

Система компьютерного зрения для детектирования опасных ситуаций на производстве

Фомин Никита Алексеевич, М26 группа

Научный руководитель:

к.ф.-м.н. Солдатенко Илья Сергеевич

Тверской государственный университет

Факультет прикладной математики и кибернетики

Кафедра информатики и информационных технологий

Тверь — 2024

Содержание

- 1 Постановка задачи
- 2 Распознавание и скелетизация людей
- 3 Детектирование нахождения в опасной зоне
- 4 Принятие решения
- 5 Результаты
- 6 Направления улучшения

Постановка задачи



Постановка задачи

Начальные предположения:

- Опасная зона для конкретной камеры задана заранее
- Детектируем только случай нахождения в опасной зоне без СИЗ

Архитектура решения



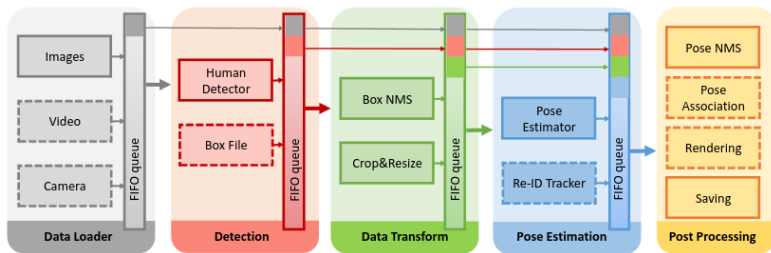
Распознавание людей и их позиций



Скелетизация



Модель AlphaPose



Выходной формат данных скелетной модели

По заданному кадру алгоритм строит множество S скелетных моделей.

Каждый элемент S имеет вид:

$$(ID, K, BB),$$

где:

- ID – уникальный идентификатор человека в кадре
- K – список ключевых точек скелетной модели
- BB – ограничивающая рамка для изображения человека

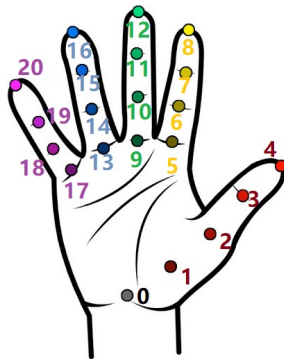
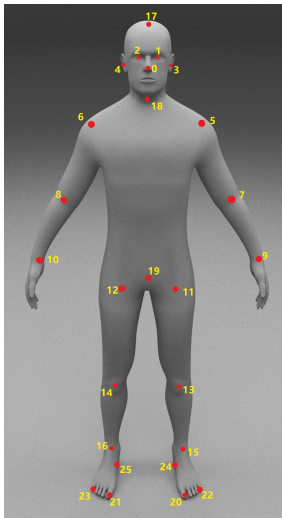
Формат представления ключевых точек

$$K = [(x_i, y_i, c_i)]_{i=0}^{N-1},$$

где

- (x_i, y_i) – координаты ключевой точки на изображении
- c_i – уверенность алгоритма, что ключевая точка предсказана корректно
- N – общее число ключевых точек (26 тело, 21 левая рука, 21 правая рука)

Нумерация ключевых точек



Простейшее определение опасной зоны

В простейшем случае, опасную зону можно определить следующим образом.

Зафиксируем выпуклый многоугольник A на изображении.

$$x_{min} = \min\{x : \exists y(x, y) \in A\}$$

$$x_{max} = \max\{x : \exists y(x, y) \in A\}$$

Тогда опасной зоной DZ будем называть выпуклую оболочку множества

$$A \cup \{(x_{min}, 0), (x_{max}, 0)\}$$

Определение принадлежности опасной зоне

Задан минимальный порог срабатывания m для принадлежности ключевой точки зоне.

По определению $I_i = 1$, если ключевая точка человека (x_i, y_i, c_i) находится в опасной зоне.

$$I_i = 1 \iff (c_i \geq m) \wedge ((x_i, y_i) \in DZ)$$

Задана минимальная доля t ключевых точек, принадлежащих опасной зоне, при которой считаем человека находящимся в ней.

Считаем, что человек находится в опасной зоне, если:

$$\frac{\sum I_i}{N} \geq t$$

Усложнение определения опасной зоны

Будем считать, что область пространства, обозреваемого камерой, локально представляет из себя \mathbb{R}^3 .

Зафиксируем правильный многоугольник A в плоскости $z = 0$. Тогда опасной зоной будем называть множество:

$$DZ = \{(x, y, z) : (x, y, 0) \in A\}$$

Детектирование нахождения в опасной зоне



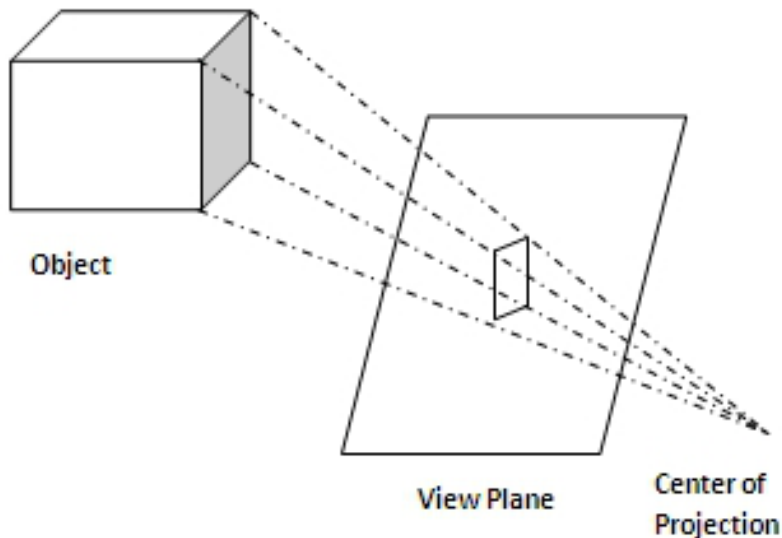
Усложнение определения опасной зоны

Перейдём от координат в \mathbb{R}^3 к обобщённым координатам в \mathbb{P}^3 . Рассмотрим изображение как проективную плоскость \mathbb{P}^2 и найдём отображение $P_{3 \times 4}$:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ w \end{pmatrix} = P_{3 \times 4} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ T \end{pmatrix}$$

Имея матрицу камеры $P_{3 \times 4}$ можно проверять что ключевые точки скелетной модели находятся внутри призмы представляющей собой опасную зону.

Пример центральной проекции



Принятие решения

Пусть

$[P_i]_{i=0}^{M-1}$ – результат работы модуля распознавания СИЗов,

$[D_i]_{i=0}^{M-1}$ – результат работы модуля детектирования нахождения в опасной зоне:

$P_i = 1 \iff i\text{-й человек находится в кадре без СИЗ}$

$D_i = 1 \iff i\text{-й человек находится в кадре в опасной зоне}$

В данном случае M – число обнаруженных людей в кадре. Тогда будем считать ситуацию на текущем кадре опасной, если истинно следующее значение:

$$F = \bigvee_{i=0}^{M-1} (P_i \wedge D_i)$$

Матрица возможных ответов

Для расширения спектра возможных ответов требуется введение индикатора присутствия человека без СИЗ в кадре:

$$P = \bigvee_{i=0}^{M-1} P_i$$

$P_i \backslash D_i$	0	1
0	—	$P \wedge \neg F$
1	—	F

Промежуточные результаты

- Описана архитектура системы компьютерного зрения для детектирования опасных ситуаций на производстве
- Описана процедура построения скелетных моделей людей в кадре с использованием модели AlphaPose
- Описана процедура проверки принадлежности скелетного представления выделенной опасной зоне (*)
- Описана процедура принятия решения по заданному кадру

Возможные направления дальнейшего улучшения

- Калибровка гиперпараметров модели AlphaPose для увеличения стабильности получаемых скелетных моделей
- Доработка метода проверки принадлежности опасной зоне на основе поиска калибровочной матрицы
- Реализация метода аппроксимации калибровочной матрицы на основе обучения с подкреплением и сравнение его с классическими
- Реализация межкадрового взаимодействия блоков для увеличения точности