошибки и способа формирования аномальной ошибки. Для проведения полноценных исследований работоспособности рассмотренных алгоритмов в реальных условиях необходимо провести существенно большую работу.