EX2_1 Ball Detection and Segmentation

Froschauer Michael - S2410454009

29. März 2025

1 Recherche der Bilddatenbanken für Sportarten

Für die Umsetzung der Ballerkennung und Ballsegmentierung wurde die Sportart Fußball gewählt. Zur Auswahl entsprechender Testbilder wurden die folgenden öffentlichen und frei verwendbaren Bilddatenbanken durchsucht:

- COCO Dataset – Eine umfangreiche Sammlung von Bildern mit Annotationsdaten für verschiedene Anwendungen, einschließlich Bildsegmentierung und Objekterkennung.
- Open Images Dataset – Eine Open-Source-Bilddatenbank von Google, die eine große Sammlung von Bildern mit Segmentierungs- und Klassifikationsannotationsdaten bietet.
- PA Images – Eine Bilddatenbank, die speziell auf Sportbilder und -ereignisse fokussiert ist, darunter auch Fußballbilder.

Mithilfe dieser Datenbanken wurden einige Testbilder ausgewählt, die für dieses Projekt verwendet werden. Diese Testbilder sind in der ZIP-Datei, die mit der Abgabe übermittelt wird, enthalten.

2 Lokalisierung von Bällen im Bild

Für die Lokalisierung von Bällen wurde `YOLO11` von Ultralytics als Python-Bibliothek verwendet. `YOLO11` (You Only Look Once) ist ein Modell zur Objekterkennung, das in der Lage ist, Objekte in Bildern zu klassifizieren und zu lokalisieren. Es bietet eine einfache Implementierung und ermöglicht sowohl die Nutzung vortrainierter Modelle als auch das Training eigener Modelle. In unserem Fall wurde das vortrainierte Modell verwendet, das bereits in der Lage ist, den Klassentyp `sports ball` zu erkennen, was für unsere Anwendung ausreichend ist.

Die Verwendung sieht wie folgt aus:

```
1 yolo_results = model(image_path)
```

Dabei gibt `model(image_path)` die Objekte im Bild zurück, zusammen mit den Koordinaten der Rechtecke (Bounding-Boxes), die die erkannten Objekte umschließen. Da `YOLO11` jedoch eine gewisse Rechenzeit benötigt, wurden die Ergebnisse für jedes Bild in einer Ergebnisdatei serialisiert. Diese serialisierten Ergebnisse können später erneut verwendet werden, ohne dass das Modell die Objekterkennung für dasselbe Bild wiederholen muss.

Um die Ergebnisse für ein Bild zu verarbeiten und die Bälle zu lokalisieren, wird folgender Aufruf verwendet:

```
1 image_bounding_box, ball_boxes = process_detections(image_bounding_box, yolo_results,
  ↪  class_names)
```

In dieser selbst implementierten Funktion wird das Bild zusammen mit den YOLO Ergebnissen übergeben. Es wird ein Bild zurückgegeben, auf dem die erkannten Objekte markiert sind. Zusätzlich wird eine Liste erzeugt, die nur die Rechtecke enthält, in denen Bälle erkannt wurden.

Mit dieser Grundlage kann nun die Segmentierung der Bälle in den erkannten Bereichen beginnen.

3 Segmentierung der Bälle

Im nächsten Schritt sollten nach der Klassifizierung der Bälle, die Segmentierung folgen. Hierfür sollte haupsächlich die Farbe des Balls hergenommen werden.

In unserem Fall sollten Fußbälle segmentiert werden.

Hier entstehen einige Schwierigkeiten: * Fußbälle haben typischerweise nicht immer die gleiche Farbe. Meistens sind sie weiß, allerdings nicht immer. * Fußbälle sind nicht einfärbig. Es gibt oft verschiedene Bereiche die eine andere Farbe haben. * Bälle im allgemeinen, sind auf ca 1/3 der Fläche des Bildes um einiges dunkler, da sie einen Schatten werfen, gerade wenn diese am Boden liegen. Das stellt eine Herausforderung bei der Segmentierung mittels der Farbe dar.

Um die Bälle möglichst gut segmentieren zu können muss auf diese Schwierigkeiten geachtet werden und entsprechend verschiedene Ansätze getestet, die ein möglichst gute Segmentierung versprechen.

Aufteilung der Implementierung

1. Erstellen oder einlesen des Ergebnisses vom YOLO Modell (sports ball boxes, image mit klassifizierung). 2. Erstellen der Ball-Maske (Hier werden verschiedene Methoden getestet) 3. Overlay der Ball-Maske auf das Originalbild erstellen. 4. Erstellte Bilder anzeigen/speichern.

Erstellung der Ball-Maske

Für die Erstellung der Ball-Maske wurde der Bereich der von YOLO-Modell erkannt wurde näher analysiert. Dabei wurde nicht genau der Bereich gewählt sondern, der Bereich in jede Richtung um 10 Pixel erweitert. Das hat den Grund, da das YOLO-Modell manche Bälle leicht abgeschnitten hat.

Ich habe hierfür verschiedene Methoden getestet um die Bälle zu segmentieren. * Bild entsprechend mit Filtern vorbereiten und dann mit KMeans Algorithmus nach Farben segmentieren. -> Wenn die Filter und Filterparameter entsprechend dem Bild gut gewählt werden funktioniert es relativ gut. Allerdings dann nicht allgemein für verschiedene Bälle mit verschiedenen Farben. -> Filterung: 1. Bild verschwommen machen mit Gaussian-Blur. 2. KMeans-Segmentierung anwenden. 3. Bild in Graustufenbild umwandeln. 4. Threshold auf das Bild anwenden um es Weiß-Schwarz zu machen. 5. Morphologische Filter Open-Close anwenden um Artefakte zu entfernen. * Kantenerkennung mit Canny-Edge-Detector und Sobel-Edge-Detector -> Keine guten Ergebnisse, man konnte damit garnichts anfangen. Nicht weiter verfolgt. * Bild entsprechend mit Filtern vorbereiten und dann Kreiserkennung mit ‘cv2.HoughCircles‘ den Ball erkennen. -> Funktioniert ausgezeichnet gut. Die Bälle werden unabhängig von Spiegelung und Farbe sehr gut erkannt. -> Filterung: 1. Bild in Graustufenbild umwandeln. 2. Bälle im Bild mit ‘HoughCircles‘ erkennen lassen. 3. Weiß-Schwarz Maske des erkannten Kreis erstellen.

Ball im Bild segmentieren

Nach der Erstellung der Ball-Maske kann diese auf das ursprüngliche Bild angewandt werden. Hierfür wird ... (ganz kurze Beschreibung des Codes, dieser muss nicht ganz eingefügt werden):

“‘python $image_ball_box = image[y_min : y_max, x_min : x_max].copy()$

Create red overlay color for the same region $overlay_color = np.full_like(image_ball_box, (0, 0, 255), dtype = np.uint8)$

Apply mask to the overlay $mask_indices = ball_mask > 0 image_ball_box[mask_indices] = ((1 - alpha) * image_ball_box[mask_indices] + alpha * overlay_color[mask_indices]).astype(np.uint8)$

Place modified region back into the original image $image_with_overlay = image.copy() image_with_overlay[y_max, x_min : x_max] = image_ball_box$“‘