

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Московский физико-технический институт (национальный  
исследовательский университет)

Физтех-школа радиотехники и компьютерных технологий  
Кафедра интеллектуальных информационных систем и технологий

Выпускная квалификационная работа бакалавра

## Исследование методов классификации движений человека

**Автор:**

Студент Б01-815а группы  
Токарев Андрей Сергеевич

**Научный руководитель:**

Ст. Преподаватель  
Воронков Илья Михайлович



Москва 2022

**Аннотация**

Исследование методов классификации движений человека

*Токарев Андрей Сергеевич*

Краткое описание задачи и основных результатов,  
мотивирующее прочитать весь текст

**Abstract**

Research of methods for classifying human behaviour

# Содержание

<b>1</b>	<b>Введение</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Постановка задачи</b>	<b>8</b>
2.1	Задача распознавания ключевых точек на теле человека . . . . .	8
2.2	Задача классификации движений/позы человека . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Обзор существующих моделей</b>	<b>9</b>
3.1	Модели для распознавания ключевых точек на теле человека . . . . .	9
3.1.1	BlazePose by MediaPipe . . . . .	9
3.1.2	MoveNet.SinglePose.lightning by TensorFlowHub . . . . .	9
3.1.3	OpenPose by ... . . . .	9
3.1.4	MMPose by OpenMMLab . . . . .	9
3.1.5	AlphaPose . . . . .	9
3.1.6	Detectron2 by FacebookResearch . . . . .	9
3.2	Модели для классификации позы человека . . . . .	10
3.2.1	MMAction2 by OpenMMLab . . . . .	10
3.2.2	BlazePose by MediaPipe . . . . .	10
3.2.3	mmakos . . . . .	10
3.2.4	HPC . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Поиск данных</b>	<b>11</b>
4.1	Data for Pose Estimation . . . . .	11
4.1.1	LSP . . . . .	11
4.1.2	MPII HRD . . . . .	11
4.1.3	COCO keypoints . . . . .	11
4.2	Data for Pose Classification . . . . .	11
4.2.1	HPC/mmakos . . . . .	11
4.2.2	MPII . . . . .	11
4.2.3	Yoga-82 . . . . .	11
4.3	Not Available data . . . . .	11
4.3.1	Human3.6M . . . . .	11
4.3.2	Surreal . . . . .	11
4.3.3	BUFF . . . . .	11
<b>5</b>	<b>Эксперимент/Исследование</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>Заключение</b>	<b>13</b>

# 1 Введение

В этой части надо описать предметную область, задачу из которой вы будете решать, объяснить её актуальность (почему надо что-то делать сейчас?). Здесь же стоит ввести определения понятий, которые вам понадобятся в постановке задачи.

## 3 Вариант введения.

Понимание движений человека является необходимой частью нашей жизни. При общении людьми часто используется жестикация, так как это помогает выражать чувства, эмоции и доносить свои мысли до окружающих. Из анализа позы человека можно сделать вывод о его состоянии. К примеру, хромота или нахождение в неестественном положении говорят о необходимости не только медицинской, но, возможно, и вашей помощи. Ещё можно обратиться к психоанализу, а точнее к разделу о языке телодвижений. В нем по позе можно сделать вывод о характере человека или о текущем состоянии, его заинтересованности в беседе. Также работает распознавание движений. Если мы видим бегущих в панике людей, то наш мозг получает сигнал об опасности и спасает нас. Из приведенных ситуаций становится понятно, почему определение позы и классификация движений являются важными аспектами нашей жизни. В связи с развитием информационных технологий, человечество задумалось над выполнением данной задачи с помощью компьютера. Тогда можно будет добавить дополнительный источник информации для взаимодействия искусственного интеллекта с человеком.

При рассмотрении данной задачи через призму машинного обучения, получим, что нам нужно классифицировать положение человека, данные о котором необходимо каким-то образом получать. Первый способ - надеть на добровольца датчики и, считывая координаты каждого из них, построить на компьютере его позу и, таким образом, восстановить скелет для последующего анализа. Второй способ - искать особые точки на фотографии с помощью компьютерного зрения. Установим камеру и начнем анализировать положение и скелет человека, исходя из картинки. Тогда не придется закупать большое количество датчиков для снятия данных, а нужна будет только камера и вычислительные мощности для работы алгоритмов глубокого обучения. Несмотря на сложность реализации первого варианта, его удобно использовать для подготовки тренировочных датасетов [1].

Движение - это растянутый во времени процесс. Он анализируется по видеозаписям, каждая из которых представляет собой последовательность кадров. Поэтому первоначально научиться работать с изображением. Как же собирать данные для модели классификации?

Восстановление скелета (Skeletal Representation), детекция (Pose Detection) и оценка позы (Pose Estimation), распознавание движения (Action Recognition) являются расширением одной задачи: распознавание ключевых точек на теле человека (Key-points Detection). Задача, которая имеет прикладной смысл не только в связке с классификацией движений. В работе мы будем рассматривать распознавание только на картинке, то есть в 2-х мерном пространстве. Но ведь можно восстанавливать положение человека (скелет человека) в 3-х мерном пространстве [2] [3]. Используя генеративные нейронные сети можно воссоздавать не только скелет человека, но и тело человека [4]. Объединяя две предыдущие задачи можно получить набор данных из 3-х мерных людей в различных позах. Некоторые исследователи уже пробуют реализовывать этот симбиоз на практике [5].

Если перейти в тематику биологических и медицинских наук, то можно развивать

данную тему на примере восстановления структуры тканей человека. Получается, мы сможем по фотографии моделировать распределение мышечных, жировых и других тканей в теле человека. Это поможет более детально изучать проблемы персонально, каждого человека и подбирать индивидуальные курсы лечения или диеты.

Восстановление скелета человека поможет спасателям анализировать положение человека под завалами и строить планы по его спасению, имея более детальную информацию. Правда в данном случае необходимо быстрое действие алгоритма и очень важно получить изображение человека.

В современном мире, где повсюду слышны разговоры о технологиях дополненной реальности и мета вселенной, найдем ещё одно применение для алгоритмов детектирования позы. Для нахождения в виртуальной вселенной необходимо транслировать человека туда, а значит можно с помощью видеокамер определять положение, восстанавливать скелет и получать итоговое изображение или 3-х мерную модель. Чем-то напоминает фильм "Первому Игроку Приготовиться" Стивена Спилберга. Добавим алгоритм генерации аватара вместо реального человека и получим рабочий алгоритм трансляции живого человека в мета вселенную.

Второй частью работы является задача классификации (Pose Classification), которая использует данные, полученные в первой части. Таким образом, мы построили алгоритм анализа движений человека на статическом изображении. По изображению мы не можем давать оценку поведению человека, но своеобразный "помощник" из полученного алгоритма будет хорошим. Рассмотрим некоторые идеи применения.

Начать можно с медицины. Восстановление больных после операций, травм и несчастных случаев - это длительный и трудоемкий процесс, требующий постоянного присмотра врача. Если человек учится двигаться, то нужен тренер, который укажет на ошибки и исправит вас. Решение нашей задачи помогает таким пациентам. Анализ движений может сравнивать человека с эталоном и указывать на ошибки. Также при наблюдении за больным алгоритм может идентифицировать отклонения от нормального поведения и вызвать врача (к примеру увидеть приступы эпилепсии у человека). Это может спасти множество жизней по всему миру, просто вызывая врача в необходимый момент, а также помочь в восстановлении.

Также можно выявлять у здорового человека заболевания или дефекты скелета. Можно анализировать сколиоз или сутулость и подсказывать людям, что надо стараться держать спину прямо. Хотя лучше направлять к врачу на консультацию и лечить дефекты позвоночника сразу. Проведя исследование населения, мы получим статистику тех или иных отклонений. Так уже сделали производители кроссовок и с помощью gait-анализа [6] помогают выбрать подходящую обувь.

Посмотрим теперь на спорт. Из классификатора можно сделать хорошего судью соревнований в тех видах, где надо различать, отслеживать положения тела. К примеру, GOOGLE придумали использовать классификатор как счетчик подтягиваний, приседаний или отжиманий [7] и это можно поместить в современный смартфон. Если углубиться дальше, то решение можно обернуть интерфейсом и создать хорошего робота-фитнес-тренера. Ведь настроив камеру смартфона на наблюдение за вами во время тренировки, приложение будет подсказывать вам правильную позу для упражнения и укажет на ошибки, если таковые имеются.

При развитии моделей в будущем, можно будет найти другие варианты применения технологии классификации движений человека. Можно анализировать поведение группы людей, но для этого надо хорошо восстанавливать скелет нескольких человек на одном изображении [8] [9] [10]. Также есть возможность предсказывать

будущие действия человека при изучении уже имеющихся [11]. Если опять затронуть идею генеративных нейронных сетей, то можно генерировать движения человека по заданному начальному условию. Следовательно, можно создавать искусственные видеозаписи или добавлять неигровых персонажей (npc - non-player character) в виртуальную реальность. В медицине можно моделировать восстановление двигательной активности человека или моделирование протезов индивидуально под каждого пациента.

Как можно заметить, применений можно придумать множество - необходимо реализовать проект и получить модель. В текущий момент в мире уже существует какое-то количество решений описанных выше задач. В предложенной вашему чтению работе я рассмотрю некоторые из них, приведу качественную оценку результатам эксперимента и сделаю вывод с определением дальнейшего моего развития в данной теме. (МОЖЕТ СТОИТ УБРАТЬ ПРО МОЕ РАЗВИТИЕ В ДАННОЙ ТЕМЕ?)

## 2 Вариант введения. Вроде не законченный.

После достижения определенных хороших результатов в области детекции объектов на изображениях необходимо было двигаться дальше. Одним из дальнейших направлений стала классификация движений человека с помощью нейронных сетей. Пусть на данный момент уже делаются попытки предсказывать будущие движения человека по предыдущим кадрам видеозаписи (НЕОБХОДИМА ССЫЛКА), но в данной работе мы сфокусируемся на анализе современных методов классификации движений человека. Так как данная задача подразделяется на две части: распознавание ключевых точек на теле человека и классификация движения человека исходя из анализа результатов прошлой части.

Первая часть работы имеет дальнейшее развитие, не связанное с классификацией движений, в задачу восстановления скелета человека в 3-х мерном пространстве (ССЫЛКА) и в задачу о генерации данных (ССЫЛКА): синтетические люди в 3-х мерном пространстве. Эти задачи могут помочь как ученым в моделировании человеческих поз и их дальнейшем изучении, так и коммерческим компаниям в производстве аксессуаров дополненной реальности. А так как в последнее время многие компании развивают идеи виртуальной реальности, то необходимо каким-то образом подгружать человека в виртуальный мир. Одним из способов может стать съемка его через камеру. Представьте через несколько лет виртуальную конференцию в большой компании, где все участники находятся в виртуальном мире через веб-камеру. Интересно, не так ли?

Вторая же часть работы является развитием первой части. Исходя из состояния ключевых точек мы можем построить 2-х мерный скелет, по которому можно проанализировать позу человека. Анализируя позу мы можем сделать вывод о том, какое движение человек выполняет. В этом и состоит анализ движения человека. Развивается данная идея в анализ видео последовательности кадров, в анализ межчеловеческого взаимодействия на картинках и в предсказание будущих движений человека по уже имеющимся.

## 1 Вариант введения.

В данной работе будет представлен анализ современных систем распознавания ключевых точек на теле человека и классификации движений человека по данным полученным данным. На сегодняшний момент мир довольно сильно развился и требует анализа человеческих действий с помощью искусственного интеллекта. Исходя из таких запросов был сформирован план действий по достижению таких резуль-

татов. Такие моменты как переход от 2D картинки к 3D моделированию скелета человека, сложные позы и разный рост людей решаются в данный момент различными способами, которые будут описаны ниже.

Области применения этой задачи могут быть весьма разнообразные: виртуальная реальность (VR, AR), медицина (восстановление больных и слежение за их движениями - правильно или неправильно они двигаются), фитнес-приложения (отслеживать правильность выполнения упражнения), производство различных аксессуаров (если человек работает в определенной позе, то можно смоделировать его положение и понять каким образом лучше реализовать инструмент или аксессуар). Одна компания анализировала постановку стопы человека (необходимо добавить ссылку на информацию), чтобы принять решение о выпуске будущей коллекции обуви. Оказалось, что большинство людей заваливают ногу внутрь и из-за этого им лучше покупать специальную обувь. Также можно анализировать правильность выполнения упражнения в спорте, а также вести подсчет повторений на соревнованиях (пожтигивание, отжимание или приседание), ведь если человек не примет верную позу, то повторение не будет засчитано :)

По моим ощущениям данная задача является одной из тех задач, которые могут упростить жизнь на нашей планете и сделать ее более безопасной и продвинутой. Данная технология поможет во многих отраслях жизни, поэтому я бы хотел продолжить развиваться в области данной задачи.

## 2 Постановка задачи

Здесь надо максимально формально описать суть задачи, которую потребуются решить, так, чтобы можно было потом понять, в какой степени полученное в результате работы решение ей соответствует. Текст главы должен быть написан в стиле технического задания, т.е. содержать как описание задачи, так и некоторый набор требований к решению

Данная задача решается в два этапа. Изначально необходимо обработать имеющуюся фотографию и найти ключевые точки, а потом уже классифицировать позу человека, исходя из информации об этих точках. Тут задерживаться не стоит и можно переходить к описанию каждой задачи по отдельности.

### 2.1 Задача распознавания ключевых точек на теле человека

В данном подразделе мы рассмотрим постановку задачи распознавания ключевых точек на теле человека, метрики для оценки хорошеи работы модели и возможные улучшения с течением времени.

Начнем с того, сколько точек мы должны распознать: 17,25,33. Именно такие варианты сейчас есть на рынке. Возможно и более большее количество точек, если объединять их с моделями распознавания рук и очертаний лица. Но это уже другая история.

### 2.2 Задача классификации движений/позы человека



## 3 Обзор существующих моделей

Здесь надо рассмотреть все существующие решения поставленной задачи, но не просто пересказать, в чем там дело, а оценить степень их соответствия тем ограничениям, которые были сформулированы в постановке задачи.

### 3.1 Модели для распознавания ключевых точек на теле человека

В данном разделе мы рассмотрим 5-6 различных моделей. В главе 5 мы выберем 4 наиболее удобные в использовании и в обучении и проведем эксперимент по оценке данных моделей.

Так же хочется сказать, что, помимо приведенных, есть множество моделей от одиночных авторов, не объединенных в лаборатории. Они в основном брали какую-то из представленных моделей и проводили небольшое улучшение. Таким образом в сети можно найти множество рабочих ссылок на репозитории. Стоит только поискать.

А теперь перейдем к моделям.

#### 3.1.1 BlazePose by MediaPipe

MediaPipe является одним из проектов компании GOOGLE и в своей работе решает задачи компьютерного зрения. Там уже были модели для распознавания лиц, ладоней и детекции человека на картинке. Для нас же интересна задача детекции ключевых точек, которую и решает модель BlazePose. На данный момент модель может отслеживать движения на видеофрагменте, а также строить маску движения человека. При запуске тестового кода ноутбука отработало все очень хорошо и приятно. Рассмотрим же дальше ее особенности.

#### 3.1.2 MoveNet.SinglePose.lightning by TensorFlowHub

Данная модель представляет собой отрисовку персонально человека. Есть более развитая версия этой модели, которая может в мультиперсональный трекинг.

#### 3.1.3 OpenPose by ...

Азиаты

#### 3.1.4 MMPose by OpenMMLab

Азиаты

#### 3.1.5 AlphaPose

Азиаты?

#### 3.1.6 Detectron2 by FacebookResearch

Работает не очень приятно, но как бы она есть и то ладно.

## **3.2 Модели для классификации позы человека**

В данном разделе мы рассмотрим 4 различных моделей. Позже выберем 3 наиболее удобные в использовании и в обучении и проведем эксперимент по оценке данных моделей.

### **3.2.1 MMaction2 by OpenMMLab**

Что-то сложное...

### **3.2.2 BlazePose by MediaPipe**

Просто накинули сверху предыдущей модели kNN.

### **3.2.3 mmakos**

Чувак взял OpenPose и добавил классификатор.

### **3.2.4 HPC**

Уже и не помню про что тут...

## 4 Поиск данных

Здесь надо декомпозировать большую задачу из постановки на подзадачи и продолжать этот процесс, пока подзадачи не станут достаточно простыми, чтобы их можно было бы решить напрямую (например, поставив какой-то эксперимент или доказав теорему) или найти готовое решение.

### 4.1 Data for Pose Estimation

#### 4.1.1 LSP

#### 4.1.2 MPII HRD

#### 4.1.3 COCO keypoints

### 4.2 Data for Pose Classification

#### 4.2.1 HPC/mmakos

#### 4.2.2 MPII

#### 4.2.3 Yoga-82

### 4.3 Not Available data

#### 4.3.1 Human3.6M

#### 4.3.2 Surreal

#### 4.3.3 BUFF

## 5 Эксперимент/Исследование

Если в рамках работы писался какой-то код, здесь должно быть его описание: выбранный язык и библиотеки и мотивы выбора, архитектура, схема функционирования, теоретическая сложность алгоритма, характеристики функционирования (скорость/память).

## 6 Заключение

Здесь надо перечислить все результаты, полученные в ходе работы. Из текста должно быть понятно, в какой мере решена поставленная задача.

## Список литературы

- [1] Human3.6M: Large Scale Datasets and Predictive Methods for 3D Human Sensing in Natural Environments / Catalin Ionescu, Dragos Papava, Vlad Olaru, Cristian Sminchisescu // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. — 2014. — jul. — Vol. 36, no. 7. — Pp. 1325–1339.
- [2] Deep 3D human pose estimation: A review / Jinbao Wang, Shujie Tan, Xiantong Zhen et al. // *Computer Vision and Image Understanding*. — 2021. — Vol. 210. — P. 103225. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1077314221000692>.
- [3] *Tome, Denis*. Lifting from the Deep: Convolutional 3D Pose Estimation from a Single Image / Denis Tome, Chris Russell, Lourdes Agapito // 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). — 2017. — Pp. 5689–5698.
- [4] Detailed, Accurate, Human Shape Estimation From Clothed 3D Scan Sequences / Chao Zhang, Sergi Pujades, Michael J. Black, Gerard Pons-Moll // The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). — 2017. — July.
- [5] Learning from Synthetic Humans / Gül Varol, Javier Romero, Xavier Martin et al. // CVPR. — 2017.
- [6] *Whittle, Michael W*. Clinical gait analysis: A review / Michael W. Whittle // *Human Movement Science*. — 1996. — Vol. 15, no. 3. — Pp. 369–387. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0167945796000061>.
- [7] *google.github.io*. Pose Classification. — [https://google.github.io/mediapipe/solutions/pose\\_classification.html](https://google.github.io/mediapipe/solutions/pose_classification.html).
- [8] OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields / Z. Cao, G. Hidalgo Martinez, T. Simon et al. // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. — 2019.
- [9] *Kocabas, Muhammed*. MultiPoseNet: Fast Multi-Person Pose Estimation using Pose Residual Network. — 2018. <https://arxiv.org/abs/1807.04067>.
- [10] RMPE: Regional Multi-person Pose Estimation / Hao-Shu Fang, Shuqin Xie, Yu-Wing Tai, Cewu Lu // ICCV. — 2017.
- [11] Prediction of Human Activities Based on a New Structure of Skeleton Features and Deep Learning Model / Neziha Jaouedi, Francisco J. Perales, José Maria Buades et al. // *Sensors*. — 2020. — Vol. 20, no. 17. <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/17/4944>.
- [12] *Contributors, MMPose*. OpenMMLab Pose Estimation Toolbox and Benchmark. — <https://github.com/open-mmlab/mmpose>. — 2020.
- [13] *Bazarevsky, Valentin*. BlazePose: On-device Real-time Body Pose tracking. — 2020. <https://arxiv.org/abs/2006.10204>.
- [14] Hand Keypoint Detection in Single Images using Multiview Bootstrapping / Tomas Simon, Hanbyul Joo, Iain Matthews, Yaser Sheikh // CVPR. — 2017.
- [15] Convolutional pose machines / Shih-En Wei, Varun Ramakrishna, Takeo Kanade, Yaser Sheikh // CVPR. — 2016.