

Определение местоположения с помощью инерционных датчиков

Зайнулина Э., Киселёва Е., Фатеев Д., Божедомов Н.,
Толканев А., Ночевкин В., Протасов В., Рябов А.

Московский физико-технический институт

9 декабря 2018 г.

Цель

Увеличение точности позиционирования в помещениях и других условиях, когда глобальная навигационная система не может быть использована, с использованием только инерционных датчиков телефона.

Основная статья

Hang Yan, Qi Shan, and Yasutaka Furukawa. Ridi: Robust imu double integration. CoRR, abs/1712.09004, 2017.

Дополнительная статья

Boyuan Wang, Xuelin Liu, Baoguo Yu, Ruicai Jia, and Xingli Gan. Pedestrian dead reckoning based on motion mode recognition using a smartphone. Sensors, 18(6):1811, 2018.

Модель

$$f : X \rightarrow Y$$

$X \in \mathbb{R}^{N \times T}$ - матрица признаков.

- Объект - положение в определенный момент времени i .
- Признаки объекта - угловые скорости и линейные ускорения в стабилизированной системе координат датчиков в моменты времени $i - window_size, \dots, i$, где $window_size$ - размер окна (равен 200).

$Y \in \mathbb{R}^{2 \times T}$ - траектория пешехода, $y(t)$ - координаты пешехода в момент времени t .

Подзадачи

- 1 Определение класса P - местоположения датчика: рука, нога, сумка, тело. ($P = \{0, 1, 2, 3\}$)
- 2 Предсказание траектории на основе полученного класса

$$f \rightarrow f_1 f_2$$

$$f_1 : X \rightarrow P = \{0, 1, 2, 3\}$$

$$f_2 : X, P \rightarrow Y$$

Метод, используемый в решении

- Для классификации - SVM-классификатор
- Для регрессии - SVM- регрессор

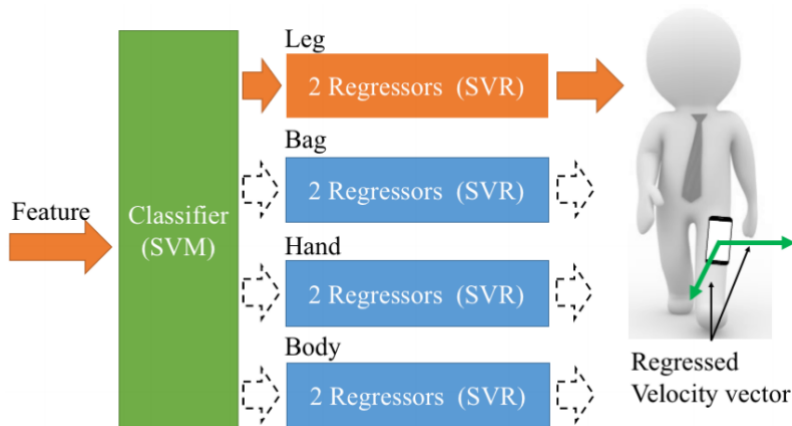
Ядро:

$$K(x, x') = \exp(-\gamma \|x - x'\|^2)$$

Оценка качества модели

Критерий суммы квадратов отклонений предсказанных скоростей от истинных, а также корреляция между предсказанной и истинной траекториями пешехода.

Базовая модель



Корректировка предсказанных скоростей

$$\min_{\{x_I^1, x^{51}_I, \dots\}} V_{bias} = \min_{\{x_I^1, x^{51}_I, \dots\}} \sum_{f \in F_2} \|v_C^f - v_R^f\| + \lambda \sum_{f \in F_1} \|x_I^f\|^2,$$

$$v_C^f = R_{SW}^f \sum_{f'=1}^f R_{WI}^{f'} (a_I^{f'} + x_I^{f'}),$$

где x_I^f - смещение ускорения, f - единица блока выборки, F - блок выборки, v_C^f - скорректированное значение скорости, v_R^f - предсказанное значение скорости, I - система координат устройства, W - глобальная система координат, S - IMU-стабилизированная система координат, R_{AB} - матрица перехода из системы координат B в систему координат A .

Цель

Найти оптимальные параметры моделей

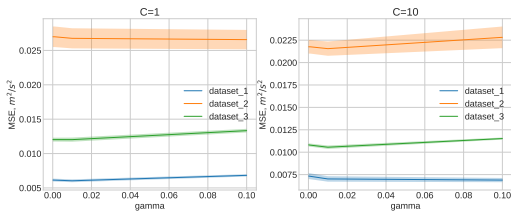
Оптимизируемые параметры

Был произведён поиск по сетке коэффициента штрафа C и γ :

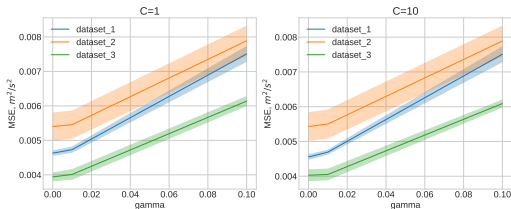
- $C \in [1, 10]$,
- $\gamma \in [0.0001, 0.001, 0.01, 0.1]$.

Качество получаемых моделей измерялось с помощью кросс-валидации.

Базовый эксперимент

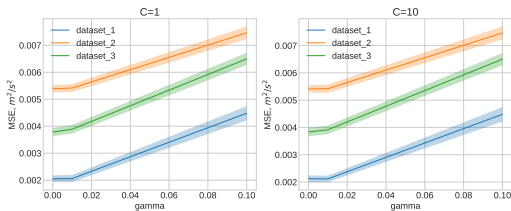


Рука

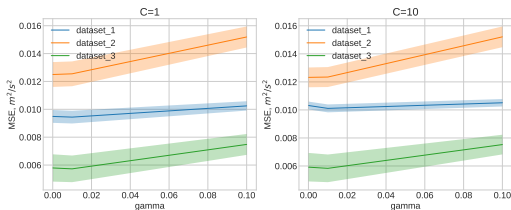


Нора

Базовый эксперимент



Тело



Сумма

Таблица: Зависимости MSE (m^2/s^2) от параметров моделей для выборки 1

Регрессор	C=1		C=10	
	$\gamma = 0.001$	$\gamma = 0.01$	$\gamma = 0.001$	$\gamma = 0.01$
Сумка, 0	0.00948	0.00944	0.01029	0.00703
Тело, 0	0.00205	0.00448	0.00212	0.00212
Рука, 0	0.00613	0.00604	0.00731	0.00702
Нога, 0	0.00464	0.00473	0.00457	0.00469

Таблица: Зависимости MSE (m^2/s^2) от параметров моделей для выборки 2

Регрессор	C=1		C=10	
	$\gamma = 0.001$	$\gamma = 0.01$	$\gamma = 0.001$	$\gamma = 0.01$
Сумка, 0	0.0125	0.01255	0.01232	0.01234
Тело, 0	0.00205	0.00206	0.00213	0.00212
Рука, 0	0.02699	0.02676	0.02176	0.02155
Нога, 0	0.0054	0.00546	0.00544	0.0055

Таблица: Зависимости MSE (m^2/s^2) от параметров моделей для выборки 3

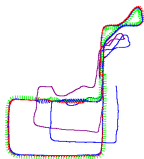
Регрессор	C=1		C=10	
	$\gamma = 0.001$	$\gamma = 0.01$	$\gamma = 0.001$	$\gamma = 0.01$
Сумка, 0	0.00579	0.00573	0.00591	0.00583
Тело, 0	0.00379	0.00389	0.00384	0.00391
Рука, 0	0.02699	0.02676	0.02176	0.02155
Нога, 0	0.00395	0.00401	0.00403	0.00405

Оптимальные гиперпараметры

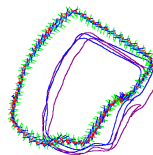
	Рука	Нога	Сумка	Тело
C	10	1	1	1
γ	0.01	0.001	0.01	0.001

С помощью оптимальных моделей были построены траектории для каждого из классов на тестовой выборке Zhicheng с дополнительной оптимизацией предсказанных скоростей (сиреневая линия) и без (синяя линия).

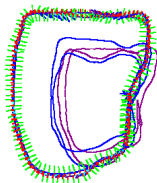
Базовый эксперимент



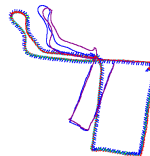
Класс-рука



Класс-нога



Класс-тело



Класс-сумка

Выводы

- Предварительное определение класса расположения смартфона позволило установить более подходящие параметры моделей
- Дополнительное уточнение скоростей позволило лучше приблизить траектории

Планируется

- применить полученную модель на дополнительно собранных данных
- улучшить методы обработки для уменьшения шума (фильтр Калмана)
- рассмотреть другие способы оптимизации модели