

Aufgabenstellung

Die Informatik-AG des Joseph-Weizenbaum-Gymnasiums möchte Methoden des Machine Learnings nutzen, um die selbstgebauten, selbstfahrenden Roboter für den Landes-Schulwettbewerb zu optimieren.

So sollen die Roboter mit Hilfe einer kleiner Kamera selbst entscheiden können, ob sie beim Fahren nach links oder nach rechts ausweichen sollen, wenn sie auf ein Hindernis zufahren - je nachdem auf welcher Seite das Hindernis steht.

Die Schüler*innen haben lange daran gesessen, die Hard- und Software so zu vereinfachen, dass sie ein ganz simples künstliches neuronales Netz dafür entwerfen konnten. Die Idee ist wie folgt:

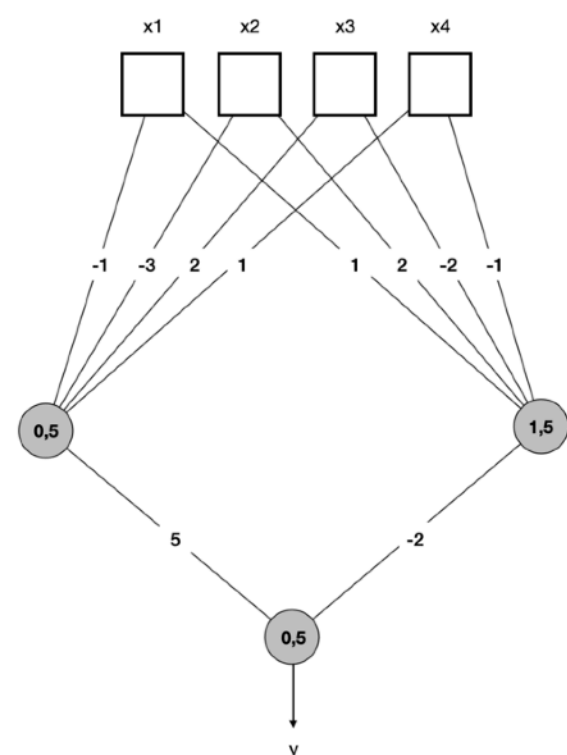
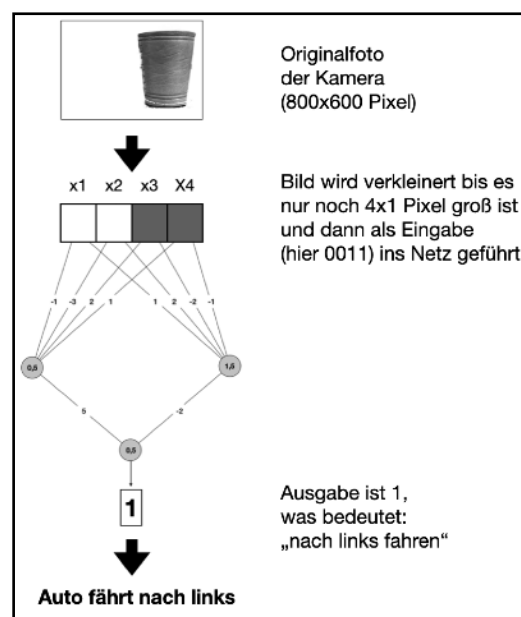
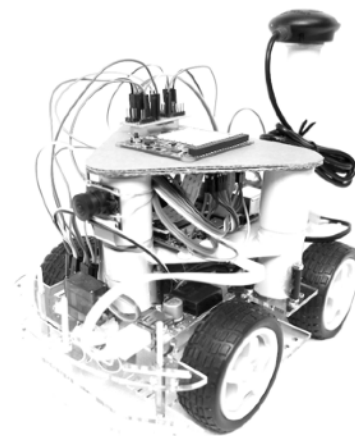
Der Roboter wandelt jedes aufgenommene Foto in ein schwarz-weißes Mini-Foto mit nur 4x1 Bildpunkten um. Der Knobelbecher in der Abbildung sorgt z.B. dafür, dass viel mehr dunkle als helle Bildpunkte im Originalfoto auf der rechten Seite sind, deswegen wird das „Mini-Foto“ auch zu 0011, wobei 0 für weiß und 1 für schwarz steht.

Diese Eingabe 0011 wird nun in ein künstliches neuronales Netz mit vier Eingabeneuronen gespeist.

Das Netz ist vollständig mit binären Aktivierungsfunktionen ausgestattet (jedes Neuron hat die Ausgabe 0 oder 1). Das Netz spuckt daher am Ende einer Erkennung auch 0 oder 1 aus. In diesem Fall ist die Ausgabe 1 und daher fährt das Auto nach links, da dies genauso kodiert wurde.

0 = nach rechts fahren

1 = nach links fahren



Nebenstehend ist das

bereits fertig trainierte künstliche neuronale Netz abgebildet, das die Wahrheitstafel absolut korrekt umsetzt. Die Wahrheitstafel enthält im Übrigen genau die sechs Eingabemöglichkeiten, die zum Training verwendet wurden:

Die Eingaben **1100**, **1000** und **0100** stehen dafür, dass jeweils links „etwas im Bild“ ist, dem durch Rechtsfahren ausgewichen werden muss, da hierfür die Ausgabe y den Wert 0 hat.

Die Eingaben **0011**, **0001** und **0010** stehen dafür, dass jeweils rechts „etwas im Bild“ ist, dem durch Linksfahren ausgewichen werden muss, da hierfür die Ausgabe y den Wert 1 hat.

x1	x2	x3	x4	Y
1	1	0	0	0
1	0	0	0	0
0	1	0	0	0
0	0	1	1	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1

- a) Ermittle beispielhaft für die Eingabe 0011 (also rechts im Bild ist ein Hindernis) die Aktivierungen der drei Neuronen (mit allen Nebenrechnungen) und bestätige dadurch, dass diese Eingabe, wie in der Wahrheitstafel gezeigt, wirklich zur Ausgabe 1 führt!**

Die Schüler*innen sind mit ihrem Projekt soweit zufrieden - bis eine ganz seltsame Situation auftaucht. Während des autonomen Fahrens hält Tom seine Hand in den Bereich, den die Kamera filmt. Obwohl das Auto links hätte fahren müssen, fährt es nach rechts und kollidiert mit einem Hindernis. Zuerst sind alle Schüler*innen sauer auf Tom, danach überlegen sie jedoch, wo der Fehler im System sein könnte.

Nach ein paar Analysen stellen sie fest, dass Toms Hand links im Bild zusammen mit dem Hindernis rechts im Bild zu folgendem Mini-Bild und damit zu folgender Eingabe in das Netz führte:

0 1 0 1

Ein paar Berechnungen später stellen sie dann fest, dass das Netz für diese Eingabe aufgrund der trainierten Gewichte tatsächlich die 0 soweit korrekt ausspuckt (also rechts fahren), obwohl das Haupt-Hindernis ja rechts im Bild war (wo die Ausgabe eigentlich doch 1 sein müsste)¹. Unter den Schüler*innen entfacht eine wilde Diskussion, was wohl die Gründe dafür sind.

Jona: „Wir müssen eine andere Kamera nehmen.“

Kim: „Wir müssen das Netz länger mit unseren Trainingsdaten trainieren.“

Lena: „Wir haben von allen 16 Möglichkeiten nur sechs Kombinationen fürs Training genommen.“

Nele: „Das Netz gibt immer entweder 0 oder 1 aus, das müssen wir ändern. Was ist z.B. bei 1111?“

Tom: „Wir müssen einfach tauschen: 0 soll jetzt „links fahren“ und 1 soll jetzt „rechts fahren“ sein!“

Elisa: „Das zeigt nur, dass solche Netze nicht intelligent sind. Das ist nicht unsere Schuld!“

Luna: „Wir brauchen einfach mehr Neuronen in unserem Netz!“

- b) Nimm Stellung zu den Aussagen der Schüler*innen und begründe deine Stellungnahme zu den Aussagen der Schüler*innen mit deinem bisher erworbenen Fachwissen!**

- c) Entwickle kurz und stichpunktartig Ideen, was evtl. an irgendeiner Stelle geändert werden könnte, um das Problem zu lösen bzw. abzumildern.**

¹ Es stimmt wirklich, du musst das nicht nachrechnen.