МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

**«Дальневосточный федеральный университет»**

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**Кафедра информатики, математического и компьютерного моделирования**

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

по дисциплине «Численные методы»

Специальность 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

на тему **«Восстановление движения кузова автомобиля с помощью датчиков мобильного устройства»**

Выполнили студенты гр. Б8203а

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.Э. Ситяев

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_М.Д. Коберский

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_А.Е. Могилёвкин

Проверил  
\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Зачтено/не зачтено

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

г. Владивосток

20\_\_\_

Оглавление

[Аннотация 3](#_Toc517013090)

[Введение 4](#_Toc517013091)

[1.2 Глоссарий 4](#_Toc517013092)

[1.3 Описание предметной области 5](#_Toc517013093)

[Постановка задачи 6](#_Toc517013094)

[2.1 Требования к системе 6](#_Toc517013095)

[2.2 Обзор существующих решений 7](#_Toc517013096)

[Математическая часть 8](#_Toc517013097)

[3.1 KALMAN FILTER 9](#_Toc517013098)

[3.2 Поиск ближайшего соседа 11](#_Toc517013099)

[Реализация 13](#_Toc517013100)

# Аннотация

В работа рассматриваются методы обработки данных, поступающих от датчиков GPS, компаса, магнитометра и гироскопа, которые присутствуют в мобильном устройстве. Обработка данный предполагает фильтрацию исходных данных и их корректировку, так как поступающие данным имеют некоторую погрешность. Затрагиваются вопросы синхронизации поступающих данный, построение отчетов после обработки поступивших данных, хранение, поиск, выполнение операций над ними.

# Введение

Данная работа состоит из 5 основных глав. В первой главе приводится описание предметной области и актуальность проекта в настоящее время. Рассматриваются основные термины, необходимые для описания проекта и теоретической базы.

Во второй главе подробно ставится задача, которую должен решать реализуемый сервис. Ставятся строгие требования к системе, накладываются ограничения на функциональность сервиса. Так же рассматриваются существующие аналоги похожих проектов, рассматриваются их преимущества и недостатки.

В третьей главе подробно описана математическая и алгоритмическая часть проекта. Подробно описаны алгоритмы и интересные решения, применяемые в проекте. Рассказывается про технологии получения, хранения и анализа данных.

В четвертой главе описывается реализация сервиса. Структурируется вышеперечисленные методы сбора и анализа данных. Рассказывается про использованные фреймворки.

В последней главе приводится код готового приложения. Показывается интерфейс сервиса.

## 1.2 Глоссарий

*Дорожных граф* – классический граф, снабженный информацией о направлении движения, траектории и координатах точек.

*GPS (Global Positioning System)* глобальная система позиционирования.

*Дрифт (англ. Drift)* — техника прохождения поворотов и вид автоспорта, характеризующиеся использованием управляемого заноса на максимально возможных для удержания на трассе скорости и угла к траектории.

## 1.3 Описание предметной области

Развитие автомобильной культуры повлекло за собой появление новых видов автоспорта, таких как дрифт. Изначально дрифт как спорт появился в [Японии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%8F). Так как дрифтинг начал развитие сразу в нескольких городах Японии, то точное место его рождения определить нельзя. В истории происхождения дрифта известны такие города, как Ирохазака, Роккосан, Хаконе и все возможные холмистые дороги в Нагано. За последние 50 лет этот спорт вышел на мировую арену, появляется все больше соревнований, спонсоров, участников. При оценке выступления гонщика учитывается несколько параметров:

* траектория прохождения оцениваемого участка трассы — существуют специально обозначенные судьями точки (участки, траектория, зоны), проезжая рядом с которыми водитель может получить максимальное количество очков, или получить штрафные очки - совершая ошибки;
* угол заноса при движении по оцениваемому участку — чем больше, тем выше оценка;
* скорость движения;
* зрелищность и стиль (оценивается дополнительно).

Если участники не смогли превзойти один другого, то проводится ряд дополнительных заездов, пока превосходство не будет очевидным. При этом, если зрители не согласны с вынесенным судьями решением, они могут его опротестовать возгласами и неодобрительным гулом. Однако, согласно нашему исследованию, процедуру оценивания выступлений можно упростить, при помощи мобильного приложения, которое само сможет всё проанализировать.

# Постановка задачи

Требуется спроектировать систему, основной задачей которой будет оценка полученный данных с устройства пользователя. Таким образом будет исключена возможность ошибки в судействе.

Предполагается, что существует клиентская сторона с датчиком GPS, компасом и магнитометром. В качестве устройства, снабженного такими датчиками, может выступить сотовый телефон на платформе iOS/Android снабженный 2g/3g/4g…, совместно с Wi-Fi модулями.

Основной проблемой анализа полученный данных являются погрешности этих данный, возникающие вследствие особенности работы модуля GPS, подверженность встроенных датчиков изменению магнитного поля, а также очень низкая частота обновления данных, порядка 1 герца. Возникают погрешности в определении положения автомобиля в текущий момент времени и, следовательно, заведомо неправильное или вовсе неверное построение траектории движения, что недопустимо в данной предметной области.

Существует множество приборов с возможностью более точно и с большей частотой определять положение точки в пространстве, что влияет на конечную стоимость продукта. В данной работе будет использоваться доступные и распространенные устройства. Полученные данные в on-line режиме будут обрабатываться на устройстве клиента, в большинстве случаев это телефон, планшет на базе iOS или Android. В результате обработки можно будет просмотреть всю траекторию движение, изменение вектора движения транспортного средства от заданного вектора, скорость в каждый момент времени и оценку пройденной дистанции.

## 2.1 Требования к системе

Необходимо сформировать систему, которая удовлетворяла бы следующим требованиям:

* Доступность
* Масштабируемость

ДОСТУПНОСТЬ предполагает, что каждый человек, который обладает сотовым телефоном, смог бы использовать данное решения для определенных задач, в частности улучшать свои навыки в дрифте.

МАСШТАБИРУЕМОСТЬ возможность внедрения в систему более продвинутых технологий, улучшение алгоритмов обработки данных, статистические сборы информации и увеличение покрытия системы.

## 2.2 Обзор существующих решений

Drifty: real-time drift monitor - Наиболее близкий аналог данного приложения. Основная идея – измерение разницы между вектором направления, полученного с помощью GPS и гироскопа телефона.

Других доступных аналогов на данный момент в мире нет.

# Математическая часть

В основу решения поставленной задачи легла следующая идея:

Для корректной работы системы необходима преждевременная калибровка траектории, другими словами, необходимо построить дорожный граф, где вектор скорости будет точно совпадать с направлением движения транспортного средства, а отклонение транспортного средства от заданного курса будет стремиться к нулю. Таким образом, прежде чем приступить к измерению и оцениванию дрифт-круга необходимо проехать всю трассу с наименьшей скоростью, точно по центру, не пуская машину в дрифт. Данная операция гарантирует сохранение достаточного количество опорных точек, курса транспортного средства, и, следовательно, можно будет построить наиболее близкую к действительности траекторию трассы. Статические данные будут храниться в оперативной памяти мобильного устройство, поскольку необходимый формат данных для хранения координат весит порядка 4 байт, то сервис будет крайне неприхотлив к ресурсам мобильного устройства.

Далее пользователю необходимо сообщить устройству о начале прохождения трассы. На этом этапе устройство старается с максимальной точностью запомнить GPS координаты, показания компаса и магнитометра.

Так как основной проблемой для реализации данной идеи является погрешности данных, возникающие вследствие особенности работы модуля GPS и также очень низкая частота обновления данных (1 герц), то необходимо каким-либо способом фильтровать данные. Нужно это для построения траектории движения с наиболее низкой погрешностью координат и вектора скорости. Для решения этой проблемы используется алгоритм фильтрации – Kalman filter.

## 3.1 **KALMAN FILTER**

Решение проблемы недостаточной точности полученных координат – применить фильтрацию с помощью Kalman filter.

Задача фильтрации — это не задача сглаживания. Мы не стремимся сглаживать данные с сенсора, мы стремимся получить наиболее близкое значение к реальной координате .

У нас есть установленный мобильном устройстве GPS сенсор, который пытается мерить истинную координату , и, конечно же, не может ее померить точно, а мерит с ошибкой , которая является тоже случайной величиной. В итоге с сенсора мы получаем ошибочные данные:

Задача состоит в том, что, зная неверные показания сенсора , найти хорошее приближение для истинной координаты машины . Это хорошее приближение мы будем обозначать как  . А член, отвечающий за контроль системы извне, мы обозначим за https://habrastorage.org/files/852/9dc/888/8529dc8882cc4203a81a1a03abb2e675.latex , тогда получим . Уравнения для координаты и показания сенсора будут выглядеть так:

(1)

 — это известная величина, которая контролирует эволюцию системы. Мы ее знаем из построенной нами физической модели.

Ошибка модели  и ошибка сенсора  — случайные величины. И их законы распределения не зависят от времени (от номера итерации https://habrastorage.org/files/bad/aa5/f1d/badaa5f1dbb044f7837e8bb34938f793.latex).

Средние значения ошибок равны нулю:  .

Сам закон распределения случайных величин может быть нам и не известен, но известны их дисперсии   и . Заметим, что дисперсии не зависят от , потому что законы распределения не зависят от него.

Предполагается, что все случайные ошибки независимы друг от друга: какая ошибка будет в момент времени  совершенно не зависит от ошибки в другой момент времени .

Представим, что на -ом шаге мы уже нашли отфильтрованное значение с сенсора , которое хорошо приближает истинную координату системы . Не забываем, что мы знаем уравнение, контролирующее изменение нам неизвестной координаты:

Поэтому, еще не получая значение с сенсора, мы можем предположить, что на шаге  система эволюционирует согласно этому закону и сенсор покажет что-то близкое к . К сожалению, пока мы не можем сказать ничего более точного. С другой стороны, на шаге  у нас на руках будет неточное показание сенсора . Идея Калмана состоит в том, что чтобы получить наилучшее приближение к истинной координате , мы должны выбрать золотую середину между показанием  неточного сенсора и  
  — нашим предсказанием того, что мы ожидали от него увидеть. Показанию сенсора мы дадим вес  а на предсказанное значение останется вес :

Коэффициент  называют коэффициентом Калмана. Он зависит от шага итерации, поэтому правильнее было бы писать , но пока, чтобы не загромождать формулы расчетах, мы будем опускать его индекс.   
Мы должны выбрать коэффициент Калмана https://habrastorage.org/files/45f/c7c/e04/45fc7ce045b0457ebce0da4919fc3c5b.latex таким, чтобы получившееся оптимальное значение координаты  было бы наиболее близко к истинной координате . К примеру, если мы знаем, что наш сенсор очень точный, то мы будем больше доверять его показанию и дадим значению https://habrastorage.org/files/bbd/951/eb9/bbd951eb93d442b69310be390834d58c.latex больше весу (https://habrastorage.org/files/45f/c7c/e04/45fc7ce045b0457ebce0da4919fc3c5b.latex близко единице). Если же сенсор, наоборот, совсем не точный, тогда больше будем ориентироваться на теоретически предсказанное значение .  
В общем случае, чтобы найти точное значение коэффициента Калмана https://habrastorage.org/files/45f/c7c/e04/45fc7ce045b0457ebce0da4919fc3c5b.latex, нужно просто минимизировать ошибку:

Используем уравнения (1) чтобы переписать выражение для ошибки:  
Далее минимизируем квадрат ошибки:

Распишем последнее выражение:

Это выражение принимает минимальное значение, когда

Получили выражение для коэффициента Калмана с индексом шага **.**

Подставляем в выражение для среднеквадратичной ошибки  минимизирующее ее значение коэффициента Калмана . Получаем:

Таким образом наша задача решена. Мы получили итерационную формулу, для вычисления коэффициента Калмана. В дальнейшем это поможет нам приблизить полученные координаты к действительным и построить наиболее точную траекторию движения.

## **3.2 Поиск ближайшего соседа**

Следующая проблема состоит в том, чтобы найти среди всех сохранённых координат ближайшую к вновь поступившей. Так как количество изначально сохраненных координат среднем будет не критически большим, то можно сделать следующее:

После калибровки трассы мы имеем массив координат. Сначала мы ищем точку, наиболее близкую к вновь поступившей () , запонимаем индекс этой точки , и в дальнейшем, для того чтобы избежать слишком большой погрешности, ищем ближайшую к следующей поступившей точки в радиусе , то есть .

Такой способ позволяет достаточно точно определить наиболее подходящую координату для дальнейшей работы с ней.

# Реализация

На данном этапе мы соберем весь материал в единое целое. Для начала мы сообщаем пользователю, что необходимо построить идеальным макет трассы, пользователю следует сообщить сервису, что начинается этап калибровки. Затем пользователь проезжает на транспортном средстве всю трассу с как можно меньшей скоростью. С максимальной частотой устройство запоминает вновь приходящие с датчика GPS координаты, показания компаса и гироскопа. Вновь приходящие GPS координаты обрабатываются с помощью фильтра Калмана в режиме реального времени. Таким образом у нас формируются максимально точные входные данные для моделирования траектории трассы.

Следующий этап заключается в прохождении этой же трассы, но уже в дрифте, это тот случай, когда направление транспортного средства не будет соответствовать вектору скорости. Сервис так же с максимально возможной частотой будет считывать показания датчиков GPS, компаса и гироскопа. Полученные координаты будут обрабатываться фильтром Калмана и далее сохраняться. Показания компаса и гироскопа помогу в дальнейшем определить угол заноса транспортного средства, чтобы это можно было сделать с максимально точностью, мы будем искать ближайшую уже сохраненную координату к вновь поступившей с помощью алгоритма нахождения ближайшего соседа, и сравнивать показания гироскопа и компаса.

Таким образом после завершения прохождения дистанции у нас будет достаточно информации для формирования полного отчета. Будет известно время движения транспортного средства в состоянии дрифта, средняя скорость, средний и максимальный угол заноса. Будет возможность воспроизвести траекторию движения транспортного средства.

# Исходный код программы

Программа написана под платформы iOS и Andriod

Но на самом деле у нас нихуя нет и вообще хз что за хуйню я написал.

Конец сосача.