

19-я Всероссийская конференция с международным участием  
«Математические методы распознавания образов»



# Исследование сокращения скелетного описания для задачи детектирования падения

**Середин О.С., Копылов А.В., Сурков Е.Э.**

[oseredin@yandex.ru](mailto:oseredin@yandex.ru) , [andkopylov@gmail.com](mailto:andkopylov@gmail.com) , [eg-su@mail.ru](mailto:eg-su@mail.ru)

*Тульский государственный университет*

*Лаборатория анализа данных*



# Опасности падения человека

- Падения являются второй по значимости причиной смерти в результате несчастных случаев и непреднамеренных травм в мире.
- По оценкам, ежегодно в мире происходит 646 000 случаев смерти в результате падений, 80% из которых приходится на страны с низким и средним уровнем дохода. Также, ежегодно происходит 37,3 миллиона падений с достаточно серьезными последствиями, при которых требуется медицинская помощь.
- Наибольшее количество смертельных падений происходит среди людей старше 65 лет.
- В стратегиях по предотвращению последствий после падения можно использовать систему основанную на мониторинге повседневной деятельности человека и распознавании падений.

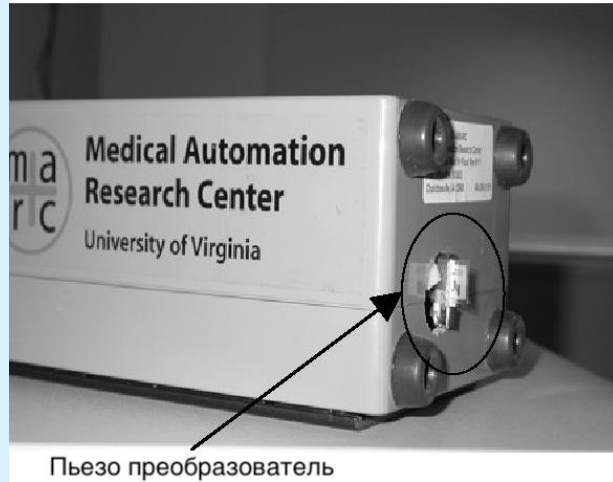
# Обнаружение падения человека базируется на данных с камеры глубины



Простые камеры, датчики окружающей среды, нательные датчики и камеры глубины можно использовать в дистанционном мониторинге поведения клиентов/пациентов

# Основные методы детектирования падений

## Датчики в окружающей среде



Датчики вибрации



Микрофоны



Датчики движения

# Основные методы детектирования падений

## Носимые датчики



Фитнес  
браслеты



IMU сенсоры



Специализированные  
носимые датчики\*

# Основные методы детектирования падений

## Сенсоры визуальной информации



Веб камеры



Купольные камеры

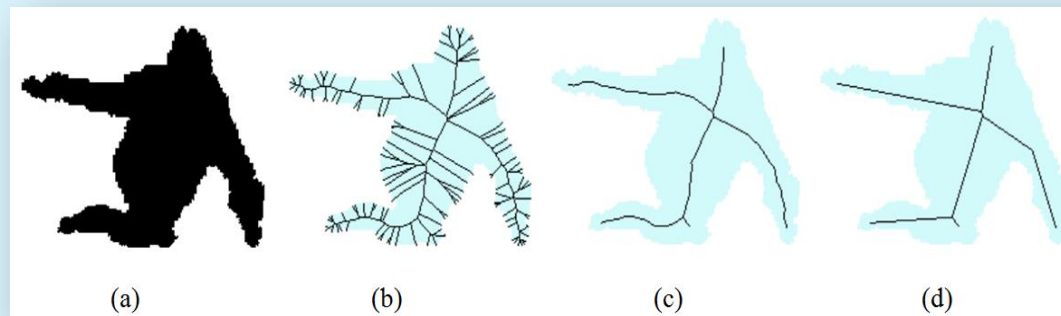


RGB-D камеры

# Скелетное описание фигуры человека как ключевой момент для высокого уровня конфиденциальности в системах наблюдения

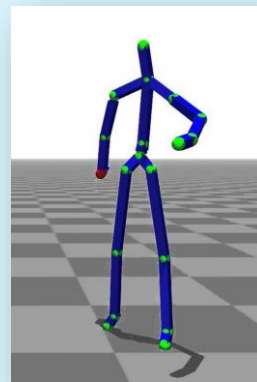
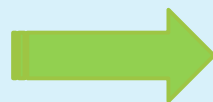
Скелетное описание фигуры человека может быть получено напрямую от многих современных RGB-D сенсоров или построено на основе изображений с обычной камеры

RGB камеры



(a) исходное изображение (b) скелет; (c) упрощенный скелет; (d) примерный скелет

RGB-D камеры



# Существующие RGB-D камеры



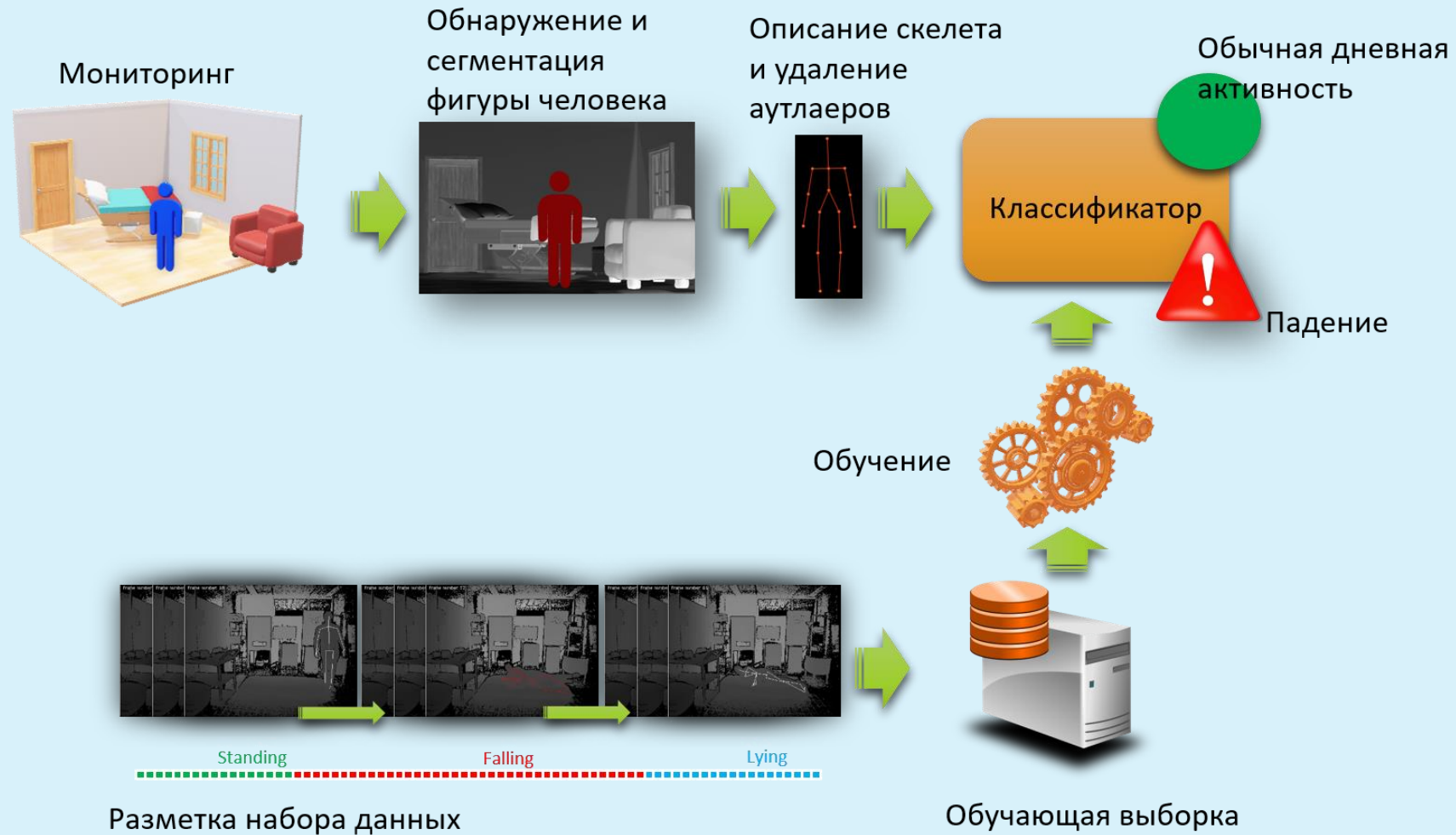
a - Microsoft Kinect v1, b - Microsoft Kinect v2, c - Asus Xtion PRO LIVE,  
d - Intel RealSense D435, e - Orbbec Astra pro



# Параметры RGB-D камер

Название	Microsoft Kinect v1	Microsoft Kinect v2	Asus Xtion PRO LIVE	Intel RealSense D435	Orbbec Astra Pro
Разрешение камеры	640x480 @30 fps	1920x1080 @30fps	1280x1024	1920x1080 @30fps	1280x720 @30fps
Разрешение карты глубины	320x240 @30fps	512x424 @30fps	640x480 @30fps	1280x720 @90fps	640x480 @30fps
Максимальная рабочая дистанция	4.5 м	4.5 м	3.5 м	10 м	8 м
Горизонтальное поле зрения	57 град	70 град	58 град	86 град	60 град
Вертикальное поле зрения	43 град	60 град	45 град	57 град	49.5 град
Возможность отслеживания скелета	Да	Да	Нет	Нет	Да

# Детектирование падений на основе машинного обучения

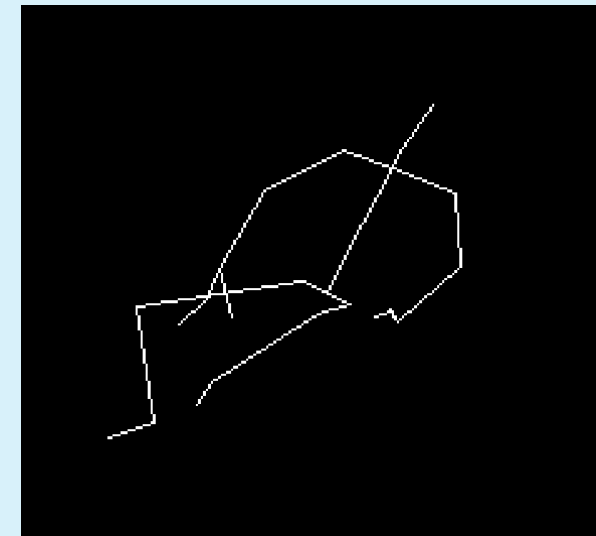
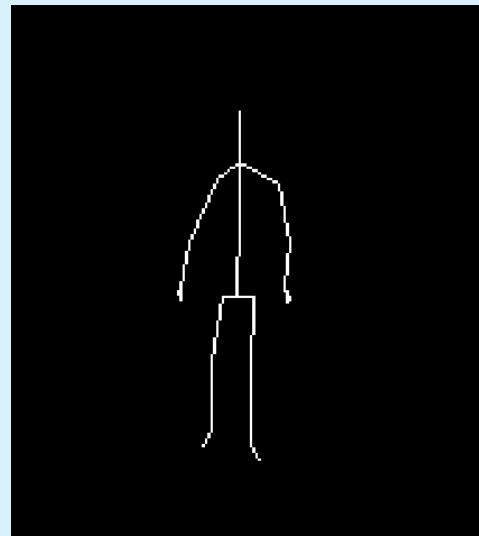
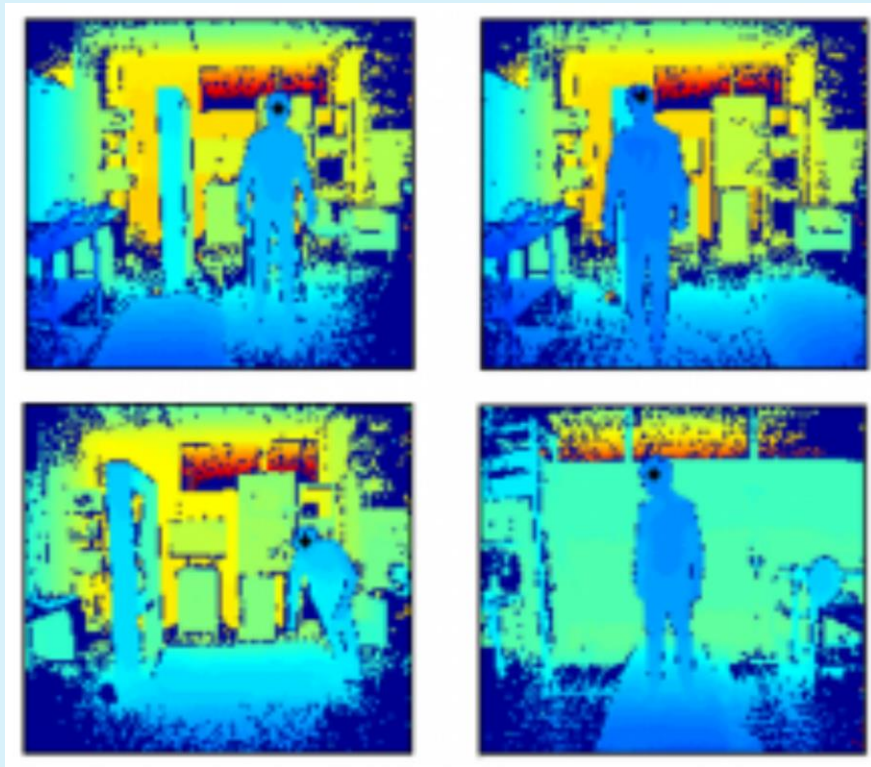


A SKELETON FEATURES-BASED FALL DETECTION USING MICROSOFT KINECT V2 WITH ONE CLASS-CLASSIFIER OUTLIER REMOVAL  
<https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLII-2-W12/189/2019/isprs-archives-XLII-2-W12-189-2019.pdf>

# Необходима экспериментальная база данных

## TST Fall Detection Dataset v2

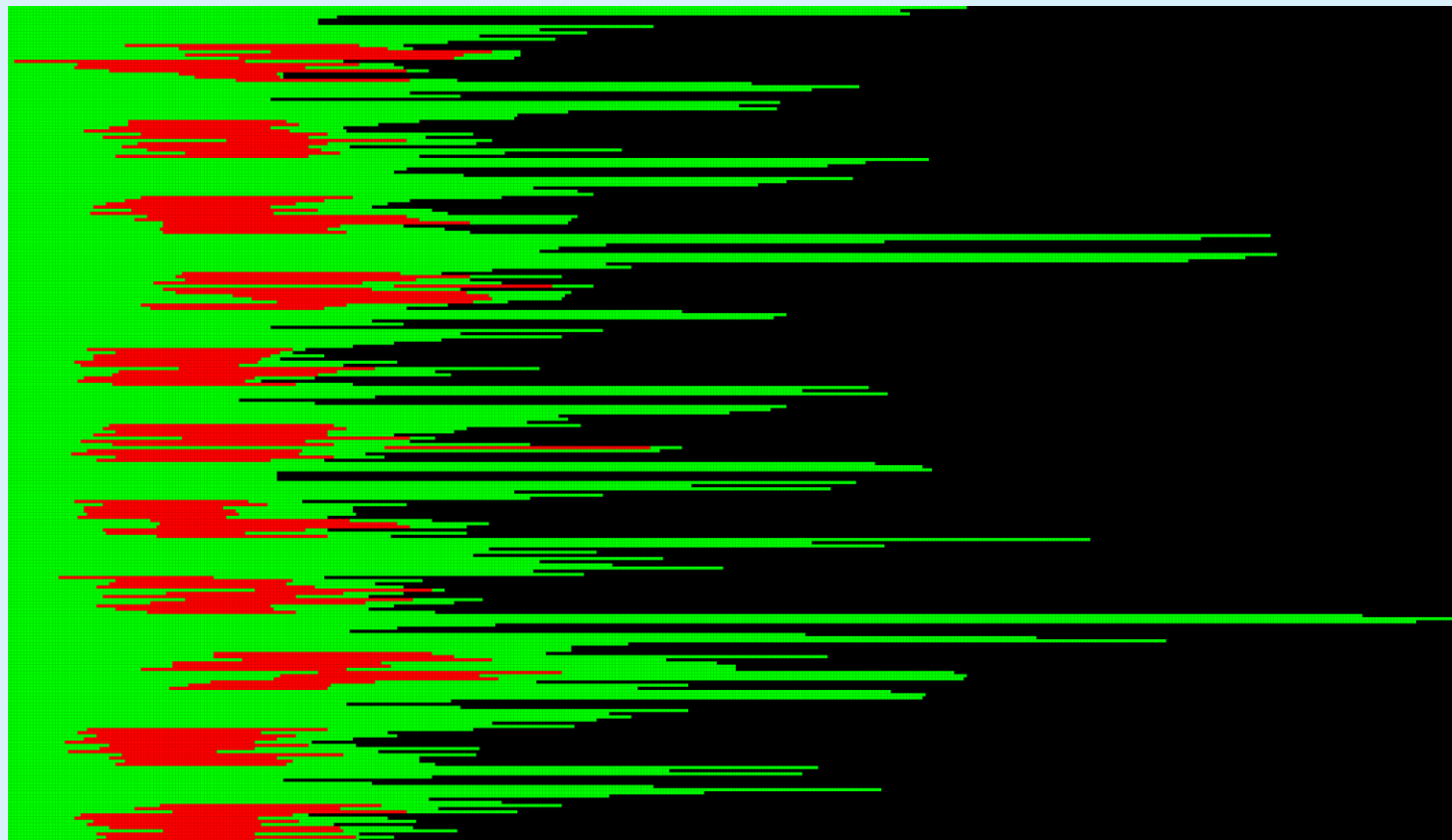
База содержит данные о глубине сцены и точках скелета, полученные при помощи Microsoft Kinect v2, а также данные об ускорении с носимых датчиков при имитации падений или повседневных действий.



IEEE DataPort TST Fall Detection Dataset v2 URL:

<https://iee-dataport.org/documents/tst-fall-detection-dataset-v2>

# Разметка TST Fall Detection Dataset v2



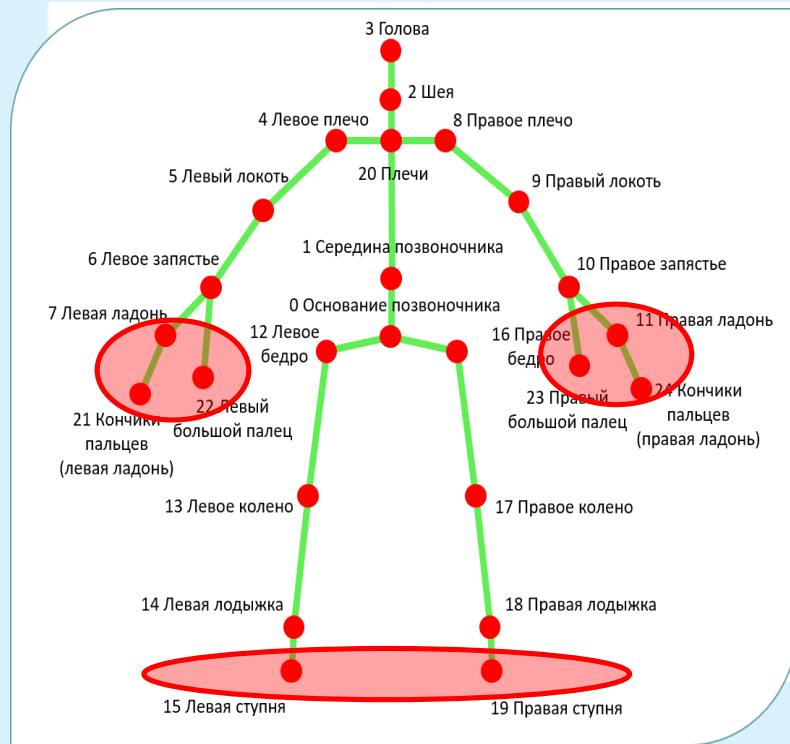
Визуализация разметки эксперта приведена на рисунке. Красным отмечены кадры, на которых присутствует падения, зеленым - на которых присутствует обычная активность человека

# Скелетное описание фигуры человека, используемое в Microsoft Kinect v2



Для определения падений используются не все точки

# Признаковое описание фигуры на первом кадре



Мы используем матрицу расстояний между значимыми точками скелета

Также используются высоты всех точек

$$136 + 17$$

## Признаковое описание фигуры на первом кадре

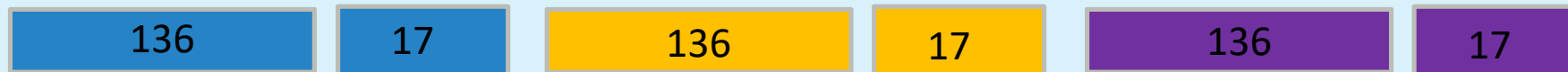


## Признаковое описание фигуры на втором кадре



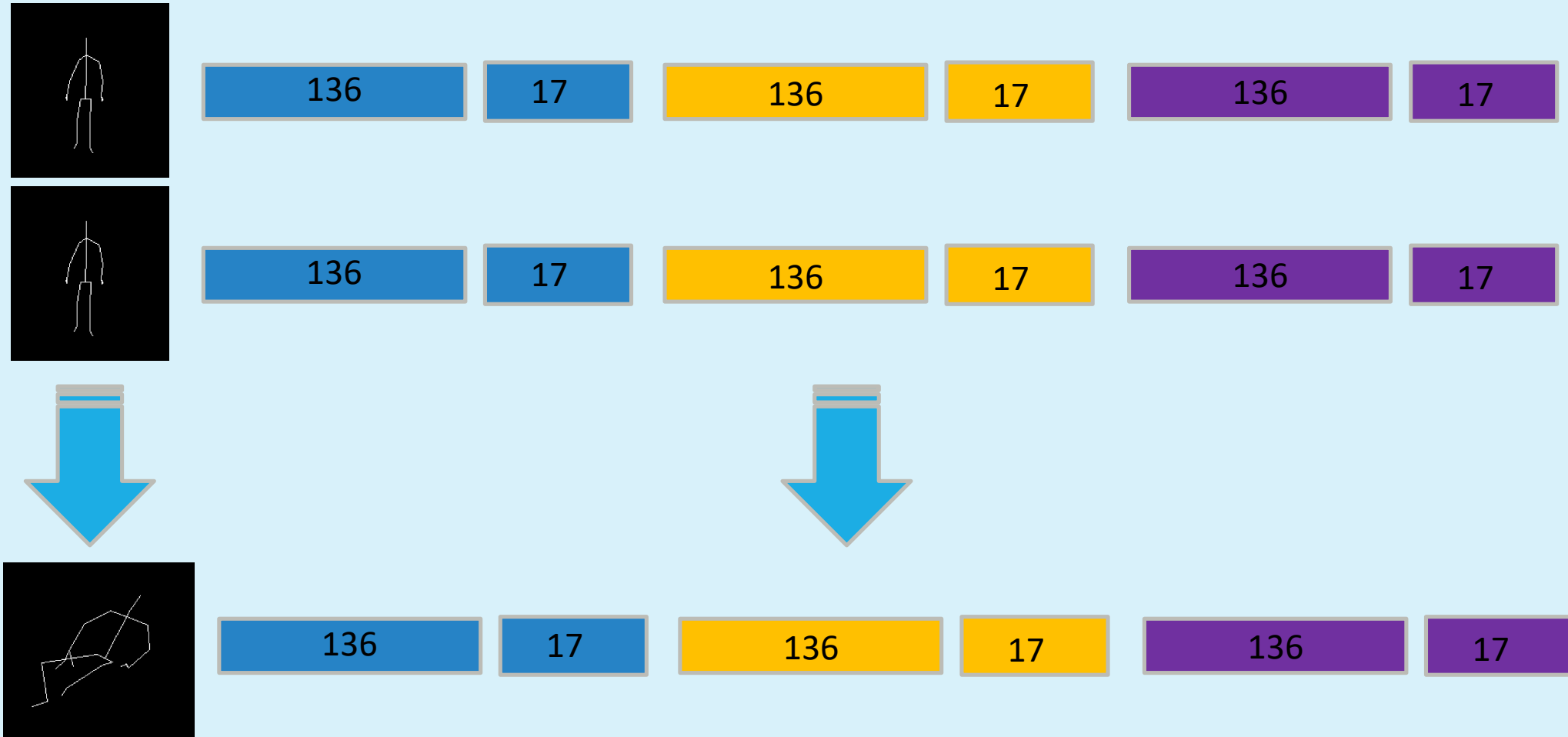
Дополнительно вычисляем скорости  
относительно первого кадра

## Признаковое описание фигуры на третьем кадре



Дополнительно вычисляем скорости  
относительно второго кадра

# Признаковое описание фигуры в сцене





## Результаты тестирования алгоритмов на TST Fall Detection Dataset v2

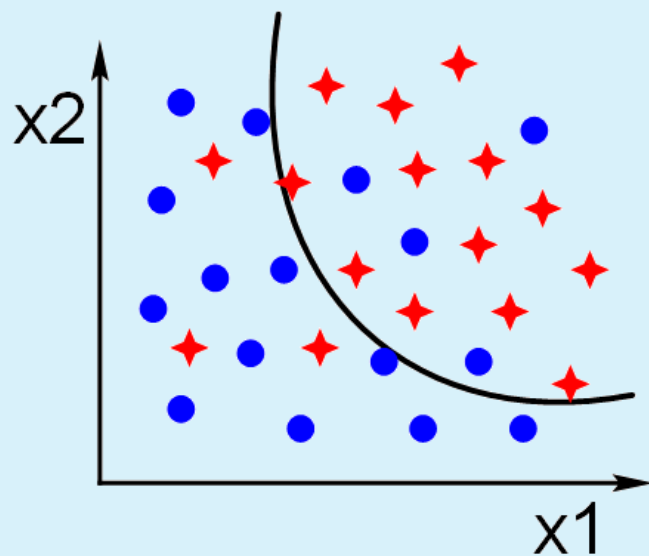
Алгоритм	Исходные данные	Классификатор	Схема тестирование	Точность
(Gasparrini et al., 2016)	Скелетное описание фигуры человека и данные с акселерометра	Эмпирическое пороговое правило	Не описана	0.99
(Fakhrulddin et al., 2018)	Данные с двух акселерометров	CNN	Разделение данных на 90% и 10 %, затем усреднение	0.923
(Hwang et al., 2017)	Карта глубины	3D-CNN	5 случайных распознаваний из 240 и разделение и усреднение 24 записей	0.942
(Min et al., 2018)	Скелетное описание фигуры человека	SVM	Не описана	0.9205
(Seredin et al., 2019)*	Скелетное описание фигуры человека	SVM+Одно-классовый классификтор+CUSUM	Leave-One-Person-Out	0.917

\*A SKELETON FEATURES-BASED FALL DETECTION USING MICROSOFT KINECT V2 WITH ONE CLASS-CLASSIFIER OUTLIER REMOVAL  
<https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLII-2-W12/189/2019/isprs-archives-XLII-2-W12-189-2019.pdf>

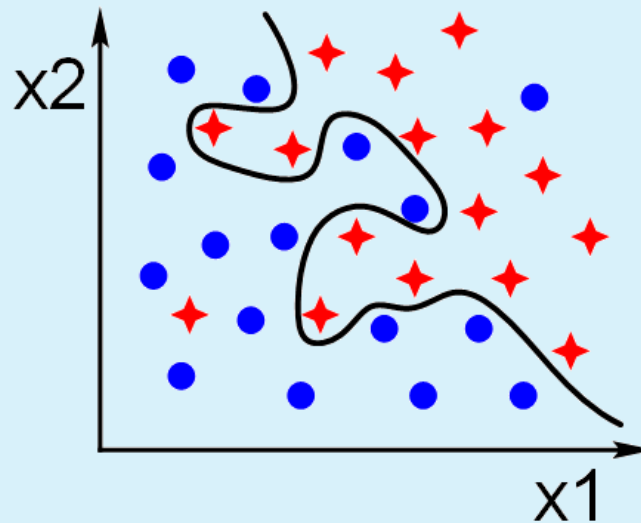
# Проблема переобучения

В наборе признаков для обучения классификатора при присутствии избыточных признаков модель подвергается переобучению

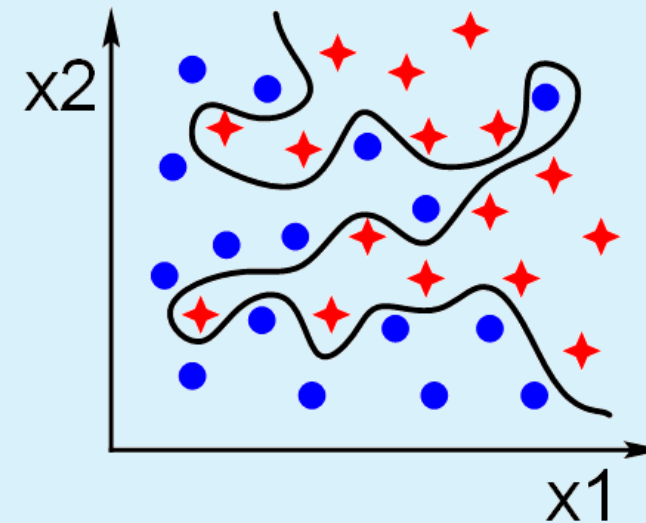
Недообучение



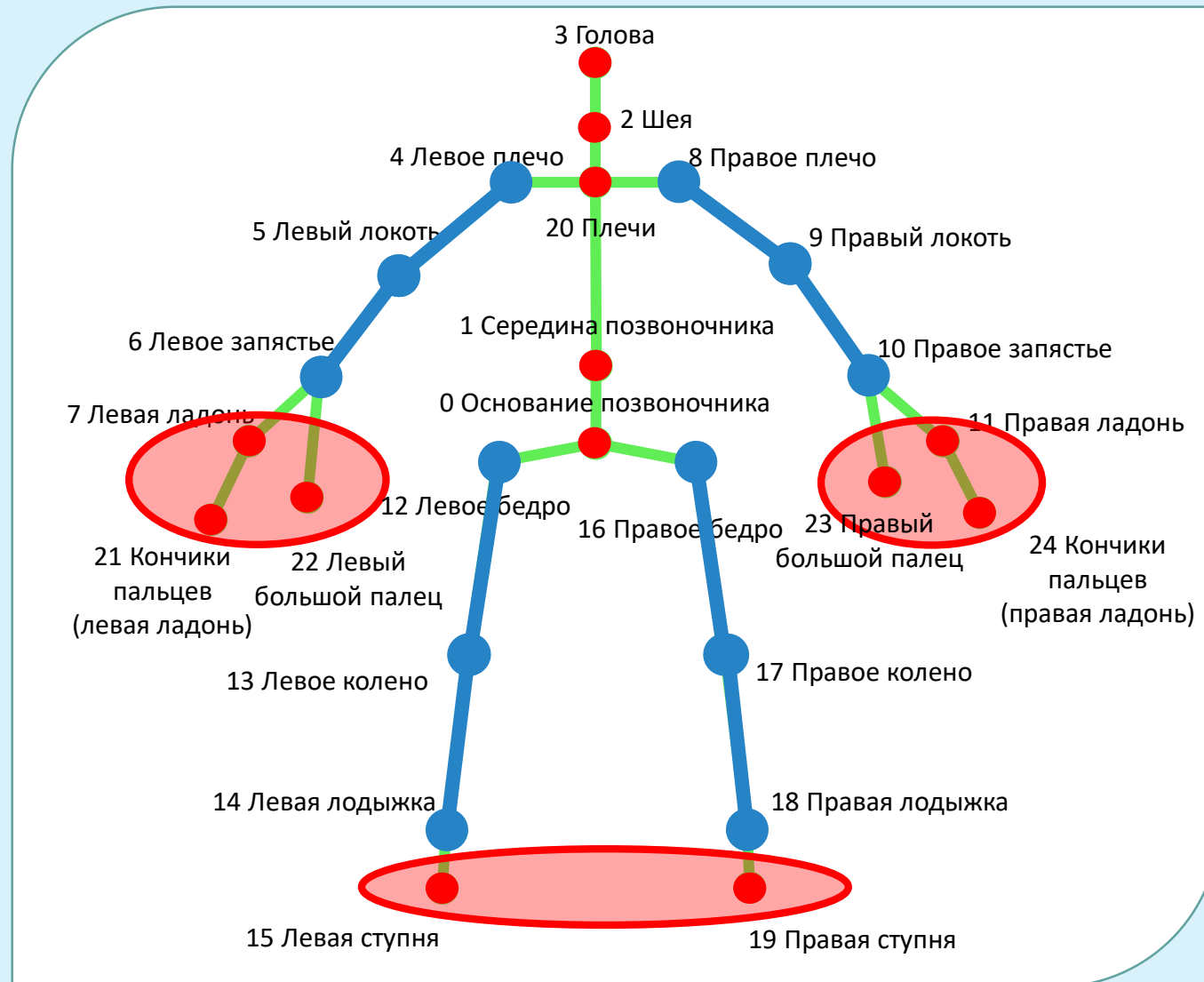
Оптимум



Переобучение

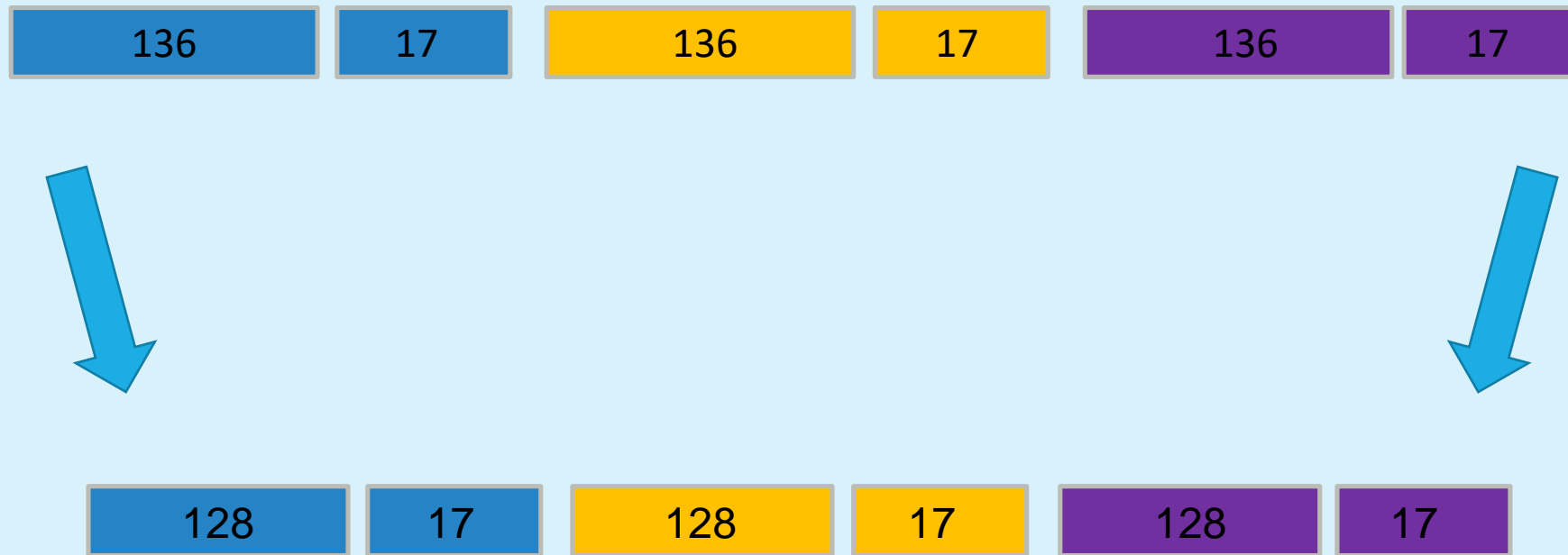


С учетом антропометрических особенностей человеческого тела предлагается уменьшить набор признаков

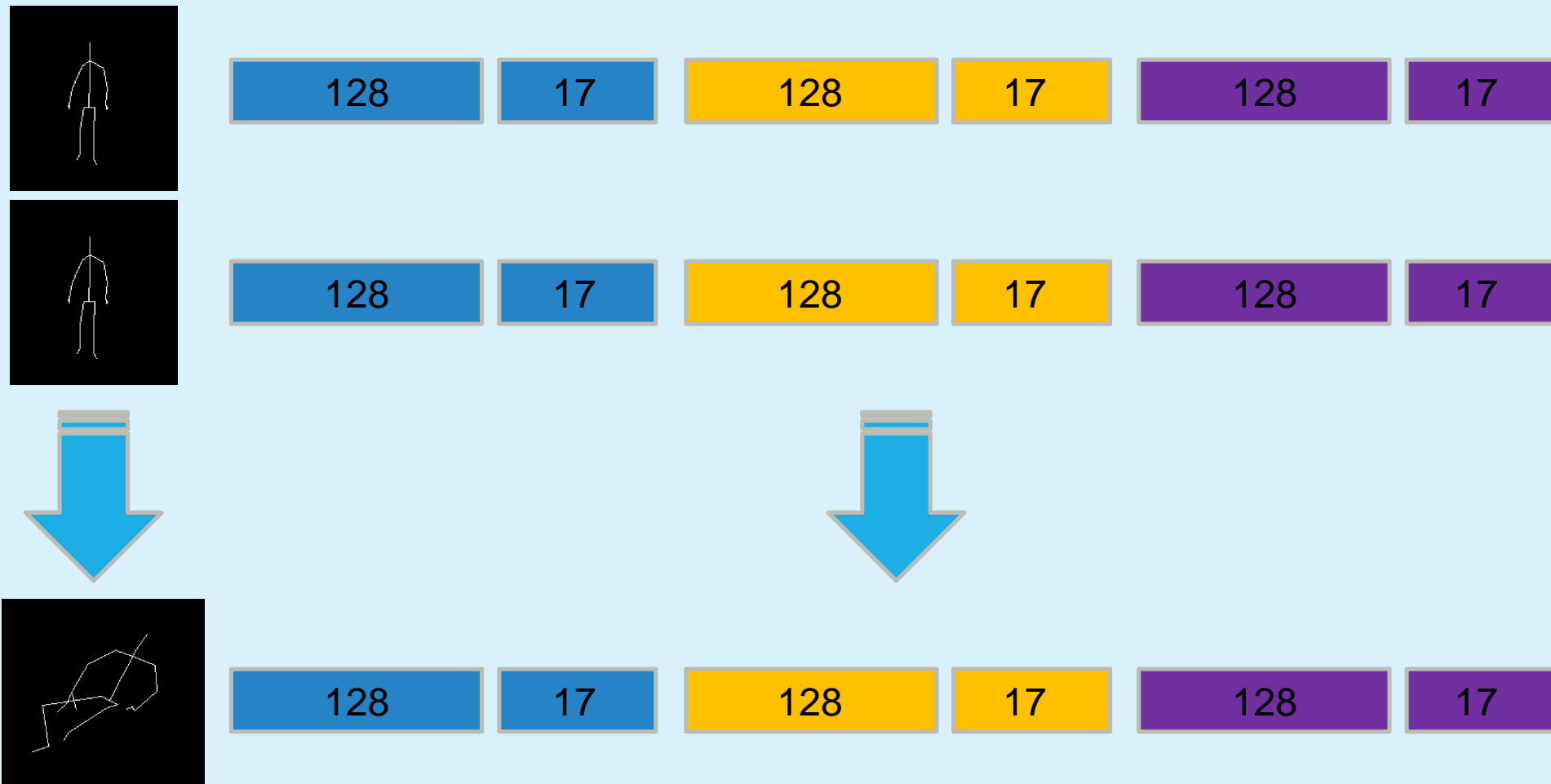


Исключены избыточные признаки

# Признаковое описание фигуры на одном кадре после исключения избыточных признаков



# Признаковое описание фигуры в сцене

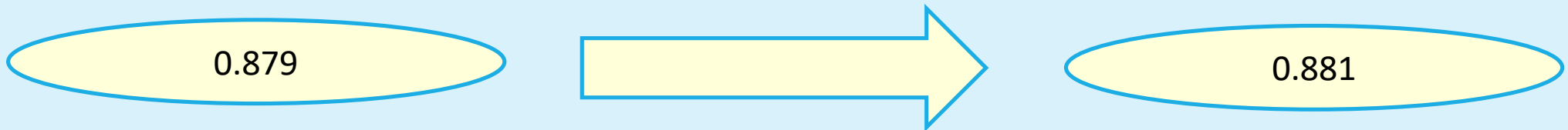


# Результаты: увеличены показатели точности

Точность распознавания факта падения по тестовой выборке



Точность совпадения ключевых моментов падения на тестовой выборке



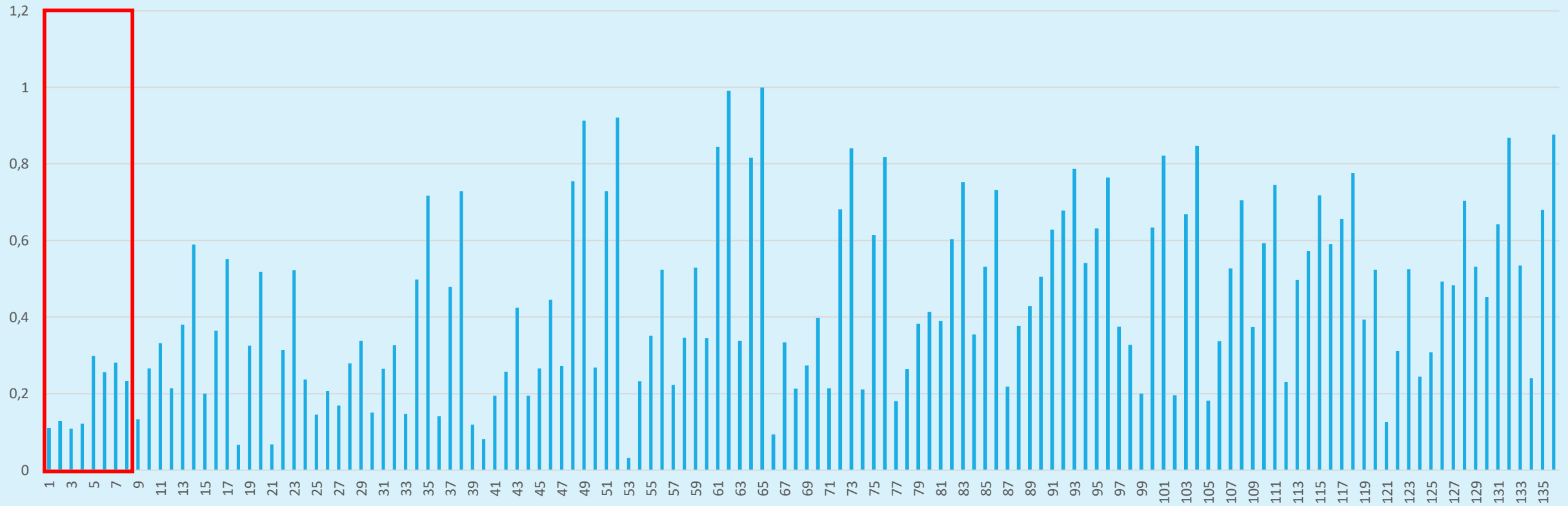
Скорость распознавания была увеличена на **15-20%**

# Результаты тестирования алгоритмов на TST fall detection dataset v2

Алгоритм	Исходные данные	Классификатор	Схема тестирование	Точность
(Gasparrini et al., 2016)	Скелетное описание фигуры человека и данные с акселерометра	Эмпирическое пороговое правило	Не описана	0.99
(Fakhrulddin et al., 2018)	Данные с двух акселерометров	CNN	Разделение данных на 90% и 10 %, затем усреднение	0.923
(Hwang et al., 2017)	Карта глубины	3D-CNN	5 случайных распознаваний из 240 и разделение и усреднение 24 записей	0.942
(Min et al., 2018)	Скелетное описание фигуры человека	SVM	Не описана	0.9205
Разработанный алгоритм	Сокращённое скелетное описание фигуры человека	SVM+Одно-классовый классификатор+CUSUM	Leave-One-Person-Out	0.917* 0.923

\*A SKELETON FEATURES-BASED FALL DETECTION USING MICROSOFT KINECT V2 WITH ONE CLASS-CLASSIFIER OUTLIER REMOVAL  
<https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLII-2-W12/189/2019/isprs-archives-XLII-2-W12-189-2019.pdf>

# Диаграмма дисперсий расстояний между кадрами



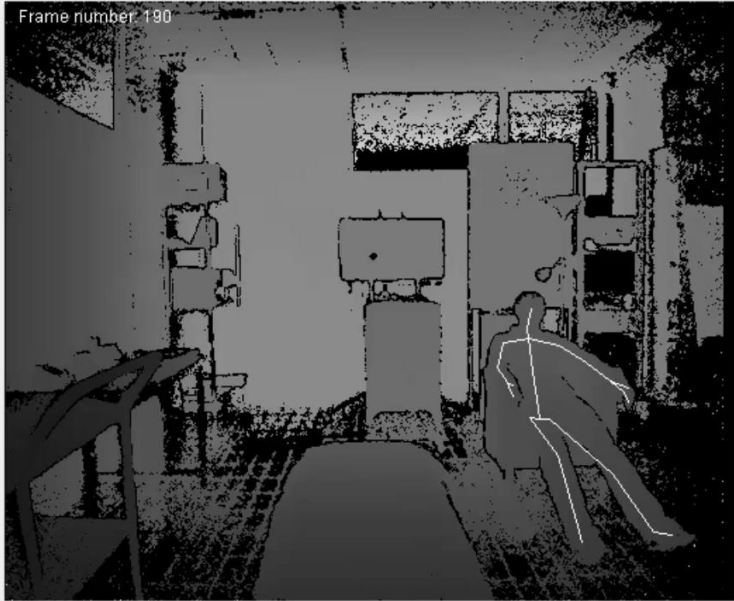


# Демонстрация неточного скелетного построения в исследуемых областях

Utilities

drawable\_-9175944

Frame number: 190



Pause at scene end

<<< || >>>

Fall started | Fall ended

Fall started frame (exp): -  
Fall ended frame (exp): -  
Fall started frame (algo): -  
Fall ended frame (algo): -  
Accuracy: 100.00%

Save data

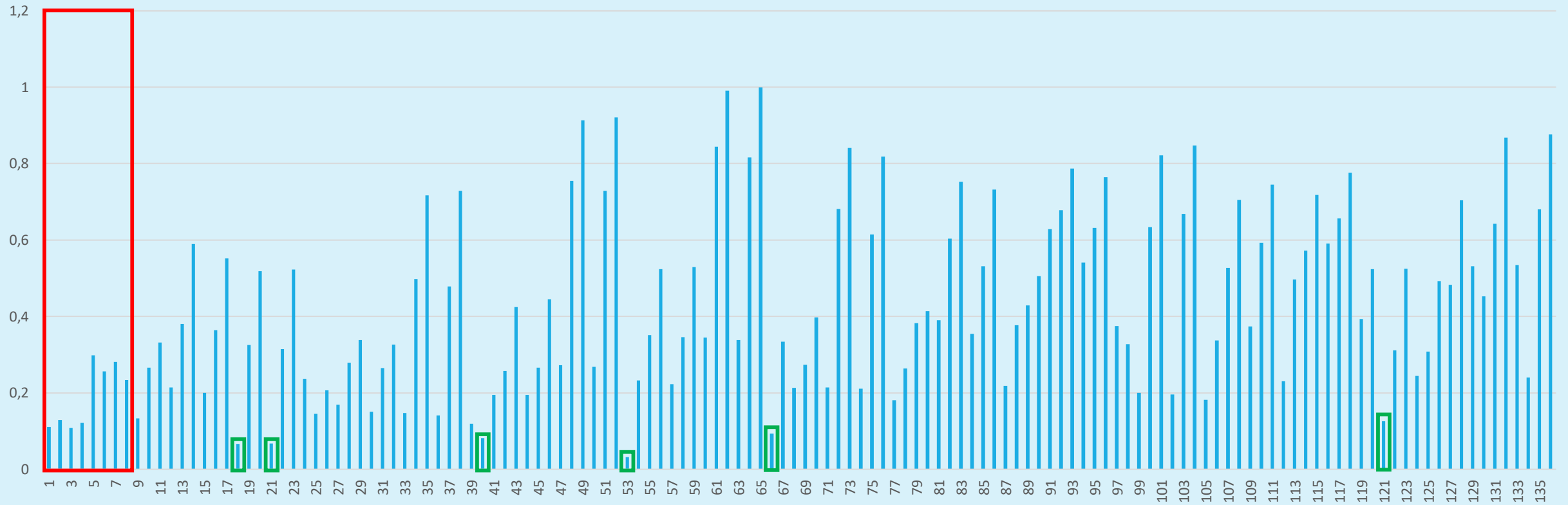
Upper bound: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Lower bound: -10 -9 -8 -7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 0

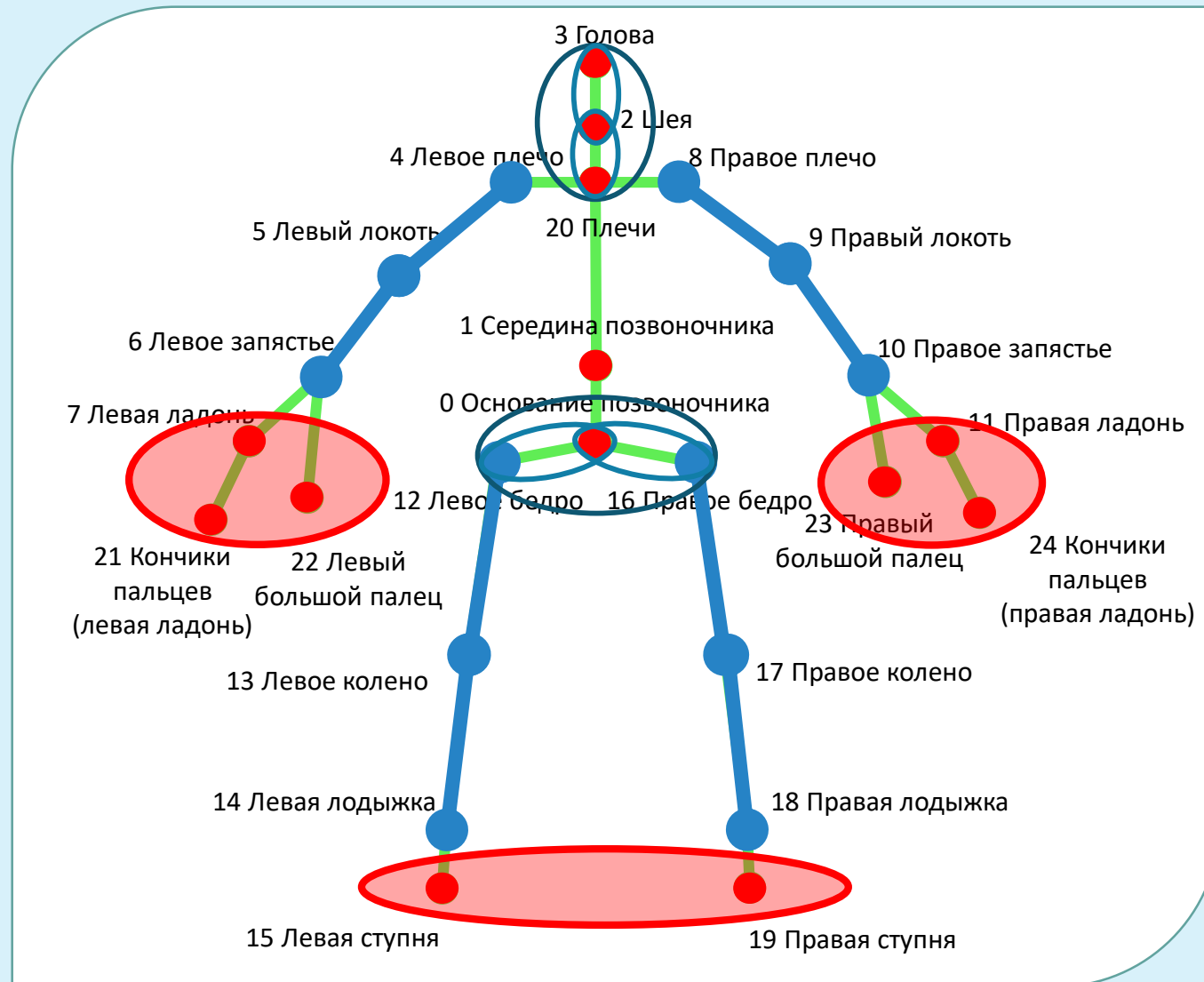
Open Remove

Open folder

# Диаграмма дисперсий расстояний между кадрами



# Исключаем расстояния, дисперсия которых минимальна

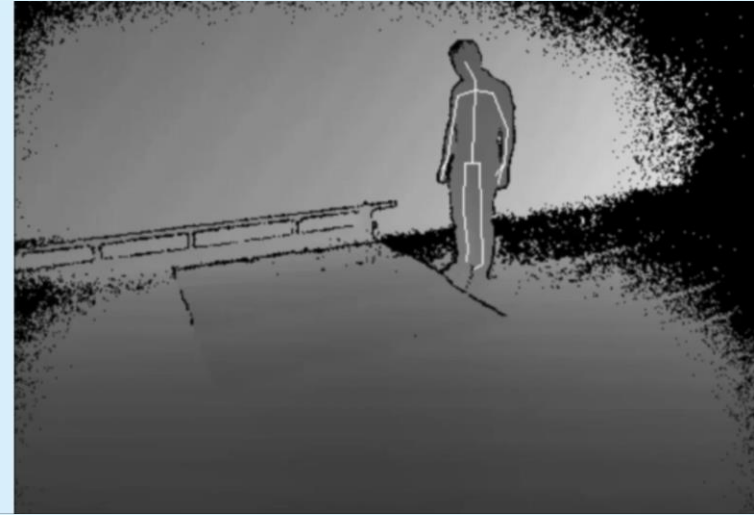


# Результаты тестирования алгоритмов на TST fall detection dataset v2

Алгоритм	Исходные данные	Классификатор	Схема тестирование	Точность
(Gasparrini et al., 2016)	Скелетное описание фигуры человека и данные с акселерометра	Эмпирическое пороговое правило	Не описана	0.99
(Fakhrulddin et al., 2018)	Данные с двух акселерометров	CNN	Разделение данных на 90% и 10 %, затем усреднение	0.923
(Hwang et al., 2017)	Карта глубины	3D-CNN	5 случайных распознаваний из 240 и разделение и усреднение 24 записей	0.942
(Min et al., 2018)	Скелетное описание фигуры человека	SVM	Не описана	0.9205
Разработанный алгоритм	Сокращённое скелетное описание фигуры человека	SVM+Одно-классовый классификатор+CUSUM	Leave-One-Person-Out	0.917* 0.9498

\*A SKELETON FEATURES-BASED FALL DETECTION USING MICROSOFT KINECT V2 WITH ONE CLASS-CLASSIFIER OUTLIER REMOVAL  
<https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLII-2-W12/189/2019/isprs-archives-XLII-2-W12-189-2019.pdf>

# Примеры применения разработанного алгоритма



Спасибо за внимание!