

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.722.45+621.396.97

Носырев
Илья Николаевич

Повышение качества позиционирования в
системе навигации мобильного робота

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра

по специальности 1-40 80 01 Компьютерная инженерия (Хранения и
обработка данных)

Научный руководитель
Татур Михаил Михайлович

д.т.н., профессор кафедры ЭВМ

Минск 2023

ВВЕДЕНИЕ

Одной из наиболее важных проблем в сфере контроля и мониторинга мобильных роботов является определение их местоположения. В зависимости от специфики задачи определяются критерии точности, которые варьируются от миллиметров до сотен метров. А от критериев в свою очередь зависит выбор математических методов и алгоритмов для конечного решения.

Для спутниковых навигационных систем существует три источника измерений: кодовые дальности, доплеровские и фазовые измерения. Кодовые измерения являются основой спутниковой навигации и используются во всех навигационных системах. Точность определения координат по коду составляет несколько метров при благоприятных условиях. Доплеровские измерения, как правило, используются для вычисления компонентов вектора скорости и уточнения решения по кодовым измерениям. Фазовые измерения позволяют определять местоположение с сантиметровой точностью, но математические методы и алгоритмы обработки таких измерений очень сложны и ресурсоемки. На данный момент времени основное направление в развитии навигационной аппаратуры - совершенствование алгоритмов совместной обработки всех типов измерений.

В настоящее время на рынке помимо высокоточных навигационных приемников геодезического класса широко представлены недорогие приемники и GPS платы. Эти приемники в отличие от геодезических не выдают сырые спутниковые измерения (которые служат исходными данными для высокоточных алгоритмов), а также имеют менее точные и продвинутые спутниковые антенны.

Такие приемники как правило выдают свои координаты в стандартизированном виде. Как правило они поддерживают текстовый протокол NMEA.

Однако существуют алгоритмы, которые позволяют получать более точные координаты и для таких недорогих приемников. В данной работе рассмотрены способ получения координат для таких приемников (рассматриваемыми приемниками являются SIM808 и U-Blox NEO-7M).

Данный алгоритм, примененный к недорогим приемникам, позволяет получить приемлемую точность в определении координат и соответственно может быть применен в том числе в мобильной робототехнике.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью данной работы является разработка и исследование способов повышения точности позиционирования мобильных роботов с GPS навигацией.

Задачами данной работы являются:

- Изучение текущих способов повышения точности спутникового позиционирования.
- Обосновать выбор алгоритма повышения точности спутникового позиционирования.
- Поставить эксперимент и собрать данные в рамках выбранного способа.
- Проанализировать результаты эксперимента и сделать выводы.

Объектом данной работы является работа системы глобального спутникового позиционирования GPS в системе позиционирования мобильных роботов. Предметом данного исследования является способ повышения качества позиционирования при навигации мобильных роботов.

Глобальное спутниковое позиционирования имеет тесную связь с точным земледелием, с геодезическими и земельно-кадастровыми работами, строительством дорог и различных сооружений, диспетчеризацией транспортных средств. Также спутниковое позиционирование часто применяется в сфере мобильной робототехнике.

В республике Беларусь с 2011 года действует Республиканская спутниковая система точного позиционирования (ССТП) с общим количеством постоянно действующих пунктов (ПДП) Спутниковой системы точного позиционирования равным 98.

Внедрение ССТП РБ позволило повысить качество выполняемых работ за счет использования высокоточных исходных данных, накапливаемых на ССТП. Все это подтверждает актуальность темы диссертации, равно как и запросы реального сектора экономики республики Беларусь в спутниковом позиционировании.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе дан краткий обзор глобальных навигационных систем на примере системы GPS.

Освещены темы состава глобальных систем спутникового позиционирования, методы определения расстояний от спутника до приемников, виды спутниковых приемников и стандартный формат коммуникации с приемниками, а также рассмотрен дифференциальный режим работы навигационных приемников.

В конце данной главы представлены показатели точности определения координат навигационных приемников и рассчитаны значения данных показателей на основе работы двух GPS приемников.

Из представленных в разделе 1.9 значений показателей точности работы двух недорогих GPS приемников видно, что точность этих приемников при работе в автономном режиме относительно невысока.

И хотя для некоторых сфер экономики такой точности бывает достаточно (позиционирование морских судов и некоторые другие), другие сферы применения где требуется спутниковое позиционирования требуют большей точности.

К таким сферам можно смело отнести и мобильную робототехнику, где в зависимости от специфики требуется точность не менее 1-2 метров.

Во второй главе данной работы рассматриваются теоретические основы дифференциальных методов определения координат навигационного приемника по кодовым измерениям.

А в третьей главе описывается постановка эксперимента определения координат методом “координатного сдвига”, который зачастую является приемлемым на коротких базовых линиях. Приемник UBlox-NEO7M выступал в качестве ровера, а приемник SIM808 был задействован в качестве базового приемника.

Для оценки ошибки нахождения координат ровера выбран следующий критерий:

$$dr = \sqrt{(X_{ЭТ} - X_{ВЫЧ})^2 + (Y_{ЭТ} - Y_{ВЫЧ})^2 + (Z_{ЭТ} - Z_{ВЫЧ})^2}, \quad (1)$$

То есть отклонение вычисленных координат от истинной точки (полученной от “Белгеодезии”).

Приведем полученные “диаграммы рассеивания” (рисунок 1 и 2).

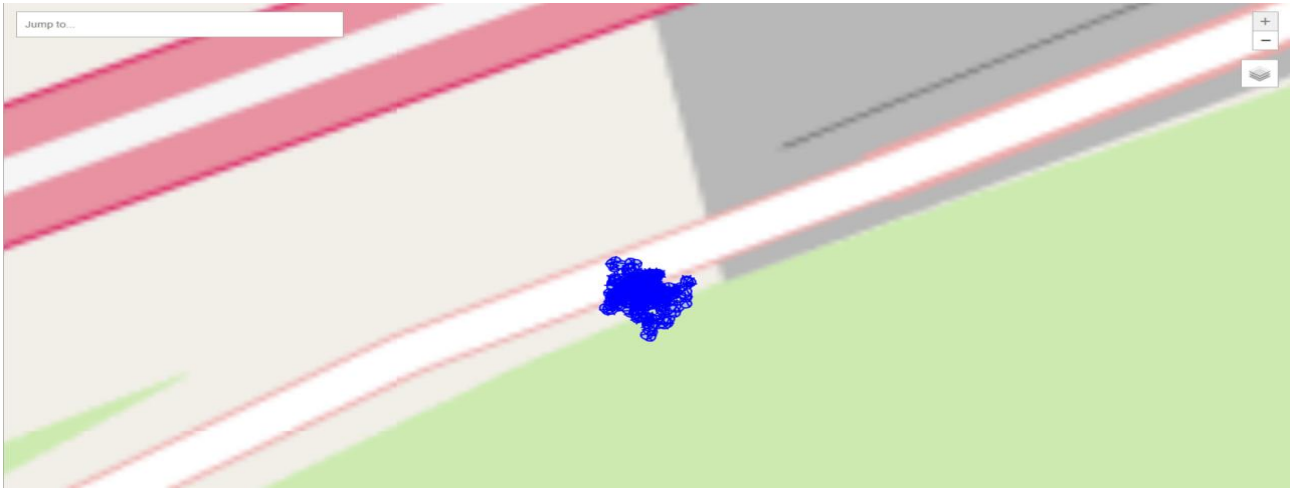


Рисунок 1 - Диаграмма рассеивания для вычисленных координат приемника UBlox-NEO7M

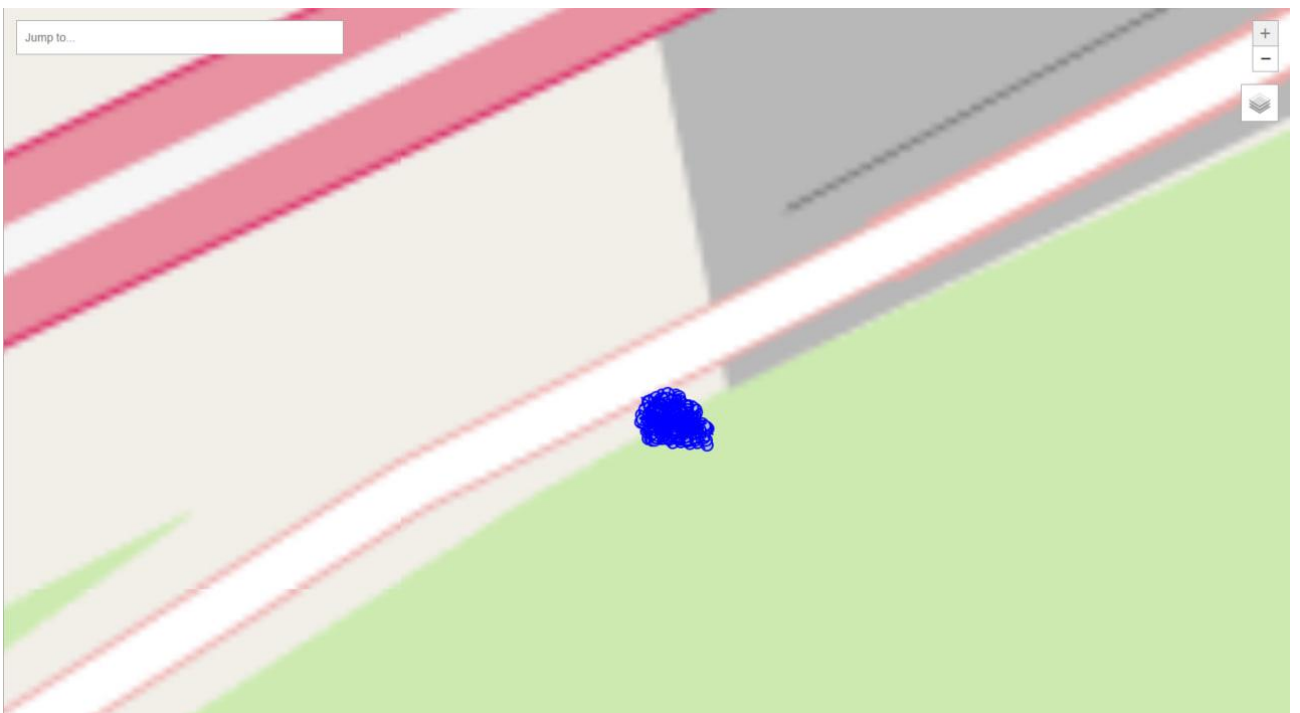


Рисунок 2 - Диаграмма рассеивания для скорректированных координат приемника UBlox-NEO7M

В программе Microsoft Excel были построены плотности распределения ошибки dr из формулы (1). Смотрите рисунки 3 и 4.

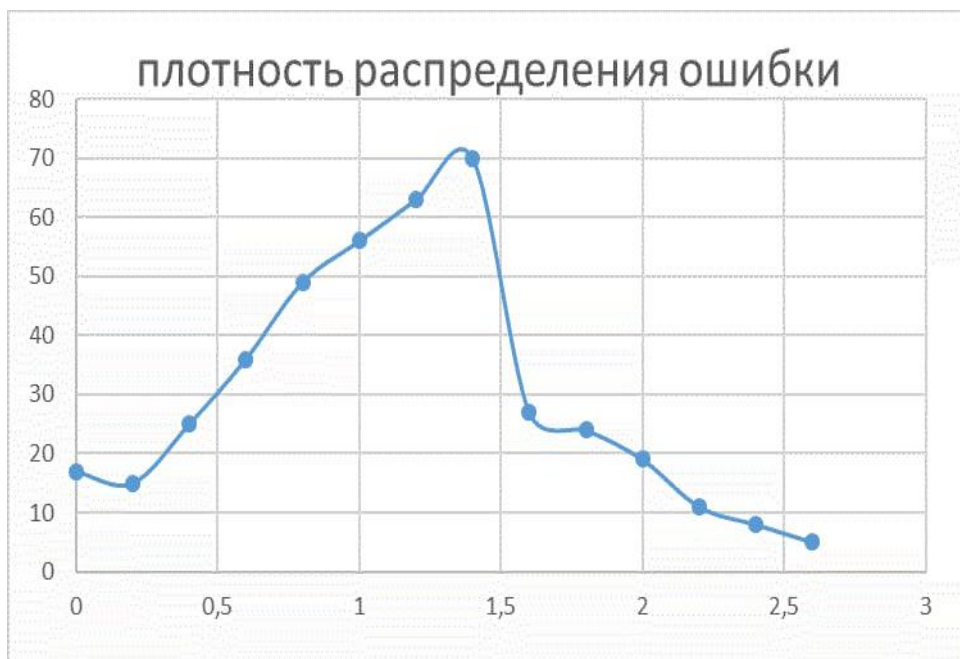


Рисунок 3 – Плотность распределения ошибки для координат приемника UBlox-NEO7M



Рисунок 4 – Плотность распределения ошибки для скорректированных координат приемника UBlox-NEO7M

В таблицах 1 и 2 приведены значения СЕР (кругового вероятностного отклонения) для приемника UBlox-NEO7M.

Таблица 1 - Значения показателей точности координат для приемника UBlox-NEO7M

Тип ошибки	Значение в метрах
СЕР (50%)	1,14
СЕР (90%)	1,88
СЕР(95%)	2,19
СЕР(98%)	2,28

Таблица 2 - Значения показателей точности скорректированных координат для приемника UBlox-NEO7M

Тип ошибки	Значение в метрах
СЕР (50%)	0,82
СЕР (90%)	1,83
СЕР(95%)	2,11
СЕР(98%)	2,32

Из рисунков 3 и 4, а также из таблиц 1 и 2 видно, что точностные характеристики нахождения координат приемника действительно увеличились при применении метода “координатного сдвига” по сравнению с автономным методом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В первой главе данной работы были рассмотрены общие характеристики работы систем глобального позиционирования на примере системы GPS. Были приведены способы измерений расстояний от приемника до спутников GPS. Были приведены источники ошибок при измерении расстояний от приемника до спутников. Рассмотрены виды навигационных приемников. Приведены принципы работы системы дифференциальной коррекции и каких видов они бывают. Были рассмотрены два популярных формата:

- формат получения вычисленных навигационных данных NMEA
- формат передачи поправок RTCM V2.

А конце первой главы рассмотрены меры точности при оценке качества позиционирования.

Во второй главе были приведены основные алгоритмы позиционирования:

- алгоритм расчета координат спутников по данным спутниковых сигналов;
- автономный метод решения навигационной задачи;
- метод координатного сдвига решения навигационной задачи в режиме DGPS;
- метод поправок к псевдодальностям сдвига решения навигационной задачи в режиме DGPS.

В данной работе разработан и исследован метод повышения точности позиционирования: метод координатного сдвига.

В ходе остановки эксперимента было рассчитаны показатели точности координат, вычисленных методом координатного сдвига для GPS приемника UBlox-NEO7M от эталонной точки.

Была продемонстрировано улучшение точности координат по сравнению с автономным методом. Полученная точность является вполне достаточной для применения данного метода позиционирования для некоторых систем мобильной робототехники, особенно на коротких базовых линиях.

СПИСОК ОБУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1-А. Ilya Nosurev, Mikhail Tatur. Application of satellite positioning in the navigation system of a mobile robot // Resi conference 2022, Netherlands.

2-а. М.М. Татур, А.Д. Кони́ков, И.Н. Носырев. Принципы работы и сравнение характеристик точности спутниковых приемников // Девятая международная научно-практическая конференция big data and advanced analytics, Минск, Беларусь, 17-18 мая 2023.

3-А. Aleksandr Konikov, Mikhail Tatur, Ilya Nosurev, Peter Sedlacek. Satellite navigation receivers // Accuracy measurements and principles of operation// The international Conference on Information and Digital Technologies 2023, Slovakia.