

Графовые базы данных упрощают разработку и запуск приложений, работающих с наборами сложносвязанных данных. Типичные примеры их использования – социальные сети, рекомендательные сервисы, системы выявления мошенничества, графы знаний.

Базы данных временных рядов – это специализированные СУБД для хранения проиндексированных по времени данных. Причины их появления – необходимость сбора, хранения и обработки больших массивов разных метрик (системы мониторинга), а также то, что реляционная модель в системах со сложной логикой и высокими объемами поступающих разнородных метрик – не самый практичный выбор.

Таким образом, современные нереляционные базы данных оптимизированы для приложений, которые работают с чрезвычайно большими объемами данных, нуждаются в низкой задержке или гибких моделях представления данных, что достигается ценой смягчения жестких требований к непротиворечивости и согласованности данных, характерных для реляционных СУБД, и выражается в невозможности достижения сравнимой с ними универсальности.

#### Список цитированных источников

1. Knowledge Base of Relational and NoSQL Database Management Systems. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://db-engines.com/en/> – Дата доступа: 06.11.2018.

2. Introduction to Time Series Database. Режим доступа: <https://www.linkedin.com/pulse/introduction-time-series-database-pinglei-guo/> – Дата доступа: 15.09.2019.

УДК 004.67

## ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРА КАЛМАНА В ЗАДАЧЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕОКООРДИНАТ

*Ковалюк П. А.*

*Брестский государственный технический университет, г. Брест, Беларусь*

*Научный руководитель: Кузьмицкий Н. Н., канд. тех. наук*

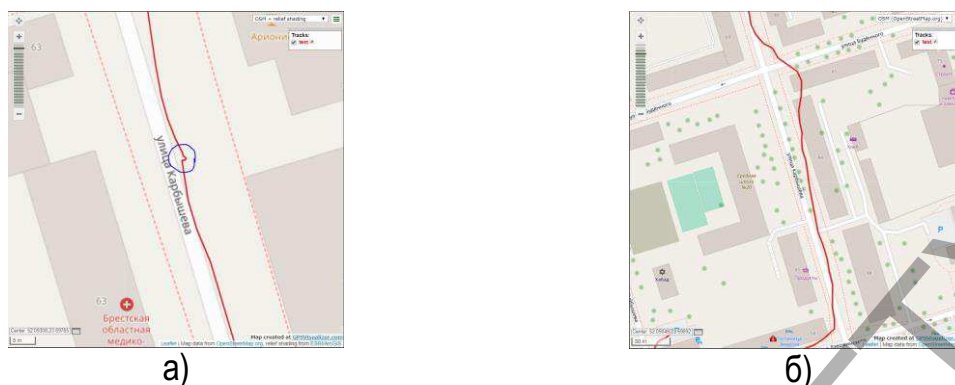
### Введение

Проблемы определения координат можно классифицировать следующим образом:

- выбросы координат;
- «блуждание» координат при нулевой или близкой к нулю скорости;
- отклонение координат вблизи высотных зданий;
- ошибка времени фиксации координат.

Под выбросами понимают ошибочные данные, не отражающие реальную ситуацию, которые были получены в результате технической ошибки аппаратуры, входящей в состав терминала или алгоритмической ошибки модуля определения координат 1.

Отклонение координат вблизи высотных зданий также наблюдается при отражении сигнала от зданий, что приводит к смещению объекта от реального местоположения.



**Рисунок 1 – Примеры проявления выброса координат (а) и отклонения координат вблизи многоэтажных зданий (б)**

### Постановка задачи

Требуется решить задачу уточнения местоположения объекта, которая заключается в восстановлении ошибочных координат, возникших в результате выбросов. В качестве входных данных, для большей наглядности, будем использовать траекторию движения по прямой. В качестве основного средства решения был выбран фильтр Калмана, который успешно применяется в задачах геопозиционирования [1].

Предположим, что требуется определить координаты транспорта, который движется равноускоренно, и его координаты изменяются по определенному закону. Однако невозможно учесть все факторы, которые влияют на объект движения (ветер, ухабы и т. д.), поэтому все неизвестные величины обобщим в одну случайную величину:

$$x_{k+1} = x_k + v_k \cdot dt + \xi_k, \quad (1)$$

где  $\xi_k$  – погрешность, выраженная случайной величиной;

$x_{k+1}$  – следующая координата;

$x_k$  – текущая координата;

$v_k \cdot dt$  – расстояние, пройденное за время  $t$ , при скорости движения  $v_k$ .

С другой стороны, имеются координаты, полученные при помощи модуля определения геокоординат. Однако они так же неточны, ввиду присутствия погрешности:  $z_k = x_k + \eta_k$  (где  $z_k$  – координата, определяемая приемником координат,  $x_k$  – истинное значение координаты,  $\eta_k$  – ошибка определения координаты).

Величину ошибки модуля определения координат примем за 5.3 метра, что является усредненным значением ошибок определения координат GPS и ГЛОНАСС. Применение фильтра Калмана для решения данной задачи сводится к тому, чтобы найти наилучшее приближение к реальному значению, которое находится между неточным показанием координат, полученных с модуля их приема, и между расчетным значением, вычисленным, исходя из закона движения объекта.

### Предлагаемое решение

Задача фильтра Калмана в том, чтобы найти оптимальное значение между показанием модуля получения координат и расчетным значением, определенным согласно закону, которому подчиняется система.

Работу фильтра Калмана можно разделить на два этапа. Первый этап заключается в прогнозировании состояния, которое примет наблюдаемый объект. Второй этап заклю-

чается в уточнении состояния, которое производится по результату измерения. Данный фильтр имеет пошаговую природу, что позволяет в реальном времени определить состояние объекта, при этом сгладить выбросы координат вблизи многоэтажных зданий.

На языке программирования Java был разработан модуль восстановления геокоординат, выполняющий преобразование геокоординат в соответствии со схемой, представленной на рисунке 2. Для проведения экспериментальной работы была собрана выборка из 135 точек координат, полученных в реальных условиях. Период измерения координат составил одну секунду. Помимо значений геокоординат, также фиксировалось ускорение объекта движения.

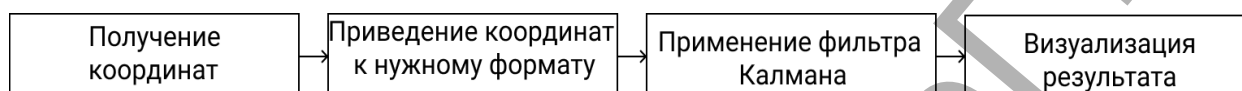


Рисунок 2 – Схема решения проблемы определения координат

Для оценки качества восстановления воспользуемся метриками MSE (Mean Squared Error) и MAPE (Mean Absolute Percentage Error):

$$MSE = \frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2; \quad (2)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \cdot 100, \quad (3)$$

где  $A_t$  – действительное значение;

$F_t$  – приближенное значение.

В результате вычислений получена следующая оценка метрик:  $MSE = 1,099 \cdot 10^{-6}$ ,  $MAPE = 0,00167$ , что подтверждает эффективность применения фильтра Калмана для восстановления геокоординат, полученных при движении по прямой траектории (рисунок 3).

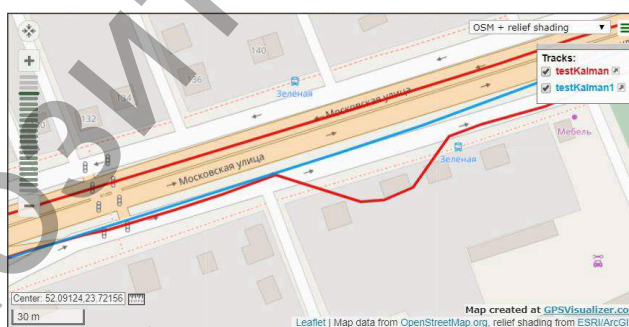


Рисунок 3 – Пример результата восстановления геокоординат

## Вывод

Таким образом, проведенное исследование показало, что фильтр Калмана решает проблему выбросов при достаточной выборке при движении по прямой траектории. В качестве направления дальнейшего продолжения исследования рассматриваются проблемы восстановления геокоординат вблизи поворотов и уточнения маршрута по более сложной траектории, для чего планируется использовать методы машинного обучения.

В настоящее время ведется работа по накоплению выборки данных для апробации этих методов.

**Список цитированных источников**

1. Хруль, С.А. Адаптивный алгоритм обработки потока навигационных данных на основе метода диагностической фильтрации / С.А. Хруль, Д. М. Соськин // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – № 5. – С. 217-222. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL. <http://cyberleninka.ru/article/n/adaptivnyy-algoritm-obrabotki-potokanavigatsionnyh-dannyh-na-osnove-metoda-diagnosticheskoy-filtratsii> – Дата доступа: 13.10.2019.
2. Testing Kalman Filter for GPS data [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/Bresiu/KalmanFilter> – Дата доступа: 15.10.2019.
3. Make an HTML Map (Google/Leaflet) from a GPS file [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gpsvisualizer.com/> – Дата доступа: 16.10.2019.

УДК 004.2

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭРГОНОМИЧНЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ  
НА УПРАВЛЕНИЕ КУРСОРОМ****Кузьменко А. А., Маркина А. А., Рабчук А. А., Хомюк С. Г.***Брестский государственный технический университет, г. Брест, Беларусь  
Научный руководитель: Костюк Д. А., канд. техн. наук, доцент*

Изначальный дизайн манипуляторов типа «мышь», включая как прототипы Херох, так и абсолютное большинство моделей начала 1980-х, был четко ориентирован в первую очередь на инженерно-технические решения, а не эргономику, и по мере развития графических интерфейсов данный факт входил во все более сильное противоречие с тенденцией отказа от клавиатурного ввода в пользу указательных устройств.

Сегодня среднее время активного использования мыши превышает аналогичный параметр для клавиатуры почти в три раза [1]. Еще более важны вопросы эргономики для игровых мышей, учитывая связанные с ними периоды интенсивной эксплуатации. При использовании типичной мыши локтевая и лучевая кости руки скрещены, что создает проблемы при регулярных нагрузках.

Для нивелирования проблем, связанных с туннельным синдромом запястий, артритом и др. травмами от повторяющихся нагрузок, в конструкции ряда современных эргономичных мышей для достижения более естественного положения предусмотрен разворот кисти руки на угол, приближенный к вертикальной плоскости. Также в ряде конструкций предусмотрено ограничение движений запястья. Производители некоторых мышей предусматривают возможность регулировки формы (съёмные и/или удлиняемые опоры для запястья, опоры для большого пальца и мизинца). Подавляющее большинство эргономичных манипуляторов асимметрично, из-за чего требуется приобретать правильную модификацию изделия в зависимости от того, левая или правая рука является рабочей. Также остаются открытыми вопросы производительности работы оператора при использовании манипуляторов с перечисленными конструктивными решениями. В итоге, в сочетании с меньшими объёмами партий (а значит, более высокой отпускной ценой), это не способствуют их массовому применению.

Настоящее исследование призвано оценить как субъективное восприятие пользователями эргономичных манипуляторов различной формы, так и эффективность работы оператора при выполнении типовых задач перемещения курсора.