

## 6 Neuronale Modellierung: Der STAA-Ansatz

### 6.1 Knoten: die STAA-Neuronensembles

#### 6.1.1 Aktivierungslevel, Aktivierungsfunktion und synaptisches Verbindungsgewicht

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 6.1.1:

- 1 ) Wie errechnet sich die Aktivierung (die Aktivität) eines Knotens?
- 2 ) Wie errechnet sich die Output-Impulsrate eines Knotens?
- 3 ) Zwischen welchen Extrem-Werten kann die Output-Impulsrate variieren?
- 4 ) Wenn ein Knoten keinen Input erhält, wie hoch ist dann die Output-Impulsrate?

#### 6.1.2 Reizintensität und Aktivierungslevel bei Rezeptorneuronen

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 6.1.2:

- 1 ) Wie viele Knoten können ein auditives Spektrum bereits hinreichend kodieren?
- 2 ) Wie viele Neuronen müssen mindestens in einem Knoten zusammengefasst werden, wenn jedes Neuron eine maximale Amplitudenauflösung von 3 dB realisiert und 120 dB pro Knoten aufgelöst werden sollen?

#### 6.1.3 Aktivierungslevel und Grad der Muskelkontraktion bei Motoneuronen

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 6.1.3:

- 1 ) Wie viele artikulatorische Bewegungsachsen sollten in einem primitiven Artikulationsmodell mindestens definiert werden?
- 2 ) Wie viele Knoten können einen motorischen Zustand (eine artikulatorische Einstellung) des Sprechtraktes in einem primitiven Artikulationsmodell bereits hinreichend kodieren, wenn wir annehmen das zwei Knoten pro Bewegungsachse (agonistische/antagonistische Muskel-Gruppe) benötigt werden?

## 6.2 Konnektionismus: Einfache Neuronale Netze im STAA-Ansatz

### 6.2.1 Zwei- und Drei-Buffer-Netzwerke

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 6.2.1:

- 1 ) Warum vermeiden wir den Begriff „neuronale Schicht“ (z.B: verborgene Schicht) und ersetzen ihn hier durch den Begriff „neuronalen Buffer“?
- 2 ) Beschreiben Sie den Aufbau eines einfachen konnektionistischen Zwei-Buffer-Netzwerkes.
- 3 ) Wo sind in einem solchen Netzwerk die Verbindungsgewichte angesiedelt?
- 4 ) Welchen Wertebereich umfassen Verbindungsgewichte?

### 6.2.2 Überwachtes Lernen in einfachen gerichteten Netzwerken

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 6.2.2:

- 1 ) Realisiere 5 Lernschritte für das in Abb. 6.12 gegebene Netzwerk. Pro Lernschritt soll sich das Verbindungsgewicht um den Wert 0.1 erhöhen. Ergibt sich dann das in Abb. 6.10 gezeigte Ergebnis für die Verbindungsgewichte?
- 2 ) Realisiere 10 Lernschritte für das in Abb. 6.13 gegebene Netzwerk. Pro Lernschritt soll sich das Verbindungsgewicht um den Wert 0.1 erhöhen. Ergibt sich das in Abb. 6.11 gezeigte Ergebnis für die Verbindungsgewichte?
- 3 ) Realisiere 6 Lernschritte für das in Abb. 6.6 gegeben Netzwerk, wobei die Anfangs-Verbindungsgewichte auf 0 zu setzen sind. Pro Lernschritt soll sich das Verbindungsgewicht um den Wert 0.1 erhöhen. Welche Werte nehmen die Verbindungsgewichte am Ende (also nach Durchlauf des Trainings) an?

## 6.3 Kohonen-Netzwerke: Sich selbst organisierende Buffer

### 6.3.1 Zur Architektur von Kohonen-Netzwerken

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 6.3.1:

- 1 ) Kann der Kohonen-Buffer auch als Output-Buffer bezeichnet werden?
- 2 ) Welchem Buffer eines Drei-Buffer-Netzwerkes entspricht der sich selbst organisierende Buffer am ehesten?
- 3 ) Wie sind die Knoten innerhalb eines Buffers normalerweise untereinander vernetzt?
- 4 ) Wie sind die Knoten innerhalb eines Kohonen-Buffers untereinander vernetzt?

### 6.3.2 Nicht überwachtes Lernen und sich selbst organisierende Buffer

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 6.3.2:

- 1 ) Was bedeutet Selbstorganisation hinsichtlich der Aktivierungsmuster im Kohonen-Buffer?
- 2 ) Wie läuft nicht überwachtes Lernen ab?
- 3 ) Warum wird im Falle sich selbst organisierenden Netzwerke nicht zwischen Input- und Output-Buffer unterschieden?

### 6.3.3 Ein Beispiel: das Erlernen von phonetischen Vokalkategorien

FRAGEN/AUFGABEN zu Kap. 6.3.3:

- 1 ) Welche Zustände werden im Beispiel der Selbstorganisation der Vokale miteinander assoziiert?
- 2 ) Welche vokalischen Merkmale können anhand der zweidimensionalen Kohonen-Karte abgelesen werden?
- 3 ) Kann eine Clusterbildung auf der Kohonen-Karte erkannt werden?

## Antworten zu Kapitel 6

ANTWORTEN zu Kap. 6.1.1:

- ad 1 ) Die Aktivierung eines Knotens ergibt sich aus der Summe der einzelnen Input-Impulsraten multipliziert mit dem jeweiligen Verbindungsgewicht
- ad 2 ) Die Output-Impulsrate eines Knotens ergibt sich aus der aktuellen Aktivität des Knotens, allerdings gewichtet durch die Aktivierungsfunktion
- ad 3 ) Zwischen den Werten 0 (Minimum) und 1 (Maximum)
- ad 4 ) Üblicherweise liegt die Output-Impulsrate dann dennoch über 0, nämlich auf dem Wert der sogenannten Ruheimpulsrate. Nur durch starke Inhibition kann die Output-Impulsrate eines Knotens auf 0 abgesenkt werden.

ANTWORTEN zu Kap. 6.1.2:

- ad 1 ) Ein auditives Spektrum kann bereits von ca. 24 Knoten repräsentiert werden, wenn ein Intensitätswert pro Frequenzgruppe (Bark-Bereich) angesetzt wird.
- ad 2 ) In dem Fall müssen mindestens 40 Neuronen einen Knoten realisieren, da für die logarithmische Skala (dB-Skala) näherungsweise eine additive Amplitudenauflösung angenommen werden kann.

ANTWORTEN zu Kap. 6.1.3:

- ad 1 ) 12 Bewegungsachsen: Zungenrücken: 2; Zungenspitze: 2; Lippen: 2; Gaumensegel: 1; Unterkiefer: 1; Kehlkopfhöhe: 1; Stimmlippenabstand: 1; Stimmlippenspannung: 1; subglottaler Druck: 1;
- ad 2 ) 24 Knoten; in der Summe ist die Aktivität jedes Knotenpaares konstant.

ANTWORTEN zu Kap. 6.2.1:

- ad 1 ) Der Begriff neuronale Schicht ("neural layer") ist anatomisch durch die sechs-lagige Struktur der Großhirnrinde belegt (siehe auch Kap. 5.1). Ein neuronaler Buffer (auch ein versteckter Buffer) sollte nie als Schicht bezeichnet werden, da er sensorische, motorische oder kognitive Zustände im Bereich der Großhirnrinde repräsentiert und daher mit einem definierten kortikalen Gebiet über alle sechs Schichten des Kortex assoziiert werden kann. Nicht die unterschiedlichen Schichten sondern unterschiedliche aber nebeneinanderliegende kortikale Regionen realisieren Input-, Output- und auch versteckte Buffer.
- ad 2 ) Alle Knoten des (Input-)Buffers sind mit allen Knoten des (Output-)Buffers verbunden.
- ad 3 ) Jede neuronale Verbindung geht von einem bestimmten (Input-)Knoten im Input-Buffer zu einem bestimmten (Output-)Knoten in Output-Buffer. Jedes Verbindungsgewicht ist einer bestimmten (neuronalen) Verbindung zuzuordnen. In der neuronalen Analogie wird das Verbindungsgewicht an der synaptischen Verbindung, also kurz vor dem Output-Buffer realisiert.
- ad 4 ) Die Werte umfassen den Bereich von -1 (maximal inhibierende Verbindung) bis +1 (maximal exzitatorische Verbindung)

ANTWORTEN zu Kap. 6.2.2:

- ad 1 und 2) Das in den Abbildungen gezeigten Ergebnisse für die Verbindungsgewichte ergeben sich in beiden Fällen auch über die Berechnung mittels der Lernschritte. Hilfestellung: Pro Lernschritt müssen alle drei Vokal-Items jeweils einmal am Input- und am Output-Knoten aktiviert werden. Wenden Sie dann Gleichung 6.3 in vereinfachter Form an, indem Sie wie in der Aufgabe gesagt, das Verbindungsgewicht pro Item immer genau im 0.1 erhöhen, wenn sowohl Anfangs- als auch Endknoten gleichzeitig aktiviert sind (Hebb'sche Lernregel!). Ansonsten lassen Sie das Verbindungsgewicht im jeweiligen Lernschritt für das entsprechende Lern-Item unverändert.

ad 3 ) Die Verbindungsgewichte ergeben von oben nach unten (wie Abb. 6.6) für die einzelnen Knoten die folgenden Werte: hoch: 0.6, 0. 0.6, 0.6; tief: 0, 0.6, 0,6, 0; vorne: 0.6, 0.3, 0.3, 0; hinten: 0. 0.3, 0. 9, 0.6

ANTWORTEN zu Kap. 6.3.1:

ad 1 ) Nein! Diese Schicht dient der internen Ordnung von Zuständen.

ad 2 ) Der sich selbst organisierende Buffer (Kohonen Buffer) entspricht dem zwischengeschalteten (dem versteckten) Buffer.

ad 3 ) typischerweise gar nicht; also keinerlei Vernetzung bzw. neuronale Verbindungen innerhalb eines Buffers, solange dieser nichtrekursiv ist.

ad 4 ) Die Vernetzung dient hier der Selbstorganisation beim Lernen: Daher sind hier nah benachbarte Knoten exzitatorisch vernetzt, während entfernte Knoten inhibitorisch vernetzt sind (Meximkanerhut-Funktion). Diese Verbindungsgewichte für diese Vernetzung innerhalb des Kohonen-Buffers ist inhärent und nicht gelernt.

ANTWORTEN zu Kap. 6.3.2:

ad 1 ) Auf dieser zweidimensionalen Karte (im Kohonen-Buffer) werden ähnliche Input-Output-Zustände (sensorisch-motorische Zustände) durch benachbarte Knoten repräsentiert.

ad 2 ) Es werden in randomisierter Folge alle zur Verfügung stehenden Input-Output-Items (sensorisch-motorische Items) im Buffer unterhalb der Kohonen-Ebene (im Input-Output-Buffer) angelegt. Daraufhin organisiert sich die Kohonen-Ebene selbst.

Ad 3 ) Input- und Output-Items (sensorisch-motorische Items) müssen beim Lernen gleichzeitig als Aktivierungsmuster im Buffer der unteren Ebene (Buffer unterhalb der Kohonen-Ebene) angelegt werden. Diese Muster werden somit direkt miteinander assoziiert. Das Netzwerk kann als Input-verarbeitendes Netzwerk beim Lernen aber auch als Output-bereitstellendes Netzwerk nach dem Lernen betrieben werden. Im Fall des Lernens resultiert der motorische Input und der sensorische Input aus der Peripherie (Sprechtrakt). Nach dem Lernen wird motorischer Output zur Ansteuerung des Sprechtraktes bereitgestellt und gleichzeitig stehen auch die (gelernten) Aktivierungen der damit zu assoziierenden sensorischen Erwartungen zur Verfügung, um die gerade realisierte Produktion zu kontrollieren.

ANTWORTEN zu Kap. 6.3.3:

ad 1 ) auditive und motorisch (artikulatorische) Zustände

ad 2 ) die phonetischen Merkmale vorne-hinten und hoch-tief; diese sind dabei sowohl artikulatorisch als auch auditiv definiert, da beim Lernen auch eine Assoziation von motorischen und sensorischen Zuständen stattgefunden hat.

ad 3 ) Ja: Es entstehen „Phonemregionen“, d.h. Bereiche, in denen die Knoten der sich selbst organisierenden Karte unterschiedliche Vokale repräsentieren.