



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Энергоэффективный метод распознавания активности человека в реальном времени с помощью инерциальных датчиков и динамических байесовских сетей

Черешнев Роман Игоревич

Департамент анализа данных и искусственного интеллекта

Научный руководитель:
Аттила Кертес-Фаркаш

Где применяется HAR

- Гериатрия
- Изучение болезни Паркинсона
- Восстановление после травм
- Физиологические исследования

- Низкая задержка распознавания
- Высокая точность
- Энергоэффективность для применения в мобильных технологиях.

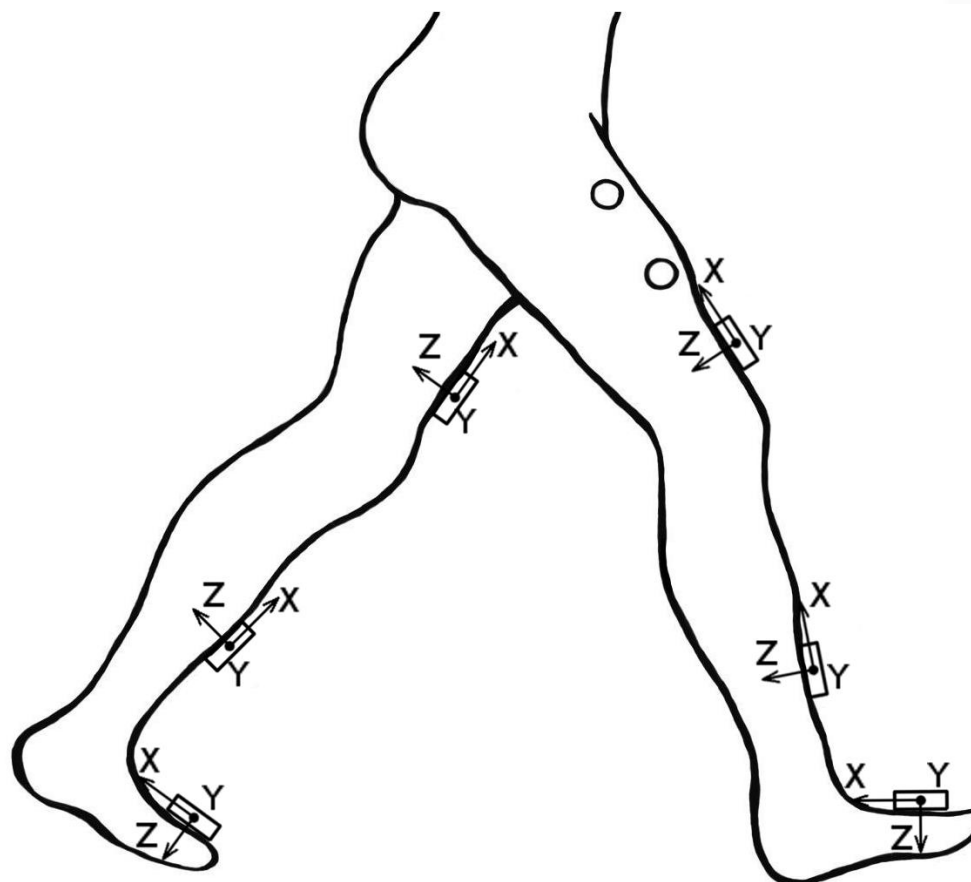
АКТИВНОСТИ

1. Ходьба
2. Бег
3. Подъем по лестнице
4. Спуск по лестнице
5. Сидение
6. Опускание на стул
7. Подъем со стула
8. Стояние

Источники информации

- **6 3-х осевых акселерометров**
 - Чувствительность 16.384 LSB/g, диапазон -2g – 2g.
- **6 3-х осевых гироскопов**
 - Чувствительность 16.4 LSB/градус/секунда, диапазон -2000 – 2000 градусов.
- **2 датчика EMG**
 - Коэффициент усиления напряжения около 5000. Полосовой фильтр с полосой пропускания, соответствующей спектру мощности ЭМГ (10-500 Гц). Частота дискретизации каждого ЭМГ-канала составляет 1,0 кГц, разрешение АЦП - 8 бит, входное напряжение: 0-5 В.

Расположение датчиков

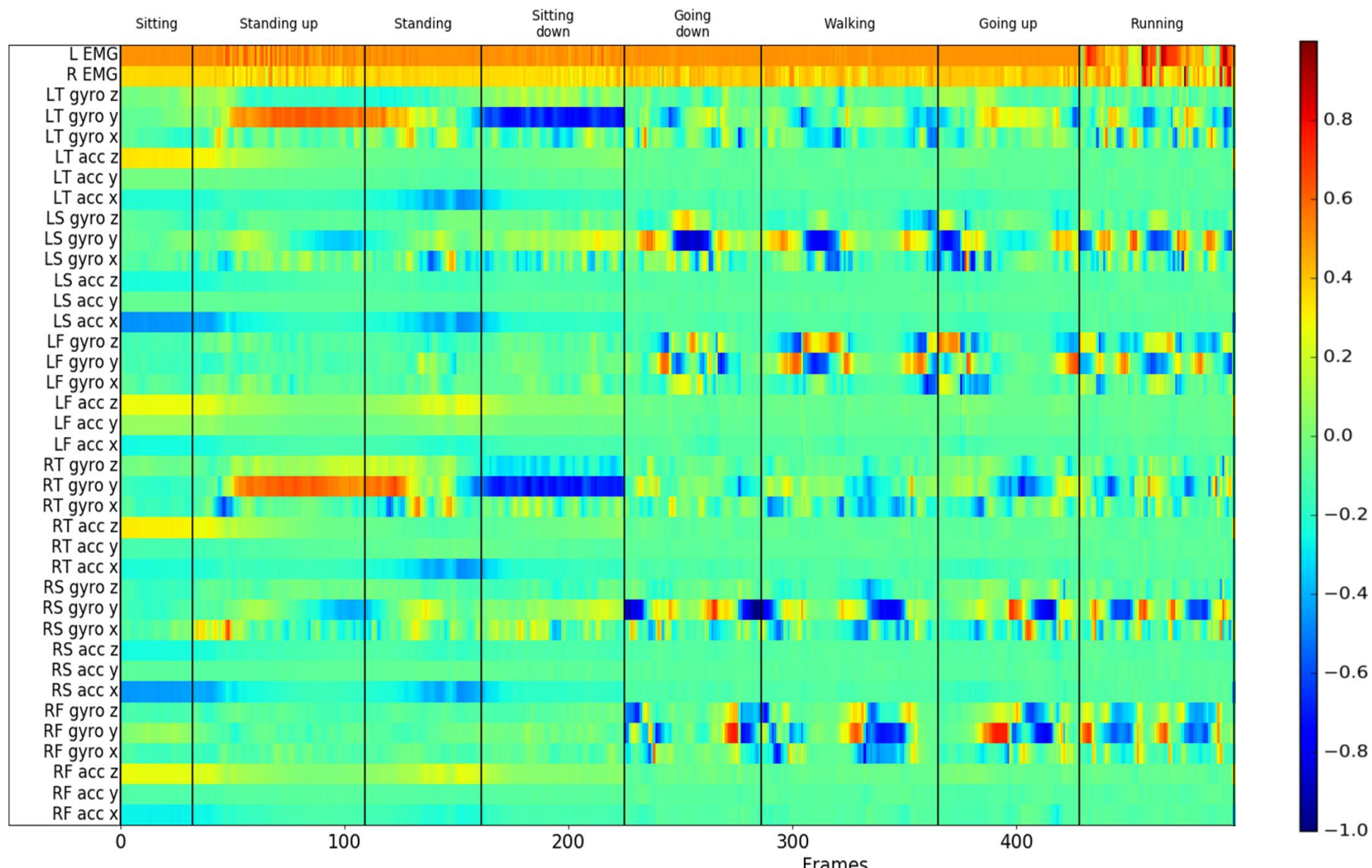


Участники

№	Вес	Рост	Возраст	Пол
1	72	177	24	М
2	80	183	22	М
3	65	180	23	М
4	93	189	24	М
5	63	183	36	М
6	54	168	25	Ж
7	52	161	22	Ж
8	80	176	23	М
9	65	175	24	Ж

№	Вес	Рост	Возраст	Пол
10	118	183	27	М
11	85	203	24	М
12	85	192	23	М
13	64	192	23	М
14	64	174	18	М
15	68	175	19	М
16	48	164	26	Ж
17	85	179	25	М
18	70	180	19	М

Пример данных



Байесовская сеть (1)

$$P(s_t \mid v_t, v_{t-1}, \dots, v_{t-K}) = \frac{\prod_{k=0}^K P(v_{t-k} \mid s_t) P(s_t)}{\sum_{n=1}^N \prod_{k=0}^K P(v_{t-k} \mid s_t = n) P(s_t = n)}$$

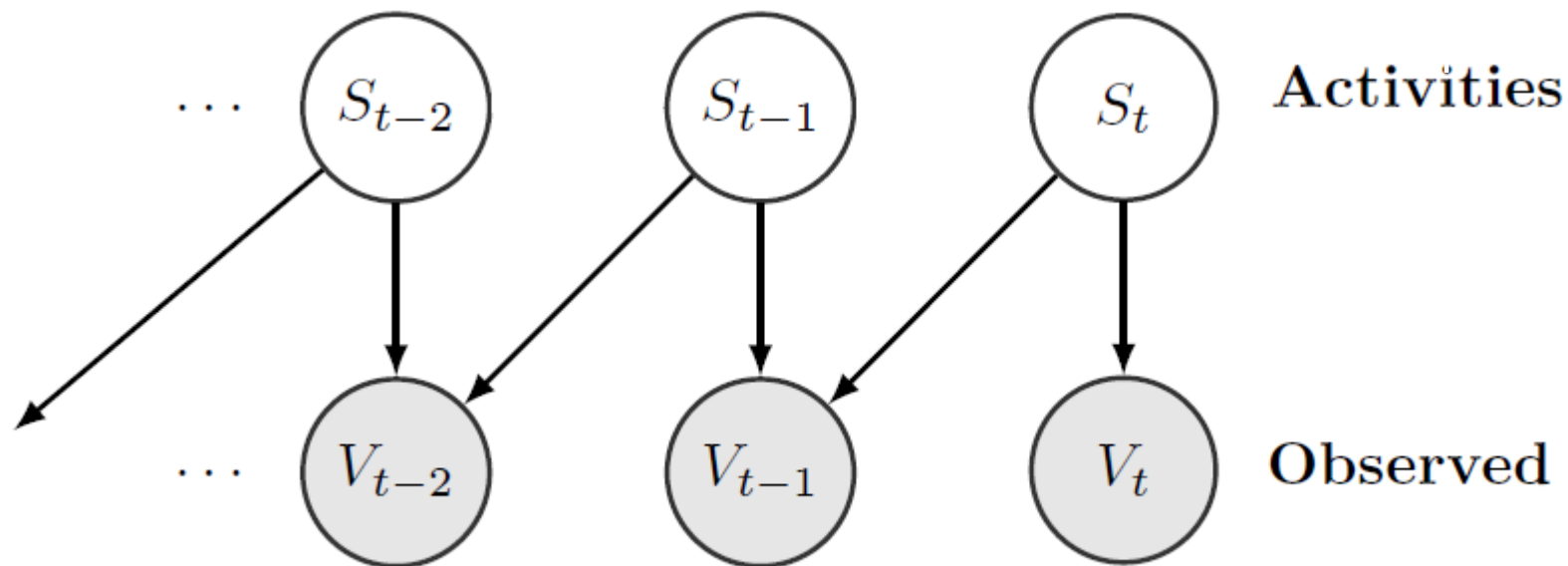
$$\hat{s}_t = \operatorname{argmax}_{s_t} \{P(s_t \mid v_t, v_{t-1}, \dots, v_{t-K})\}$$

$$\hat{s}_t = \operatorname{argmax}_{s_t} \left\{ \prod_{k=0}^K P(v_{t-k} \mid s_t) \right\}$$

$$P(v_{t-i} \mid s_t) = \sum_{j=1}^K w_j N(v_{t-1} \mid \mu_{s_t}^j, \Theta_{s_t}^j)$$

$N(v_{t-1} \mid \mu_{s_t}^j, \Theta_{s_t}^j)$ – распределение Гаусса

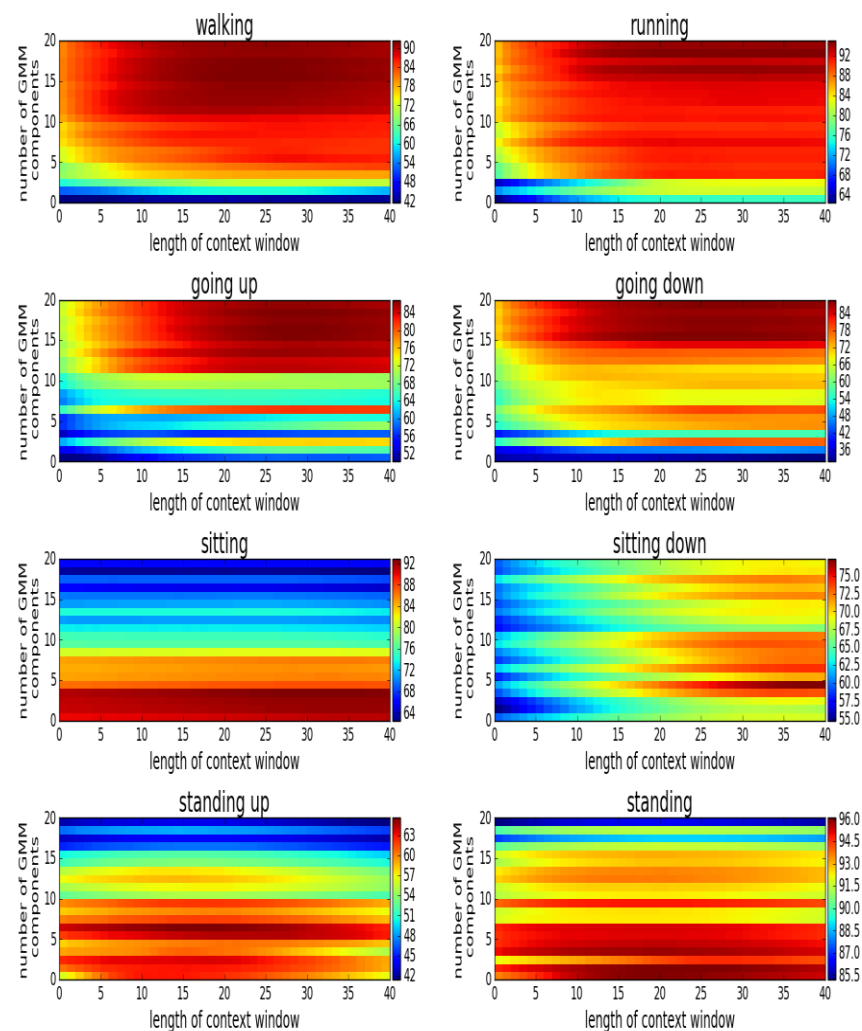
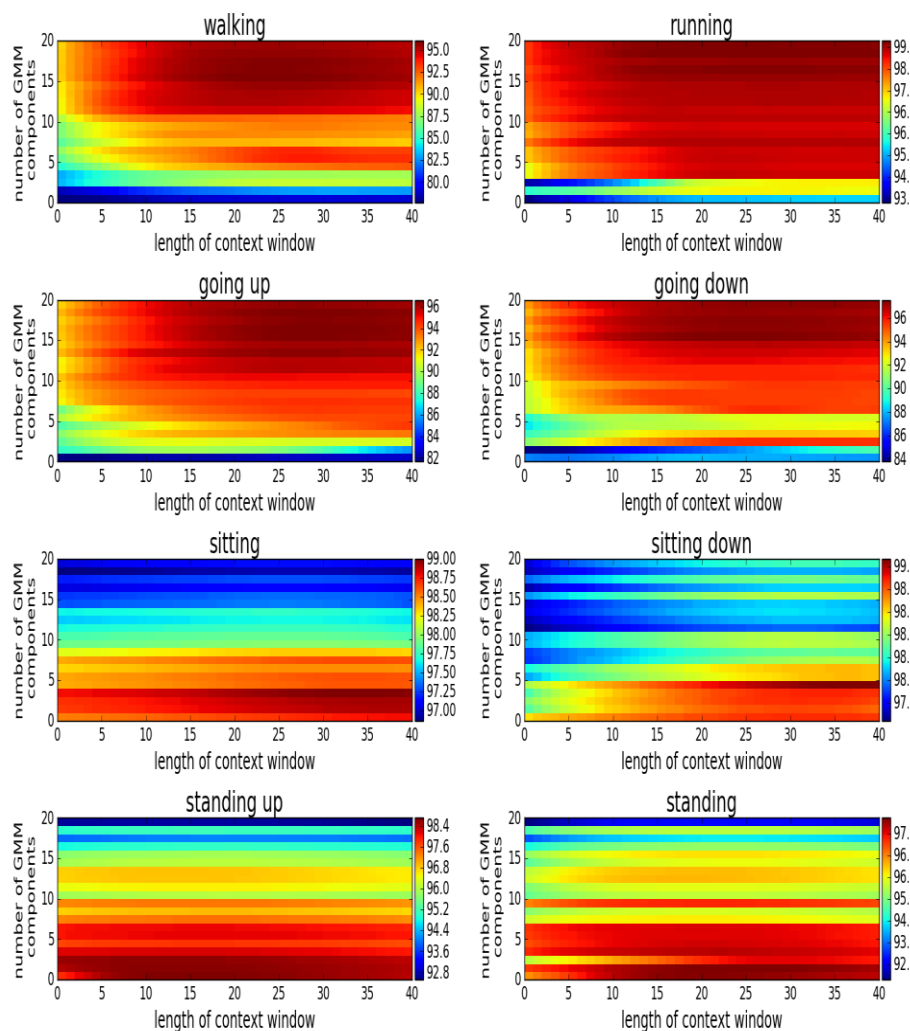
Байесовская сеть (2)



Результат Grid search

Accuracies of classifiers

F1 scores of classifiers



Тестирование модели

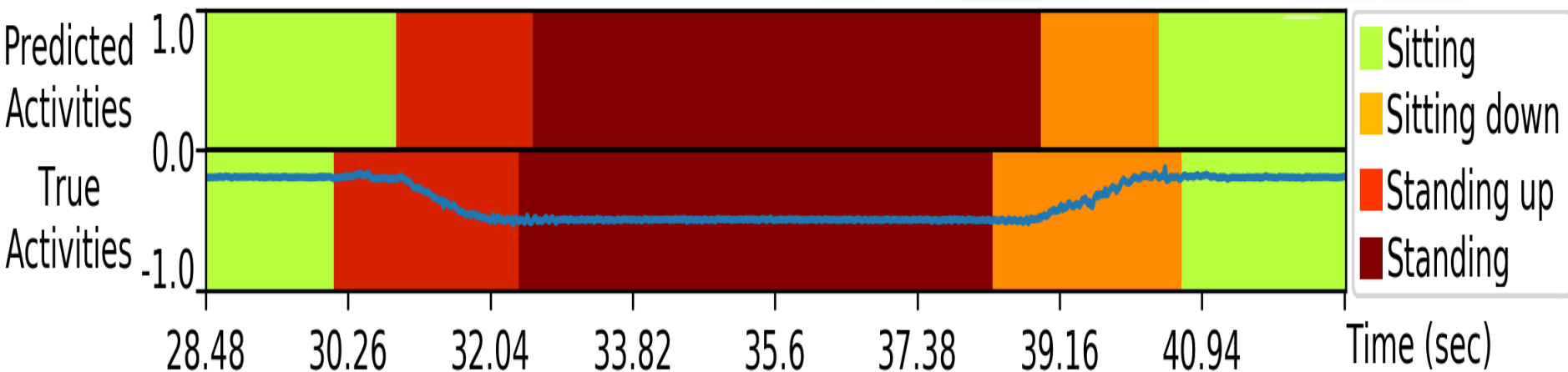
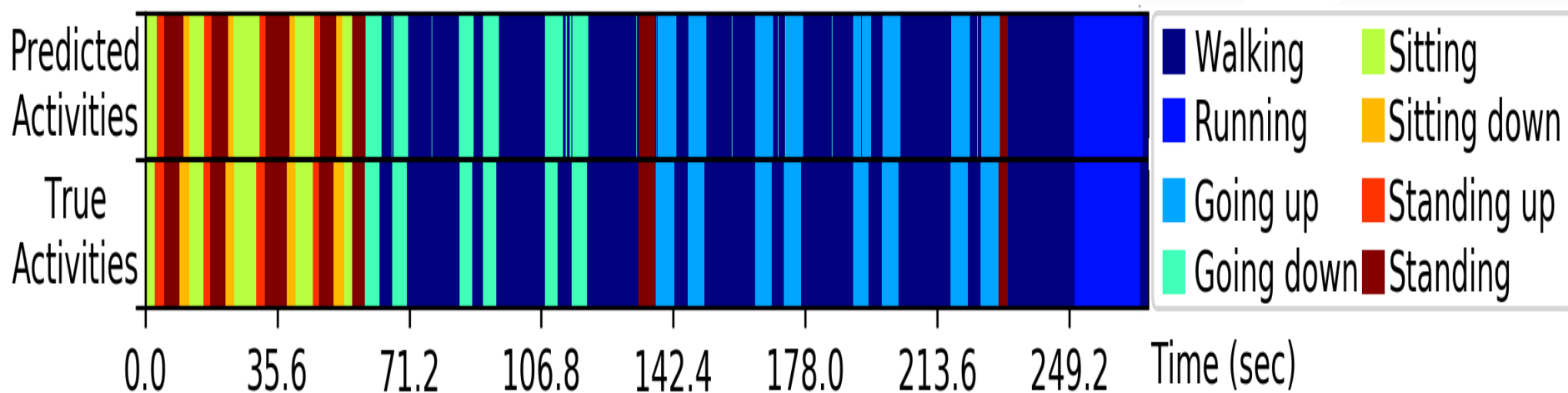
- Данные от одного участника используются как тестовый набор
- Данные от остальных участников используются как обучающий набор
- Модель оценивается исходя из ее реакции на абсолютно новые данные (supervised cross-validation)

Оценка результата

- Контекстное окно – 26 сэмплов.
- Компонент на активность: Ходьба - 18, бег - 18, подъем по лестнице – 16, спуск по лестнице – 16, сидение - 2, вставание со стула 5, опускание на стул - 7, стояние – 4

	Walking	Running	Going up	Going Down	Sitting	Sitting down	Standing up	Standing	Average
Recall	89.09	96.05	92.31	89.14	97.61	68.62	72.51	93.75	87.22
Precision	94.57	91.52	81.23	86.25	88.83	86.57	73.25	97.26	87.4
F1 score	91.62	93.18	85.8	87.25	92.89	75.05	70.95	95.35	86.4
Accuracy	95.63	99.32	96.37	97.24	98.97	99.03	98.76	97.66	97.85

Визуализация ошибки

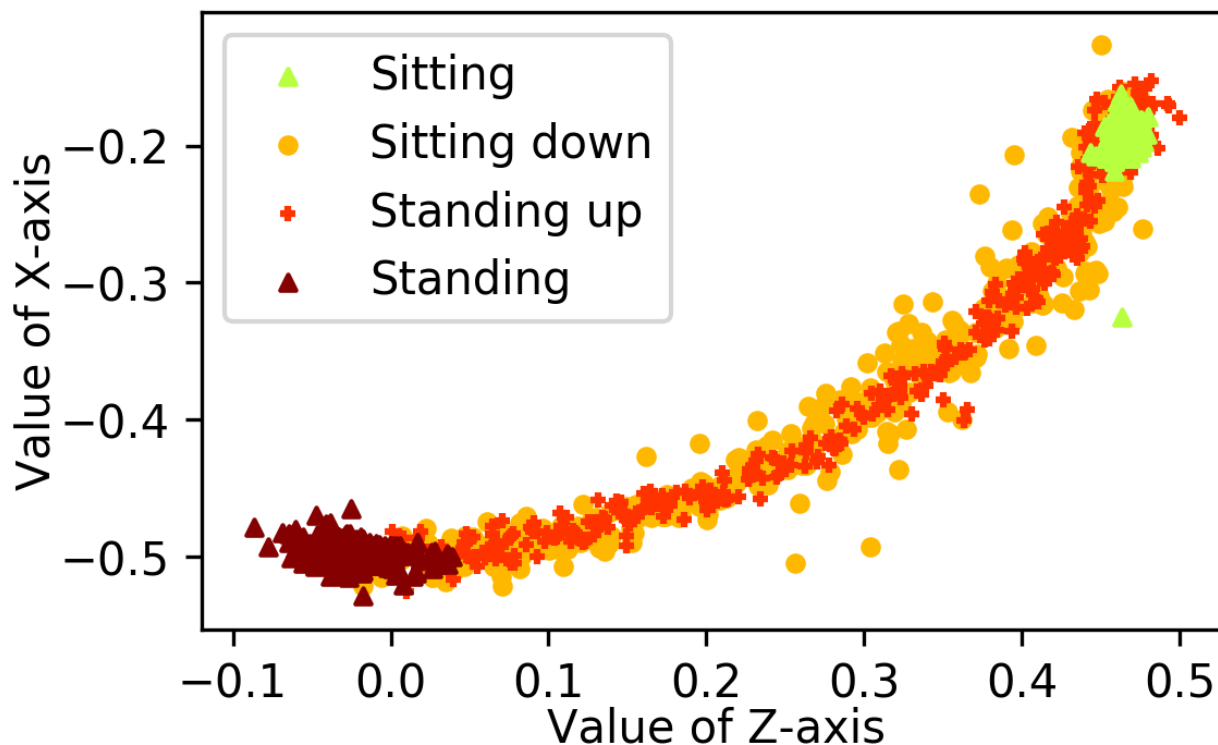


Оценка результата без граничный ошибок

Continuous Activity Recognition Allowing Border Tolerance

	Walking	Running	Going up	Going down	Sitting	Sitting down	Standing up	Standing	Average
Recall	94.59	97.49	94.77	91.58	98.9	74.18	85.25	96.27	91.52
Precision	96.84	93.21	87.03	92.89	92.29	90.86	88.66	98.17	92.5
F1 score	95.61	94.88	90.17	91.86	95.38	80.47	85.69	97.12	91.34
Accuracy	97.66	99.5	97.54	98.29	99.33	99.24	99.44	98.48	98.68

Улучшение точности



- $d[t] = s[t] - s[t - a]$, где s – это данные с x или z оси акселерометра на бедре
- $a = 15$

Результаты с направляющим параметром

Results on Activity Recognition with Directional Feature.

	Walking	Running	Going up	Going down	Sitting	Sitting down	Standing up	Standing	Average
Recall	96.1	98.31	95.06	91.41	99.52	90.54	96.62	98.32	95.71
Precisions	97.03	93.43	91.66	94.44	96.54	96.77	97.4	99.32	95.88
F1 scores	96.46	95.4	92.74	92.46	98.0	93.43	96.94	98.81	95.55
Accuracy	98.13	99.58	98.33	98.49	99.72	99.71	99.86	99.41	99.15

Сравнение с другими моделями

Main Results

Method	without Border Tolerance				with Border Tolerance				#Params	Time
	Recall	Precision	F1	Accuracy	Recall	Precision	F1	Accuracy		
DBN	87.22	87.4	86.4	97.85	91.52	92.5	91.34	98.68	6536	12.267
DBN-DF	88.8	87.97	87.83	97.92	95.71	95.88	95.55	99.15	9064	14.434
ANN	85.47	89.26	86.3	97.74	88.42	92.0	89.37	98.19	49608	25.642
RNN	76.68	85.04	77.6	97.82	77.0	85.91	78.12	97.93	9158	91.519
HMM	82.76	82.81	81.54	96.78	85.2	85.74	84.3	97.25	6536	97.727

Результат

Наш метод в два раза быстрее, чем методы нейронных сетей, и в восемь раз быстрее, чем рекуррентные нейронные сети и скрытые марковские модели.

F1-score на 58%, 80%, 71%, а точность на 53%, 59% и 69% лучше, по сравнению с ANN, RNN, HMM, соответственно.



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Спасибо за внимание!

Черешнев Роман Игоревич
roman.chereshnev@gmail.com

Результаты в данной области

Номер работы	Алгоритм	Точность
[1]	ANN	90%
[2]	HMM	87%
[3]	cHMM	99.1%
[4]	K-Means с кластеризацией	99.29%
[5]	Иерархическая система из ANN и HMM	97.9%

Ссылки(1)

1. Incremental motion-based location recognition. In Wearable Computers, 2001. Proceedings. Fifth International Symposium on, pages 123–130. IEEE, 2001.
2. Daniel Olguin Olguin and Alex Sandy Pentland. Human activity recognition: Accuracy across common locations for wearable sensors. In Proceedings of 2006 10th IEEE International Symposium on Wearable Computers, Montreux, Switzerland, pages 11–14. Citeseer, 2006.
3. Andrea Mannini and Angelo Maria Sabatini. Machine learning methods for classifying human physical activity from on-body accelerometers. Sensors, 10(2):1154–1175, 2010
4. Ines P Machado, A Luisa Gomes, Hugo Gamboa, Vitor Paixao, and Rui M Costa. Human activity data discovery from triaxial accelerometer sensor: Non-supervised learning sensitivity to feature extraction parametrization. Information Processing & Management, 51(2):204–214, 2015.

Ссылки(2)

5. Incremental motion-based location recognition. In Wearable Computers, 2001. Proceedings. Fifth International Symposium on, pages 123–130. IEEE, 2001.