

Step detection via deep learning

А. В. Филиппова¹, Т. Гадаев¹, В. В. Стрижов¹

¹Московский физико-технический институт

В данной работе рассматривается задача предсказания траектории человека по показаниям акселерометра и гироскопа, которые установлены в телефоне. Так как система отсчета, связанная с устройством, постоянно вращается и движется ускоренно относительно мировой системы, поставленная задача не является тривиальной. Существует много различных необучаемых алгоритмов для описания траектории человека. Минус этих алгоритмов в том, что модель не может подстраиваться под конкретную постановку задачи и учитывать детали (пол, возраст, особенность походки объекта). В данной работе предлагается нейросетевой подход для решения задачи, а также описываются полезные эвристики.

Наше исследование можно разделить на три логические части: проектирование устойчивых к ошибкам гироскопов кватернионов, прогнозирование изменения положения на фиксированном периоде с помощью различных нейронных сетей и применение идеи детекции шагов с целью улучшения показаний модели и уменьшения дрефта.

Ключевые слова: акселерометр и гироскоп; детекция шагов ;кватернионы; дрефт; нейросетевой подход; предсказание траектории

1 Введение

Задача точного определения положения смартфона в пространстве, и, как следствие, оценка местоположения объекта решается с высокой точностью на открытых площадках с использованием GPS [1]. Современные технологии демонстрируют отличные результаты при отклонении менее чем на несколько метров [2]. Однако у системы есть недостаток: она требует открытого пространства между устройством и спутником для передачи радиосигналов. В реальном мире нас часто окружают деревья, неровности ландшафта, высокие здания. Качество геолокации снижается из-за отражения радиоволн. Например, использование GPS для отслеживания траекторий внутри зданий практически бесполезно [3]. В этом случае используются методы, основанные на данных других датчиков. Наиболее распространенными датчиками IMU смартфона являются гироскоп, магнитометр и акселерометр. Основной проблемой такого подхода является накопление ошибок позиционирования из-за дрейфа, вызванного несовершенствами и шумом в датчиках (тут будет ссылка на статью моего куратора, которая пока не была опубликована). В данной работе предлагается помимо методов, описанных в статье (тут будет ссылка на статью моего куратора, которая пока не была опубликована) использовать детекцию шагов с целью улучшения показаний модели и уменьшения дрефта.

2 Постановка задачи

Задача состоит в том, чтобы найти суперпозицию функций, которые мы обозначим как F_{tr+st} , которая преобразует данные датчиков в оценку траектории, которая будет близка к истинной, а также дает оценку вероятности совершения шага вдоль траектории в каждый момент времени.

$$\arg \min_{F_{tr+st}} \mathcal{L}(F_{tr+st}(\mathcal{A}, \mathcal{W}), \mathcal{T}, \mathcal{S}) \quad (1)$$

В качестве функции потерь предлагается использовать комбинированную функцию $\mathcal{L}(F_{tr}(\mathcal{A}, \mathcal{W}), \mathcal{T}, \mathcal{S}) = \text{MSE}(F_{tr}(\mathcal{A}, \mathcal{W}), \mathcal{T}) + \text{BCElogloss}(F_{st}(\mathcal{A}, \mathcal{W}), \mathcal{S})$.

Данная функция потерь позволяет обучить модель таким образом, чтобы для вещественных выходов модели решалась задача регрессии, для категориальных - классификации.

3 Данные

В эксперименте мы использовали набор данных RuDaCor [4]. Данные состоят из 1200 измерений траекторий для разных положений смартфона (в руке, в сумке, в кармане брюк). Для каждого объекта сняты показания акселерометра, гироскопа, координаты человека в мировой системе отсчета, состояние правой и левой ног (0 - поднята, 1 - на земле). При сборке данных соблюдены следующие требования:

1. Траектории находятся на плоских горизонтальных поверхностях - нет лестниц или значительных изменений высоты ландшафта.
2. Все траектории замкнуты. Это означает, что точка начала равна точке финиша. Участников попросили использовать маркер для отметки положения старта, что позволяет утверждать, что разница в исходном и финишном положениях не более 5 см для каждой ноги.
3. Участники только ходили, другого движения (прыжков/бега) не было.
4. Участники не были ограничены в скорости движения.

Пример показаний акселерометра представлен на изображении 1.

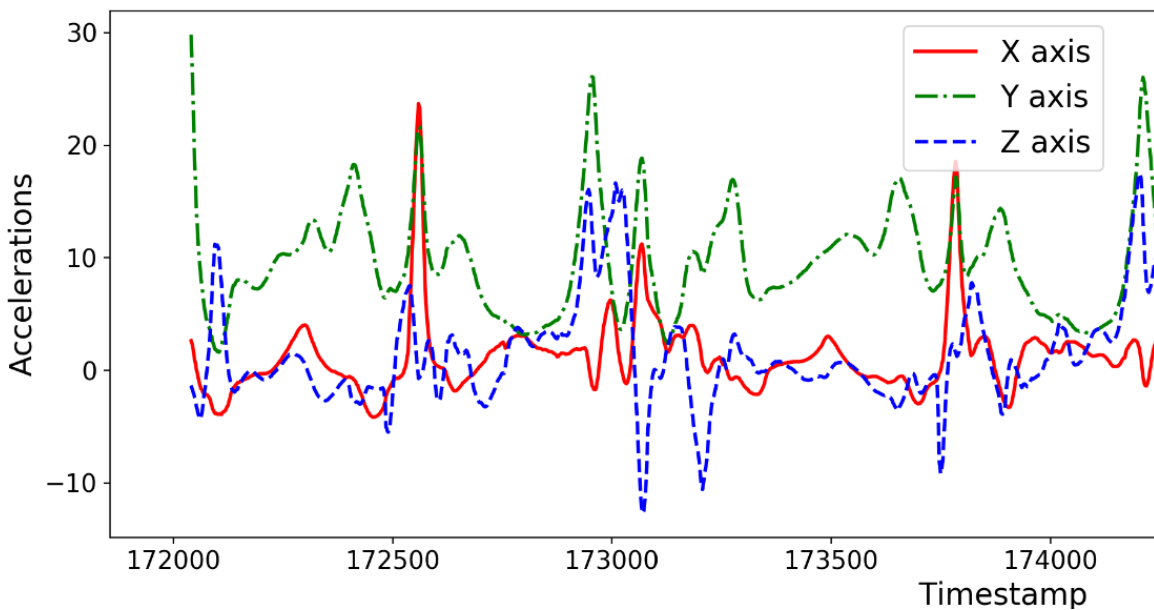


Рис. 1 Пример показаний акселерометра

4 Эксперимент

4.1 Архитектура

Известно, что сверточные сети умеют хорошо выявлять локальную информацию в поданных объектах благодаря обучаемому скрытому представлению (детекция изображений, сегментация изображений). Рекуррентные нейронные сети хорошо подходят для задач регрессии временных рядов, так как имеют способность "хранить" информацию. В данной статье предлагается использовать некоторую модификацию известной архитектуры ResNet, состоящей из чередования сверточных слоев, пулингов и residual block - техника позволяющая решать проблему "утекающего градиента". Наша архитектура ResNetLSTM - сетка, в которой последовательно соединены ResNet и двухслойная LSTM. Архитектура сетки представлена на изображении 2.

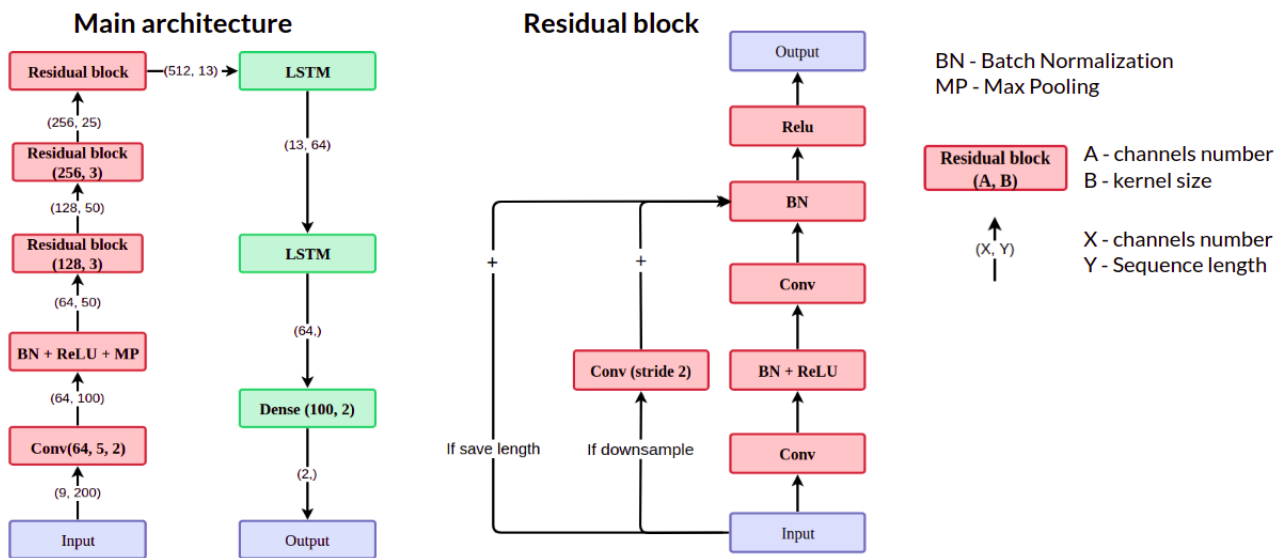


Рис. 2 Схема нейронной сети

4.2 Обучение

На изображение 3 представлен график лосса обучения и валидации сетки.

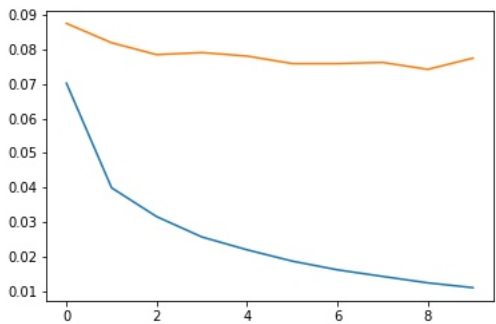


Рис. 3 Лосс во время обучения и валидации.

4.3 Результаты

Пример предсказания.

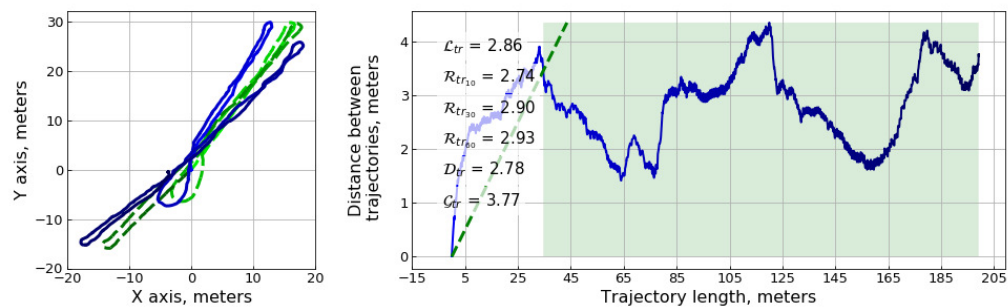


Рис. 4 Пример предсказанной траектории.

Литература

- [1] AH Mohamed and KP Schwarz. Adaptive kalman filtering for ins/gps. *Journal of geodesy*, 73(4):193–203, 1999.
- [2] Wan Rahiman and Zafariq Zainal. An overview of development gps navigation for autonomous car. In *2013 IEEE 8th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*, pages 1112–1118. IEEE, 2013.
- [3] George Dedes and Andrew G Dempster. Indoor gps positioning-challenges and opportunities. In *VTC-2005-Fall. 2005 IEEE 62nd Vehicular Technology Conference, 2005.*, volume 1, pages 412–415. Citeseer, 2005.
- [4] Andrey Bayev, Ivan Chistyakov, Alexey Derevyankin, Ilya Gartseev, Alexey Nikulin, and Mikhail Pikhletsky. Rudacop: The dataset for smartphone-based intellectual pedestrian navigation. In *2019 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)*, pages 1–8. IEEE, 2019.

Поступила в редакцию