

6. Zusammenfassung

Der beschriebene Klassifizierer kann alle im RoboCup-Umfeld auftretenden Farben klassifizieren. Mit ausreichend großer Bilderdatenbank und den daraus resultierenden Trainingsdaten ist der Klassifizierer zudem in der Lage, auf verschiedene Beleuchtungssituationen zu reagieren und auch bei schlechten Lichtverhältnissen gute Ergebnisse zu liefern.

Der Klassifizierer wurde in den Grundzügen bereits zur ersten Teilnahme des Teams Bembelbots 2010 benutzt. Jedoch war die dort verwendete Implementierung nicht effizient genug. Im darauf folgenden Jahr jedoch bewährte sich das Verfahren und konnte sehr gute Ergebnisse liefern. Seitdem wurde weiter an der effizienten Implementierung gearbeitet und der Weg zur fertigen Lookup-Tabelle optimiert. Als Resultat konnte eine Echtzeitklassifizierung der Bildern mit einer Auflösung von 640x480 Bildpunkten erreicht werden. Die volle Bildwiederholungsrate der Kamera (30 Bilder pro Sekunde) kann somit bearbeitet werden.

Aufgrund fehlender Räumlichkeiten an der Universität sind wir gezwungen, Arbeiten am Roboter auf die Semesterferien auszulagern. Dort steht dem Team Bembelbots ein Seminarraum zur Verfügung, der genügend Platz für das gesamte Spielfeld bietet. Jedoch ist es dort nicht Möglich, eine aufwendige und möglichst gleichmäßige Beleuchtung zu installieren. Zudem kommt es häufig zu starken Beleuchtungsänderungen, da der Raum eine große Fensterfront besitzt, durch die das Sonnenlicht ungehindert einfallen kann. Aus diesem Grund ist die Benutzung eines Verfahrens notwendig, das nicht vor jeder Benutzung aufwendig von Hand angepasst werden muss. Es hat sich gezeigt, dass das vorgestellte Verfahren in der Lage ist, zudem auf räumliche Änderungen und den damit wechselnden Beleuchtungssituationen zu reagieren und in jeder Umgebung gute Ergebnisse zu liefern.

Die Beschreibung der Farbwolken mit Hilfe der Mittelwerte und Kovarianzmatrizen hat sich als äußerst robust herausgestellt. Die Ergebnisse aus Abschnitte 4.7 zeigen eine hohe Rate von korrekt klassifizierten Pixeln. Bei dunklen Umgebungen werden eventuell nicht alle Farbwerte einer Klasse zugeordnet, jedoch sind die weiteren Verfahren zur Erkennung der Objekte in der Lage, mit wenigen klassifizierten Pixeln immer noch zuverlässige Aussagen über die wahrgenommenen Objekte zu treffen [Wei11]. Abbildung 6.1 zeigt die erfolgreiche Objekterkennung auch bei sehr schlechten Klassifizierungsergebnissen. Das gezeigte Bild wurde zu Testzwecken mit einer stark erhöhten Belichtungszeit aufgenommen, was die große Anzahl an unklassifizierten Pixel im Feldbereich erklärt.

Die Pixelklassifikation stößt hier an die Grenze des Machbaren. Wenn lediglich der Farbwert betrachtet wird und nicht die Nachbarschaft, in der sich dieser Farbwert befindet, kann es immer zu Fehlern kommen. Es ist nicht möglich, das Band

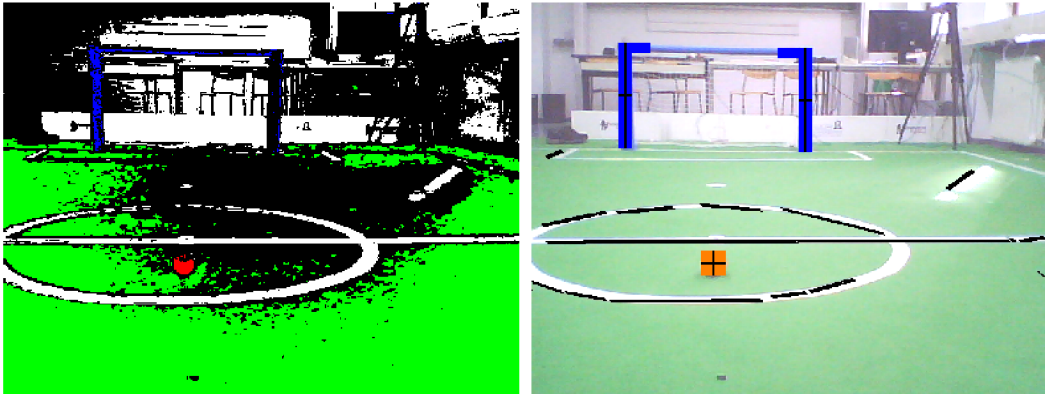


Abbildung 6.1.: Links ein klassifiziertes Bild, bei dem das Grüne Feld sehr schlecht klassifiziert wurde, zudem Fehlklassifizierungen durch das einfallende Licht. Trotzdem wurden alle Objekte auf dem Spielfeld mit den nachfolgenden Methoden zur Objekterkennung erkannt [Wei11].

des blauen Teams von einem blauen Tor zu unterscheiden, da die beiden Farben sehr ähnlich sind. Ebenso ist der Schatten des Balles bei hellem Licht identisch mit der Farbe des pinken Bandes bei dunklem Licht. Zudem ist der hier vorgestellte Klassifizierer auf eine bestimmte Lichtfarbe angepasst. Ändert sich diese, wenn zum Beispiel statt der üblichen Seminarraumbelichtung Baustrahler benutzt werden, so kann dies zu zwei Wolken ein und der derselben Farbkategorie führen. Aktuelle Arbeiten im RoboCup-Umfeld verzichten daher vollkommen auf die Betrachtung der Farbe und erkennen nur zusammenhängende Flächen auf dem Spielfeld [Rei11].

6.1. Ausblick

Es gibt viele interessante Ansätze, die in der kommenden Zeit genauer betrachtet werden sollen. Da das Projekt "Team Bembelbots" auch in Zukunft an nationalen und internationalen Wettkämpfen teilnehmen wird, ist eine ständige Verbesserung der verwendeten Methoden unabdingbar. So sollen in Zukunft versucht werden, Nachbarschaftsbeziehungen in die Lookup-Tabelle einzubauen. Weiter muss ein Verfahren entwickelt werden, das die vollständige Klassifizierung eines Bildes überflüssig macht. So könnte die Spielfeldgrenze des vorherigen Bildes dazu genutzt werden, nur einen Bruchteil des aktuellen Bildes zu klassifizieren.

Um die Ergebnisse der Klassifizierung zu optimieren, könnte die Lookup-Tabelle zur Laufzeit neu geladen werden. Da die Anzahl der Pixel des Spielfeldes eine dominante Rolle spielt, könnte dies zur Bestimmung des Mittelwertes im Bild genutzt werden. Basierend auf diesem Wert könnten dann unterschiedliche Lookup-Tabellen gewählt werden. In [HNS06] werden bereits verschiedene Tabellen benutzt, jedoch abhängig von der Kopfstellung des Roboters.

Ein weiteres, großes Problem sind Linien, die sich sehr weit entfernt vom Roboter

befinden. Diese Linien müssen für eine erfolgreiche Lokalisierung unbedingt erkannt werden. Eine Idee hierfür wäre, die Werte innerhalb der Lookup-Tabelle zuerst mit einem großen Schwellwert für die Farbkategorie *Linie* zu füllen, und anschließend die normalen Werte in diese Tabelle einzutragen.

Zudem wird in absehbarer Zeit die Hardware des Fußballroboters Nao auf den aktuellen Stand der Technik angepasst, was aufwendigere Verfahren möglich macht. Jedoch sollte "schnellere" Hardware nicht dazu verleiten, aufwendigere Algorithmen zu implementieren. Die effiziente Programmierung wird auch dort von entscheidender Bedeutung sein, um genügend Rechenleistung für weitere Prozesse, wie das Verhalten oder die Lokalisierung bereit zu stellen.