

# Maschinelles Lernen II

## 4. Übung

Prof. Tobias Scheffer  
Dr. Niels Landwehr  
Christoph Sawade

Sommer 2010

Ausgabe am: 19.05.10  
Besprechung am: 26.05.10

### Aufgabe 1

*Viterbi-Algorithmus*

Angenommen Sie hätten die folgenden Wahrscheinlichkeiten aus einem Korpus geschätzt:

$t \setminus t+1$	JJ	VBG	VBP	PRP	VBD	$\pi$	schlau	werden	wir
JJ	0.3	0.0	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	0.0
VBG	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.3	0.0
VBP	0.2	0.3	0.1	0.3	0.1	0.1	0.0	0.5	0.0
PRB	0.0	0.4	0.3	0.1	0.2	0.3	0.0	0.0	0.2
VBD	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.4	0.0	0.0

Zeichnen Sie das entstandene HMM und bestimmen Sie mit Hilfe des Viterbi-Algorithmus die wahrscheinlichste Zustandsfolge zu der Beobachtung „*Wir werden schlau*“. Visualisieren Sie anschliessend Ihre Berechnung und Lösung im Trellis.

### Aufgabe 2

*Forward-Backward-Algorithmus*

Der Forward-Backward-Algorithmus basiert auf der dynamischen Programmierung. Er berechnet die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein HMM  $\lambda$  zum Zeitpunkt  $t$  im Zustand  $i$  befand, gegeben eine beobachteten Sequenz  $O_1, \dots, O_T$ :

$$\gamma_t(i) = P(q_t = i | O_1, \dots, O_T, \lambda).$$

Im Backward-Schritt wird dazu die Hilfsvariable  $\beta_t(i) = P(O_{t+1}, \dots, O_T | q_t = i, \lambda)$  berechnet. Beweisen sie den folgende Zusammenhang, auf dem die effiziente Berechnung basiert.

$$\beta_T(i) = 1$$
$$\beta_t(i) = \left( \sum_{j=1}^N a_{ij} b_j(O_{t+1}) \beta_{t+1}(j) \right)$$

*Hinweis:* Beweis per vollständiger Induktion.

### Aufgabe 3

*Conditional Random Field*

In der Vorlesung haben Sie das Optimierungsproblem für CRFs kennengelernt:

$$\max_{\mathbf{w}} \sum_i \mathbf{w}^T \Phi(Q^{(i)}, O^{(i)}) - \Omega(\mathbf{w}).$$

Geben Sie die Kodierung  $\Phi$  für  $Q = (PRB, VBG, VBD)$  und  $O = (Wir, werden, schlau)$  an. Wie sieht  $\mathbf{w}$  aus?