Semiringparsing

X. Pang M. Trognitz

21.Mai.2007

Gliederung

Wozu?

- Ist ein stochastisches Parsingverfahren
- Eingabe: probabilistische Grammatik in CNF
- Dient zur Berechnung der Wahrscheinlichkeit aller Bäume im Parsewald
- Gibt also die Summe der Wahrscheinlichkeiten aller Bäume im Parsewald aus
- Ausgabe: Inside-Wahrscheinlichkeiten für alle Teilsätze

Wozu?

- Ist ein stochastisches Parsingverfahren
- Eingabe: probabilistische Grammatik in CNF
- Dient zur Berechnung der Wahrscheinlichkeit aller Bäume im Parsewald
- Gibt also die Summe der Wahrscheinlichkeiten aller Bäume im Parsewald aus
- Ausgabe: Inside-Wahrscheinlichkeiten für alle Teilsätze

Wozu?

- Ist ein stochastisches Parsingverfahren
- Eingabe: probabilistische Grammatik in CNF
- Dient zur Berechnung der Wahrscheinlichkeit aller Bäume im Parsewald
- Gibt also die Summe der Wahrscheinlichkeiten aller Bäume im Parsewald aus
- Ausgabe: Inside-Wahrscheinlichkeiten für alle Teilsätze

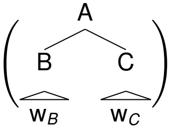
Wozu?

- Ist ein stochastisches Parsingverfahren
- Eingabe: probabilistische Grammatik in CNF
- Dient zur Berechnung der Wahrscheinlichkeit aller Bäume im Parsewald
- Gibt also die Summe der Wahrscheinlichkeiten aller Bäume im Parsewald aus
- Ausgabe: Inside-Wahrscheinlichkeiten für alle Teilsätze

Wozu?

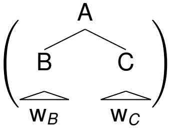
- Ist ein stochastisches Parsingverfahren
- Eingabe: probabilistische Grammatik in CNF
- Dient zur Berechnung der Wahrscheinlichkeit aller Bäume im Parsewald
- Gibt also die Summe der Wahrscheinlichkeiten aller Bäume im Parsewald aus
- Ausgabe: Inside-Wahrscheinlichkeiten für alle Teilsätze

Herleitung

- Wir wollen wissen was p 

- Das setzt sich zusammen aus der Summe der Wahrscheinlichkeiten aller darin enthaltenen Bäume.

Herleitung

- Wir wollen wissen was p 

- Das setzt sich zusammen aus der Summe der Wahrscheinlichkeiten aller darin enthaltenen Bäume.

Herleitung

$p\left(\begin{array}{c} A \\ B \qquad C \\ w_B \qquad w_C \end{array}\right)$ berechnet sich also aus:

$$p\left(\text{1. Baum in } \begin{array}{c} A \\ B \qquad C \\ w_B \qquad w_C \end{array}\right) + p\left(\text{2. Baum in } \begin{array}{c} A \\ B \qquad C \\ w_B \qquad w_C \end{array}\right) + \cdots +$$

$$p\left(\text{vorletzter Baum in } \begin{array}{c} A \\ B \qquad C \\ w_B \qquad w_C \end{array}\right) + p\left(\text{letzter Baum in } \begin{array}{c} A \\ B \qquad C \\ w_B \qquad w_C \end{array}\right)$$

Herleitung

Die Wahrscheinlichkeit der Bäume $\underset{w_B}{\overset{B}{\triangle}}$ und $\underset{w_C}{\overset{C}{\triangle}}$ setzt sich wiederum aus der Summe der Wahrscheinlichkeiten aller darin enthaltenen Bäume zusammen.

Herleitung

Bei Einsetzen in der Formel ergibt sich nun:

$$
\begin{aligned}
& p(1.\text{Baum in} \overset{B}{\underset{w_B}{\triangle}}) \cdot p(1.\text{ Baum in} \overset{C}{\underset{w_C}{\triangle}}) \cdot p(A \rightarrow BC) \\
& + \cdots + p(1.\text{ Baum in} \overset{B}{\underset{w_B}{\triangle}}) \cdot p(\text{letzter Baum in} \overset{C}{\underset{w_C}{\triangle}}) \cdot p(A \rightarrow BC) \\
& + \cdots + p(\text{letzter Baum in} \overset{B}{\underset{w_B}{\triangle}}) \cdot p(1.\text{ Baum in} \overset{C}{\underset{w_C}{\triangle}}) \cdot p(A \rightarrow BC) \\
& + \cdots + p(\text{letzter Baum in} \overset{B}{\underset{w_B}{\triangle}}) \cdot p(\text{letzter Baum in} \overset{C}{\underset{w_C}{\triangle}}) \cdot p(A \rightarrow BC)
\end{aligned}
$$

Herleitung

Um die Formel zu vereinfachen werden folgende Schritte gemacht:

- Herausheben von $p(A \rightarrow BC)$
- Herausheben von $p(\text{1.Baum in} \overset{B}{\underset{w_B}{\triangle}}) \cdots p(\text{ letzter Baum in } \overset{B}{\underset{w_B}{\triangle}})$
- Zusammenfassen aller Bäume aus C zu $p(\overset{C}{\underset{w_C}{\triangle}})$
- Zusammenfassen aller Bäume aus B zu $p(\overset{B}{\underset{w_B}{\triangle}})$

Herleitung

Um die Formel zu vereinfachen werden folgende Schritte gemacht:

- Herausheben von $p(A \rightarrow BC)$
- Herausheben von $p(\text{1.Baum in} \overset{B}{\underset{w_B}{\wedge}}) \cdots \text{p}(\text{ letzter Baum in } \overset{B}{\underset{w_B}{\wedge}})$
- Zusammenfassen aller Bäume aus C zu $p(\overset{C}{\underset{w_C}{\wedge}})$
- Zusammenfassen aller Bäume aus B zu $p(\overset{B}{\underset{w_B}{\wedge}})$

Herleitung

Um die Formel zu vereinfachen werden folgende Schritte gemacht:

- Herausheben von $p(A \rightarrow BC)$
- Herausheben von $p(\text{1.Baum in} \overset{B}{\underset{w_B}{\triangle}}) \cdots \text{p}(\text{ letzter Baum in } \overset{B}{\underset{w_B}{\triangle}})$
- Zusammenfassen aller Bäume aus C zu $p(\overset{C}{\underset{w_C}{\triangle}})$
- Zusammenfassen aller Bäume aus B zu $p(\overset{B}{\underset{w_B}{\triangle}})$

Herleitung

Um die Formel zu vereinfachen werden folgende Schritte gemacht:

- Herausheben von $p(A \rightarrow BC)$
- Herausheben von $p(1.\text{Baum in} \overset{B}{\underset{w_B}{\triangle}}) \cdots \mathrm{p}(\text{ letzter Baum in } \overset{B}{\underset{w_B}{\triangle}})$
- Zusammenfassen aller Bäume aus C zu $p(\overset{C}{\underset{w_C}{\triangle}})$
- Zusammenfassen aller Bäume aus B zu $p(\overset{B}{\underset{w_B}{\triangle}})$

Herleitung

Damit erhalten wir für unseren Algorithmus die Formel:

$$p\left(\begin{array}{c} A \\ B \qquad C \\ w_B \qquad w_C \end{array}\right) = p(A \rightarrow BC) \cdot p\left(\begin{array}{c} B \\ w_B \end{array}\right) \cdot p\left(\begin{array}{c} C \\ w_C \end{array}\right)$$

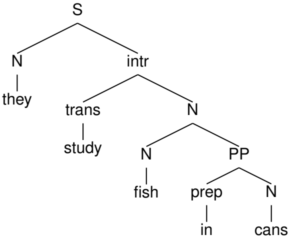
Inside Algorithmus

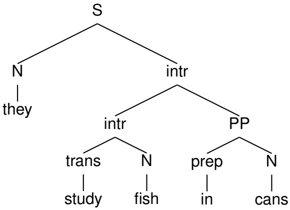
inside$[., ., .] := 0$;
for each $s := 1, ..., n$ do
    for each $A \rightarrow w_s$ do
        inside$[s, A, s+1] := p(A \rightarrow w_s)$;
        for each $l := 2, ..., n$ do
            for each $s := 1, ..., n+1-l$ do
                for each $t := 1, ..., l-1$ do
                    for each $A \rightarrow BC$ do
                        inside$[s, A, s+l] :=$ inside$[s, A, s+l] +$
                            $p(A \rightarrow BC) \cdot$ inside$[s, B, s+t] \cdot$ inside$[s+t, C, s+l]\}$;

Beispiel

they study fish in cans

Gewichtete Grammatik	
p	Regel
1	S $\longrightarrow$ N intr
0.4	intr $\longrightarrow$ trans N
0.6	intr $\longrightarrow$ intr PP
1	N $\longrightarrow$ N PP
1	PP $\longrightarrow$ prep N
0.5	intr $\longrightarrow$ sleep
0.5	intr $\longrightarrow$ fish
0.6	trans $\longrightarrow$ study
0.4	trans $\longrightarrow$ visit
0.33	N $\longrightarrow$ they
0.33	N $\longrightarrow$ cans
0.33	N $\longrightarrow$ fish
0.5	prep $\longrightarrow$ in
0.25	prep $\longrightarrow$ by
0.25	prep $\longrightarrow$ with

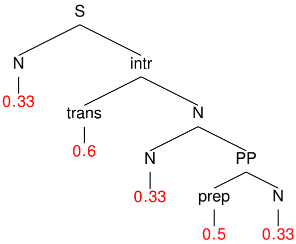


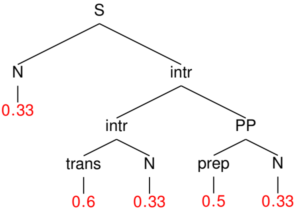


Beispiel

Die Zeilen 1 bis 4 weisen den Blättern ihre Regelwahrscheinlichkeit zu.

Gewichtete Grammatik	
p	Regel
1	S ⟶ N intr
0.4	intr ⟶ trans N
0.6	intr ⟶ intr PP
1	N ⟶ N PP
1	PP ⟶ prep N
0.5	intr ⟶ sleep
0.5	intr ⟶ fish
0.6	trans ⟶ study
0.4	trans ⟶ visit
0.33	N ⟶ they
0.33	N ⟶ cans
0.33	N ⟶ fish
0.5	prep ⟶ in
0.25	prep ⟶ by
0.25	prep ⟶ with

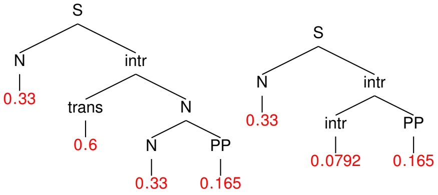




Beispiel

Die Zeilen 5 bis 10 rechnen die Wahrscheinlichkeit des Parsewaldes aus.

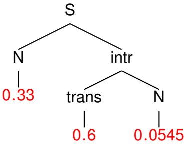
Gewichtete Grammatik	
p	Regel
1	S$\longrightarrow$ N intr
0.4	intr $\longrightarrow$ trans N
0.6	intr $\longrightarrow$ intr PP
1	N $\longrightarrow$ N PP
1	PP $\longrightarrow$ prep N
0.5	intr $\longrightarrow$ sleep
0.5	intr $\longrightarrow$ fish
0.6	trans $\longrightarrow$ study
0.4	trans $\longrightarrow$ visit
0.33	N $\longrightarrow$ they
0.33	N $\longrightarrow$ cans
0.33	N$\longrightarrow$ fish
0.5	prep $\longrightarrow$ in
0.25	prep $\longrightarrow$ by
0.25	prep $\longrightarrow$ with

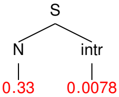


Beispiel

Die Zeilen 5 bis 10 rechnen die Wahrscheinlichkeit des Parsewaldes aus.

Gewichtete Grammatik	
p	Regel
1	S$\longrightarrow$ N intr
0.4	intr $\longrightarrow$ trans N
0.6	intr $\longrightarrow$ intr PP
1	N $\longrightarrow$ N PP
1	PP $\longrightarrow$ prep N
0.5	intr $\longrightarrow$ sleep
0.5	intr $\longrightarrow$ fish
0.6	trans $\longrightarrow$ study
0.4	trans $\longrightarrow$ visit
0.33	N $\longrightarrow$ they
0.33	N $\longrightarrow$ cans
0.33	N$\longrightarrow$ fish
0.5	prep $\longrightarrow$ in
0.25	prep $\longrightarrow$ by
0.25	prep $\longrightarrow$ with

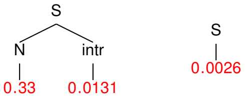




Beispiel

Die Zeilen 5 bis 10 rechnen die Wahrscheinlichkeit des Parsewaldes aus.

Gewichtete Grammatik	
p	Regel
1	S → N intr
0.4	intr → trans N
0.6	intr → intr PP
1	N → N PP
1	PP → prep N
0.5	intr → sleep
0.5	intr → fish
0.6	trans → study
0.4	trans → visit
0.33	N → they
0.33	N → cans
0.33	N→ fish
0.5	prep → in
0.25	prep → by
0.25	prep → with



Beispiel

Die Zeilen 5 bis 10 rechnen die Wahrscheinlichkeit des Parsewaldes aus.

Gewichtete Grammatik	
p	Regel
1	S$\longrightarrow$ N intr
0.4	intr $\longrightarrow$ trans N
0.6	intr $\longrightarrow$ intr PP
1	N $\longrightarrow$ N PP
1	PP $\longrightarrow$ prep N
0.5	intr $\longrightarrow$ sleep
0.5	intr $\longrightarrow$ fish
0.6	trans $\longrightarrow$ study
0.4	trans $\longrightarrow$ visit
0.33	N $\longrightarrow$ they
0.33	N $\longrightarrow$ cans
0.33	N$\longrightarrow$ fish
0.5	prep $\longrightarrow$ in
0.25	prep $\longrightarrow$ by
0.25	prep $\longrightarrow$ with

S
|
0.0043

S
|
0.0026

Somit ergibt sich eine Wahrscheinlichkeit von $p = 0.0069$ für diesen Parsewald.

Wozu?

- Ist ein stochastisches Parsingverfahren
- Eingabe: probabilistische Grammatik in CNF
- Ermittelt die größte Wahrscheinlichkeit aller Satzanalysen
- Gibt also die Wahrscheinlichkeit des wahrscheinlichsten Baumes im Parsewald aus
- Löst so das Disambiguierungsproblem

Wozu?

- Ist ein stochastisches Parsingverfahren
- Eingabe: probabilistische Grammatik in CNF
- Ermittelt die größte Wahrscheinlichkeit aller Satzanalysen
- Gibt also die Wahrscheinlichkeit des wahrscheinlichsten Baumes im Parsewald aus
- Löst so das Disambiguierungsproblem

Wozu?

- Ist ein stochastisches Parsingverfahren
- Eingabe: probabilistische Grammatik in CNF
- Ermittelt die größte Wahrscheinlichkeit aller Satzanalysen
- Gibt also die Wahrscheinlichkeit des wahrscheinlichsten Baumes im Parsewald aus
- Löst so das Disambiguierungsproblem

Wozu?

- Ist ein stochastisches Parsingverfahren
- Eingabe: probabilistische Grammatik in CNF
- Ermittelt die größte Wahrscheinlichkeit aller Satzanalysen
- Gibt also die Wahrscheinlichkeit des wahrscheinlichsten Baumes im Parsewald aus
- Löst so das Disambiguierungsproblem

Wozu?

- Ist ein stochastisches Parsingverfahren
- Eingabe: probabilistische Grammatik in CNF
- Ermittelt die größte Wahrscheinlichkeit aller Satzanalysen
- Gibt also die Wahrscheinlichkeit des wahrscheinlichsten Baumes im Parsewald aus
- Löst so das Disambiguierungsproblem

Herleitung

- Wir wollen wissen welches der Baum mit der größten Wahrscheinlichkeit im Parsewald ist.
- Vorgehensweise: Jeden Baum durchgehen und die Wahrscheinlichkeit mit der des vorhergegangenen Baumes vergleichen
- Funktion $max(a, b)$ tut dies
- In unserem Fall:

$$\begin{aligned} max(a + (b + c)) &= max(a, b \oplus c) \\ &= max(a, max(b + c)) \end{aligned}$$

Herleitung

- Wir wollen wissen welches der Baum mit der größten Wahrscheinlichkeit im Parsewald ist.
- Vorgehensweise: Jeden Baum durchgehen und die Wahrscheinlichkeit mit der des vorhergegangenen Baumes vergleichen
- Funktion $max(a, b)$ tut dies
- In unserem Fall:

$$\begin{aligned} max(a + (b + c)) &= max(a, b \oplus c) \\ &= max(a, max(b + c)) \end{aligned}$$

Herleitung

- Wir wollen wissen welches der Baum mit der größten Wahrscheinlichkeit im Parsewald ist.
- Vorgehensweise: Jeden Baum durchgehen und die Wahrscheinlichkeit mit der des vorhergegangenen Baumes vergleichen
- Funktion $max(a, b)$ tut dies
- In unserem Fall:

$$\begin{aligned} max(a + (b + c)) &= max(a, b \oplus c) \\ &= max(a, max(b + c)) \end{aligned}$$

Herleitung

- Wir wollen wissen welches der Baum mit der größten Wahrscheinlichkeit im Parsewald ist.
- Vorgehensweise: Jeden Baum durchgehen und die Wahrscheinlichkeit mit der des vorhergegangenen Baumes vergleichen
- Funktion $max(a, b)$ tut dies
- In unserem Fall:

$$\begin{aligned} max(a + (b + c)) &= max(a, b \oplus c) \\ &= max(a, max(b + c)) \end{aligned}$$

Viterbi Algorithmus

1. $\text{Viterbi}[.,.,.] := 0;$
2. for each $s := 1, ..., n$ do
3.   for each $A \rightarrow w_s$ do
4. $\text{Viterbi}[s, A, s+1] := p(A \rightarrow w_s);$
5.   for each $l := 2, ..., n$ do
6.   for each $s := 1, ..., n+1-l$ do
7.   for each $t := 1, ..., l-1$ do
8.   for each $A \rightarrow BC$ do
9. $\text{Viterbi}[s, A, s+l] := max\{\text{Viterbi}[s, A, s+l],$
10. $p(A \rightarrow BC) \cdot \text{Viterbi}[s, B, s+t] \cdot \text{Viterbi}[s+t, C, s+l]\};$

Beispiel

they study fish in cans

- Der Beginn ist wie bei den vorangegangenen Beispielen
- Der Unterschied zu dem Inside Algorithmus liegt darin, dass die Wahrscheinlichkeiten nicht summiert, sondern miteinander verglichen werden.
- In unserem Beispiel ist dies der Baum mit $p = 0.0043$

Beispiel

they study fish in cans

- Der Beginn ist wie bei den vorangegangenen Beispielen
- Der Unterschied zu dem Inside Algorithmus liegt darin, dass die Wahrscheinlichkeiten nicht summiert, sondern miteinander verglichen werden.
- In unserem Beispiel ist dies der Baum mit $p = 0.0043$

Beispiel

they study fish in cans

- Der Beginn ist wie bei den vorangegangenen Beispielen
- Der Unterschied zu dem Inside Algorithmus liegt darin, dass die Wahrscheinlichkeiten nicht summiert, sondern miteinander verglichen werden.
- In unserem Beispiel ist dies der Baum mit $p = 0.0043$

Weitere Algorithmen

- Viterbi-Parse-Algorithmus
  - Berechnet den Viterbi-Parse,d.h. den Parse der Satzanalyse mit der maximalen Wahrscheinlichkeit
- N-Best-Algorithmus
  - Berechnet die N-Best-Wahrscheinlichkeiten, also die N größten Wahrscheinlichkeite aller Satzanalysen
- N-Best-Parse-Algorithmus
  - Berechnet die N-Best-Parses, also alle Satzanalysen, die die N-Best-Wahrscheinlichkeit haben
- Wie vorher festgestellt unterscheiden sich die Algorithmen nur in den zwei letzten Zeilen.
- Daher: Einführung eines Semirings

Weitere Algorithmen

- Viterbi-Parse-Algorithmus
  - Berechnet den Viterbi-Parse,d.h. den Parse der Satzanalyse mit der maximalen Wahrscheinlichkeit
- N-Best-Algorithmus
  - Berechnet die N-Best-Wahrscheinlichkeiten, also die N größten Wahrscheinlichkeite aller Satzanalysen
- N-Best-Parse-Algorithmus
  - Berechnet die N-Best-Parses, also alle Satzanalysen, die die N-Best-Wahrscheinlichkeit haben
- Wie vorher festgestellt unterscheiden sich die Algorithmen nur in den zwei letzten Zeilen.
- Daher: Einführung eines Semirings

Weitere Algorithmen

- Viterbi-Parse-Algorithmus
  - Berechnet den Viterbi-Parse,d.h. den Parse der Satzanalyse mit der maximalen Wahrscheinlichkeit
- N-Best-Algorithmus
  - Berechnet die N-Best-Wahrscheinlichkeiten, also die N größten Wahrscheinlichkeite aller Satzanalysen
- N-Best-Parse-Algorithmus
  - Berechnet die N-Best-Parses, also alle Satzanalysen, die die N-Best-Wahrscheinlichkeit haben
- Wie vorher festgestellt unterscheiden sich die Algorithmen nur in den zwei letzten Zeilen.
- Daher: Einführung eines Semirings

Weitere Algorithmen

- Viterbi-Parse-Algorithmus
  - Berechnet den Viterbi-Parse,d.h. den Parse der Satzanalyse mit der maximalen Wahrscheinlichkeit
- N-Best-Algorithmus
  - Berechnet die N-Best-Wahrscheinlichkeiten, also die N größten Wahrscheinlichkeite aller Satzanalysen
- N-Best-Parse-Algorithmus
  - Berechnet die N-Best-Parses, also alle Satzanalysen, die die N-Best-Wahrscheinlichkeit haben
- Wie vorher festgestellt unterscheiden sich die Algorithmen nur in den zwei letzten Zeilen.
- Daher: Einführung eines Semirings

Weitere Algorithmen

- Viterbi-Parse-Algorithmus
  - Berechnet den Viterbi-Parse,d.h. den Parse der Satzanalyse mit der maximalen Wahrscheinlichkeit
- N-Best-Algorithmus
  - Berechnet die N-Best-Wahrscheinlichkeiten, also die N größten Wahrscheinlichkeite aller Satzanalysen
- N-Best-Parse-Algorithmus
  - Berechnet die N-Best-Parses, also alle Satzanalysen, die die N-Best-Wahrscheinlichkeit haben
- Wie vorher festgestellt unterscheiden sich die Algorithmen nur in den zwei letzten Zeilen.
- Daher: Einführung eines Semirings

Weitere Algorithmen

- Viterbi-Parse-Algorithmus
  - Berechnet den Viterbi-Parse,d.h. den Parse der Satzanalyse mit der maximalen Wahrscheinlichkeit
- N-Best-Algorithmus
  - Berechnet die N-Best-Wahrscheinlichkeiten, also die N größten Wahrscheinlichkeite aller Satzanalysen
- N-Best-Parse-Algorithmus
  - Berechnet die N-Best-Parses, also alle Satzanalysen, die die N-Best-Wahrscheinlichkeit haben
- Wie vorher festgestellt unterscheiden sich die Algorithmen nur in den zwei letzten Zeilen.
- Daher: Einführung eines Semirings

Weitere Algorithmen

- Viterbi-Parse-Algorithmus
  - Berechnet den Viterbi-Parse,d.h. den Parse der Satzanalyse mit der maximalen Wahrscheinlichkeit
- N-Best-Algorithmus
  - Berechnet die N-Best-Wahrscheinlichkeiten, also die N größten Wahrscheinlichkeite aller Satzanalysen
- N-Best-Parse-Algorithmus
  - Berechnet die N-Best-Parses, also alle Satzanalysen, die die N-Best-Wahrscheinlichkeit haben
- Wie vorher festgestellt unterscheiden sich die Algorithmen nur in den zwei letzten Zeilen.
- Daher: Einführung eines Semirings

Weitere Algorithmen

- Viterbi-Parse-Algorithmus
  - Berechnet den Viterbi-Parse,d.h. den Parse der Satzanalyse mit der maximalen Wahrscheinlichkeit
- N-Best-Algorithmus
  - Berechnet die N-Best-Wahrscheinlichkeiten, also die N größten Wahrscheinlichkeite aller Satzanalysen
- N-Best-Parse-Algorithmus
  - Berechnet die N-Best-Parses, also alle Satzanalysen, die die N-Best-Wahrscheinlichkeit haben
- Wie vorher festgestellt unterscheiden sich die Algorithmen nur in den zwei letzten Zeilen.
- Daher: Einführung eines Semirings

Ähnlichkeiten

- 1. Zeile: Initialisierung des Parsecharts
  - $\{\emptyset(Parsewald), FALSE(CKY), 0(Count, Inside, Viterbi)\}$
- 4. Zeile: Induktionsanfang.
  - Gewichtung von $A \Rightarrow^* w_s$ mit den Werten $\{A \rightarrow w_s\}$ (Parsewald), TRUE(CKY), 1 (Count), $p(A \rightarrow w_s)$ (Inside, Viterbi)
- 9.&10. Zeile: Induktionsschluss
  - rekursive Gewichtung von $A \Rightarrow^* w_A$ mittels der Gewichte von $B \Rightarrow^* w_B$ und $C \Rightarrow^* w_C$, sowie einer Grammatikregel $p(A \rightarrow BC)$
  - Benutzung von zwei Rechenoperationen $\wedge, \vee(CKY); +, \cdot(Count, Inside)$;max, $\cdot(Viterbi)$
- Selbst diese Zeilen ähneln sich sehr. Der Induktionsschluss weist die größten Unterschiede auf.

Ähnlichkeiten

- 1. Zeile: Initialisierung des Parsecharts
  - $\{\ \emptyset(\mathit{Parsewald}), \mathit{FALSE}(\mathit{CKY}), 0(\mathit{Count}, \mathit{Inside}, \mathit{Viterbi})\}$
- 4. Zeile: Induktionsanfang.
  - Gewichtung von $A \Rightarrow^* w_s$ mit den Werten $\{A \rightarrow w_s\}$ (Parsewald), TRUE(CKY), 1 (Count), $p(A \rightarrow w_s)$ (Inside, Viterbi)
- 9.&10. Zeile: Induktionsschluss
  - rekursive Gewichtung von $A \Rightarrow^* w_A$ mittels der Gewichte von $B \Rightarrow^* w_B$ und $C \Rightarrow^* w_C$, sowie einer Grammatikregel $p(A \rightarrow BC)$
  - Benutzung von zwei Rechenoperationen $\wedge, \vee(\mathit{CKY}); +, \cdot(\mathit{Count}, \mathit{Inside});\max, \cdot(\mathit{Viterbi})$
- Selbst diese Zeilen ähneln sich sehr. Der Induktionsschluss weist die größten Unterschiede auf.

Ähnlichkeiten

- 1. Zeile: Initialisierung des Parsecharts
  - { $\emptyset(\textit{Parsewald}), \textit{FALSE}(\textit{CKY}), 0(\textit{Count}, \textit{Inside}, \textit{Viterbi})\}$
- 4. Zeile: Induktionsanfang.
  - Gewichtung von $A \Rightarrow^* w_s$ mit den Werten $\{A \rightarrow w_s\}$ (Parsewald), TRUE(CKY), 1 (Count), $p(A \rightarrow w_s)$ (Inside, Viterbi)
- 9.&10. Zeile: Induktionsschluss
  - rekursive Gewichtung von $A \Rightarrow^* w_A$ mittels der Gewichte von $B \Rightarrow^* w_B$ und $C \Rightarrow^* w_C$, sowie einer Grammatikregel $p(A \rightarrow BC)$
  - Benutzung von zwei Rechenoperationen $\wedge, \vee(\textit{CKY}); +, \cdot(\textit{Count}, \textit{Inside})$;max, $\cdot(\textit{Viterbi})$
- Selbst diese Zeilen ähneln sich sehr. Der Induktionsschluss weist die größten Unterschiede auf.

Ähnlichkeiten

- 1. Zeile: Initialisierung des Parsecharts
  - { $\emptyset(Parsewald), FALSE(CKY), 0(Count, Inside, Viterbi)\}$
- 4. Zeile: Induktionsanfang.
  - Gewichtung von $A \Rightarrow^* w_s$ mit den Werten $\{A \rightarrow w_s\}$ (Parsewald), TRUE(CKY), 1 (Count), $p(A \rightarrow w_s)$ (Inside, Viterbi)
- 9.&10. Zeile: Induktionsschluss
  - rekursive Gewichtung von $A \Rightarrow^* w_A$ mittels der Gewichte von $B \Rightarrow^* w_B$ und $C \Rightarrow^* w_C$, sowie einer Grammatikregel $p(A \rightarrow BC)$
  - Benutzung von zwei Rechenoperationen $\wedge, \vee(CKY); +, \cdot(Count, Inside)$;max, $\cdot(Viterbi)$
- Selbst diese Zeilen ähneln sich sehr. Der Induktionsschluss weist die größten Unterschiede auf.

Ähnlichkeiten

- 1. Zeile: Initialisierung des Parsecharts
  - { $\emptyset(\mathit{Parsewald}), \mathit{FALSE}(\mathit{CKY}), 0(\mathit{Count}, \mathit{Inside}, \mathit{Viterbi})\}$
- 4. Zeile: Induktionsanfang.
  - Gewichtung von $A \Rightarrow^* w_s$ mit den Werten $\{A \rightarrow w_s\}$ (Parsewald), TRUE(CKY), 1 (Count), $p(A \rightarrow w_s)$ (Inside, Viterbi)
- 9.&10. Zeile: Induktionsschluss
  - rekursive Gewichtung von $A \Rightarrow^* w_A$ mittels der Gewichte von $B \Rightarrow^* w_B$ und $C \Rightarrow^* w_C$, sowie einer Grammatikregel $p(A \rightarrow BC)$
  - Benutzung von zwei Rechenoperationen $\wedge, \vee(\mathit{CKY}); +, \cdot(\mathit{Count}, \mathit{Inside})$;max, $\cdot(\mathit{Viterbi})$

- Selbst diese Zeilen ähneln sich sehr. Der Induktionsschluss weist die größten Unterschiede auf.

Ähnlichkeiten

- 1. Zeile: Initialisierung des Parsecharts
  - $\{\ \emptyset(Parsewald), FALSE(CKY), 0(Count, Inside, Viterbi)\}$
- 4. Zeile: Induktionsanfang.
  - Gewichtung von $A \Rightarrow^* w_s$ mit den Werten $\{A \rightarrow w_s\}$ (Parsewald), TRUE(CKY), 1 (Count), $p(A \rightarrow w_s)$ (Inside, Viterbi)
- 9.&10. Zeile: Induktionsschluss
  - rekursive Gewichtung von $A \Rightarrow^* w_A$ mittels der Gewichte von $B \Rightarrow^* w_B$ und $C \Rightarrow^* w_C$, sowie einer Grammatikregel $p(A \rightarrow BC)$
  - Benutzung von zwei Rechenoperationen $\wedge, \vee(CKY); +, \cdot(Count, Inside)$;max, $\cdot(Viterbi)$
- Selbst diese Zeilen ähneln sich sehr. Der Induktionsschluss weist die größten Unterschiede auf.

Ähnlichkeiten

- 1. Zeile: Initialisierung des Parsecharts
  - $\{\emptyset(\mathit{Parsewald}), \mathit{FALSE}(\mathit{CKY}), 0(\mathit{Count}, \mathit{Inside}, \mathit{Viterbi})\}$
- 4. Zeile: Induktionsanfang.
  - Gewichtung von $A \Rightarrow^* w_s$ mit den Werten $\{A \rightarrow w_s\}$ (Parsewald), TRUE(CKY), 1 (Count), $p(A \rightarrow w_s)$ (Inside, Viterbi)
- 9.&10. Zeile: Induktionsschluss
  - rekursive Gewichtung von $A \Rightarrow^* w_A$ mittels der Gewichte von $B \Rightarrow^* w_B$ und $C \Rightarrow^* w_C$, sowie einer Grammatikregel $p(A \rightarrow BC)$
  - Benutzung von zwei Rechenoperationen $\wedge, \vee(\mathit{CKY}); +, \cdot(\mathit{Count}, \mathit{Inside})$;max, $\cdot(\mathit{Viterbi})$

- Selbst diese Zeilen ähneln sich sehr. Der Induktionsschluss weist die größten Unterschiede auf.

Ähnlichkeiten

- 1. Zeile: Initialisierung des Parsecharts
  - $\{ \emptyset(\mathit{Parsewald}), \mathit{FALSE}(\mathit{CKY}), 0(\mathit{Count}, \mathit{Inside}, \mathit{Viterbi})\}$
- 4. Zeile: Induktionsanfang.
  - Gewichtung von $A \Rightarrow^* w_s$ mit den Werten $\{A \rightarrow w_s\}$ (Parsewald), TRUE(CKY), 1 (Count), $p(A \rightarrow w_s)$ (Inside, Viterbi)
- 9.&10. Zeile: Induktionsschluss
  - rekursive Gewichtung von $A \Rightarrow^* w_A$ mittels der Gewichte von $B \Rightarrow^* w_B$ und $C \Rightarrow^* w_C$, sowie einer Grammatikregel $p(A \rightarrow BC)$
  - Benutzung von zwei Rechenoperationen $\wedge, \vee(\mathit{CKY}); +, \cdot(\mathit{Count}, \mathit{Inside})$;max, $\cdot(\mathit{Viterbi})$

- Selbst diese Zeilen ähneln sich sehr. Der Induktionsschluss weist die größten Unterschiede auf.

Induktionsschluss

Folgende Elemente sind daran beteiligt:

- Werte
- eine Addition, die mit den Werten umgehen kann
- eine Multiplikation, die mit den Werten umgehen kann

Induktionsschluss

Folgende Elemente sind daran beteiligt:

- Werte
- eine Addition, die mit den Werten umgehen kann
- eine Multiplikation, die mit den Werten umgehen kann

Induktionsschluss

Folgende Elemente sind daran beteiligt:

- Werte
- eine Addition, die mit den Werten umgehen kann
- eine Multiplikation, die mit den Werten umgehen kann

Semiring

- In der Algebra gibt es verschiedene mathematische Strukturen, die eine abstrakte Addition $\bigoplus$ und eine abstrakte Multiplikation $\bigotimes$ auf eine abstrakte Menge A erklären.
  - Sie werden Körper, Ring, Semiring, Gruppe oder Ideal genannt, je nachdem welche Eigenschaften die Addition und die Multiplikation haben.
- Dies kann man an den hier vorgestellten Algorithmen (Parsewald ausgenommen) anwenden.

Semiring

- In der Algebra gibt es verschiedene mathematische Strukturen, die eine abstrakte Addition $\bigoplus$ und eine abstrakte Multiplikation $\bigotimes$ auf eine abstrakte Menge A erklären.
  - Sie werden Körper, Ring, Semiring, Gruppe oder Ideal genannt, je nachdem welche Eigenschaften die Addition und die Multiplikation haben.
- Dies kann man an den hier vorgestellten Algorithmen (Parsewald ausgenommen) anwenden.

Semiring

- In der Algebra gibt es verschiedene mathematische Strukturen, die eine abstrakte Addition $\bigoplus$ und eine abstrakte Multiplikation $\bigotimes$ auf eine abstrakte Menge A erklären.
  - Sie werden Körper, Ring, Semiring, Gruppe oder Ideal genannt, je nachdem welche Eigenschaften die Addition und die Multiplikation haben.
- Dies kann man an den hier vorgestellten Algorithmen (Parsewald ausgenommen) anwenden.

Eigenschaften des Semirings

- Beliebige Elementmenge A
- Addition $\bigoplus$
  - $a \oplus b = b \oplus a$ $\quad \forall a, b \in A$ (Kommutativität)
  - $(a \oplus b) \oplus c = a \oplus (b \oplus c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $(a \otimes b) \otimes c = a \otimes (b \otimes c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
  - $a \otimes (b \oplus c) = (a \otimes b) \oplus (a \otimes c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Distributivität)
  - $a \otimes 0 = 0 = 0 \otimes a$ $\quad \forall a \in A$
- Additives neutrales Element 0
  - $a \oplus 0 = a = 0 \oplus a$ $\quad \forall a \in A$
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - $a \otimes 1 = a = 1 \otimes a$ $\quad \forall a \in A$
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A : G \to A, \quad r \mapsto \mu_A(r)$

Eigenschaften des Semirings

- Beliebige Elementmenge A
- Addition $\bigoplus$
  - $a \oplus b = b \oplus a$ $\quad \forall a, b \in A$ (Kommutativität)
  - $(a \oplus b) \oplus c = a \oplus (b \oplus c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $(a \otimes b) \otimes c = a \otimes (b \otimes c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
  - $a \otimes (b \oplus c) = (a \otimes b) \oplus (a \otimes c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Distributivität)
  - $a \otimes 0 = 0 = 0 \otimes a$ $\quad \forall a \in A$
- Additives neutrales Element 0
  - $a \oplus 0 = a = 0 \oplus a$ $\quad \forall a \in A$
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - $a \otimes 1 = a = 1 \otimes a$ $\quad \forall a \in A$
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A : G \to A, \quad r \mapsto \mu_A(r)$

Eigenschaften des Semirings

- Beliebige Elementmenge A
- Addition $\bigoplus$
  - $a \oplus b = b \oplus a$ $\quad \forall a, b \in A$ (Kommutativität)
  - $(a \oplus b) \oplus c = a \oplus (b \oplus c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $(a \otimes b) \otimes c = a \otimes (b \otimes c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
  - $a \otimes (b \oplus c) = (a \otimes b) \oplus (a \otimes c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Distributivität)
  - $a \otimes 0 = 0 = 0 \otimes a$ $\quad \forall a \in A$
- Additives neutrales Element 0
  - $a \oplus 0 = a = 0 \oplus a$ $\quad \forall a \in A$
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - $a \otimes 1 = a = 1 \otimes a$ $\quad \forall a \in A$
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A : G \rightarrow A, \quad r \mapsto \mu_A(r)$

Eigenschaften des Semirings

- Beliebige Elementmenge A
- Addition $\bigoplus$
  - $a \oplus b = b \oplus a$ — $\forall a, b \in A$ (Kommutativität)
  - $(a \oplus b) \oplus c = a \oplus (b \oplus c)$ — $\forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $(a \otimes b) \otimes c = a \otimes (b \otimes c)$ — $\forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
  - $a \otimes (b \oplus c) = (a \otimes b) \oplus (a \otimes c)$ — $\forall a, b, c \in A$ (Distributivität)
  - $a \otimes 0 = 0 = 0 \otimes a$ — $\forall a \in A$
- Additives neutrales Element 0
  - $a \oplus 0 = a = 0 \oplus a$ — $\forall a \in A$
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - $a \otimes 1 = a = 1 \otimes a$ — $\forall a \in A$
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A : G \to A, \quad r \mapsto \mu_A(r)$

Eigenschaften des Semirings

- Beliebige Elementmenge A
- Addition $\bigoplus$
  - $a \oplus b = b \oplus a$ $\forall a, b \in A$ (Kommutativität)
  - $(a \oplus b) \oplus c = a \oplus (b \oplus c)$ $\forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $(a \otimes b) \otimes c = a \otimes (b \otimes c)$ $\forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
  - $a \otimes (b \oplus c) = (a \otimes b) \oplus (a \otimes c)$ $\forall a, b, c \in A$ (Distributivität)
  - $a \otimes 0 = 0 = 0 \otimes a$ $\forall a \in A$
- Additives neutrales Element 0
  - $a \oplus 0 = a = 0 \oplus a$ $\forall a \in A$
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - $a \otimes 1 = a = 1 \otimes a$ $\forall a \in A$
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A : G \rightarrow A, \quad r \mapsto \mu_A(r)$

Eigenschaften des Semirings

- Beliebige Elementmenge A
- Addition $\bigoplus$
  - $a \oplus b = b \oplus a$ $\quad\forall a, b \in A$ (Kommutativität)
  - $(a \oplus b) \oplus c = a \oplus (b \oplus c)$ $\quad\forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $(a \otimes b) \otimes c = a \otimes (b \otimes c)$ $\quad\forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
  - $a \otimes (b \oplus c) = (a \otimes b) \oplus (a \otimes c)$ $\quad\forall a, b, c \in A$ (Distributivität)
  - $a \otimes 0 = 0 = 0 \otimes a$ $\quad\forall a \in A$
- Additives neutrales Element 0
  - $a \oplus 0 = a = 0 \oplus a$ $\quad\forall a \in A$
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - $a \otimes 1 = a = 1 \otimes a$ $\quad\forall a \in A$
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A : G \to A, \quad r \mapsto \mu_A(r)$

Eigenschaften des Semirings

- Beliebige Elementmenge A
- Addition $\bigoplus$
  - $a \oplus b = b \oplus a$ $\quad \forall a, b \in A$ (Kommutativität)
  - $(a \oplus b) \oplus c = a \oplus (b \oplus c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $(a \otimes b) \otimes c = a \otimes (b \otimes c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
  - $a \otimes (b \oplus c) = (a \otimes b) \oplus (a \otimes c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Distributivität)
  - $a \otimes 0 = 0 = 0 \otimes a$ $\quad \forall a \in A$
- Additives neutrales Element 0
  - $a \oplus 0 = a = 0 \oplus a$ $\quad \forall a \in A$
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - $a \otimes 1 = a = 1 \otimes a$ $\quad \forall a \in A$
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A : G \to A, \quad r \mapsto \mu_A(r)$

Eigenschaften des Semirings

- Beliebige Elementmenge A
- Addition $\bigoplus$
  - $a \oplus b = b \oplus a$ $\quad\forall a, b \in A$ (Kommutativität)
  - $(a \oplus b) \oplus c = a \oplus (b \oplus c)$ $\quad\forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $(a \otimes b) \otimes c = a \otimes (b \otimes c)$ $\quad\forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
  - $a \otimes (b \oplus c) = (a \otimes b) \oplus (a \otimes c)$ $\quad\forall a, b, c \in A$ (Distributivität)
  - $a \otimes 0 = 0 = 0 \otimes a$ $\quad\forall a \in A$
- Additives neutrales Element 0
  - $a \oplus 0 = a = 0 \oplus a$ $\quad\forall a \in A$
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - $a \otimes 1 = a = 1 \otimes a$ $\quad\forall a \in A$
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A : G \to A, \quad r \mapsto \mu_A(r)$

Eigenschaften des Semirings

- Beliebige Elementmenge A
- Addition $\bigoplus$
  - $a \oplus b = b \oplus a$ $\quad \forall a, b \in A$ (Kommutativität)
  - $(a \oplus b) \oplus c = a \oplus (b \oplus c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $(a \otimes b) \otimes c = a \otimes (b \otimes c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
  - $a \otimes (b \oplus c) = (a \otimes b) \oplus (a \otimes c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Distributivität)
  - $a \otimes 0 = 0 = 0 \otimes a$ $\quad \forall a \in A$
- Additives neutrales Element 0
  - $a \oplus 0 = a = 0 \oplus a$ $\quad \forall a \in A$
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - $a \otimes 1 = a = 1 \otimes a$ $\quad \forall a \in A$
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A : G \to A, \quad r \mapsto \mu_A(r)$

Eigenschaften des Semirings

- Beliebige Elementmenge A
- Addition $\bigoplus$
  - $a \oplus b = b \oplus a$ $\quad \forall a, b \in A$ (Kommutativität)
  - $(a \oplus b) \oplus c = a \oplus (b \oplus c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $(a \otimes b) \otimes c = a \otimes (b \otimes c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
  - $a \otimes (b \oplus c) = (a \otimes b) \oplus (a \otimes c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Distributivität)
  - $a \otimes 0 = 0 = 0 \otimes a$ $\quad \forall a \in A$
- Additives neutrales Element 0
  - $a \oplus 0 = a = 0 \oplus a$ $\quad \forall a \in A$
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - $a \otimes 1 = a = 1 \otimes a$ $\quad \forall a \in A$
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A : G \to A, \quad r \mapsto \mu_A(r)$

Eigenschaften des Semirings

- Beliebige Elementmenge A
- Addition $\bigoplus$
  - $a \oplus b = b \oplus a$ $\quad \forall a, b \in A$ (Kommutativität)
  - $(a \oplus b) \oplus c = a \oplus (b \oplus c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $(a \otimes b) \otimes c = a \otimes (b \otimes c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
  - $a \otimes (b \oplus c) = (a \otimes b) \oplus (a \otimes c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Distributivität)
  - $a \otimes 0 = 0 = 0 \otimes a$ $\quad \forall a \in A$
- Additives neutrales Element 0
  - $a \oplus 0 = a = 0 \oplus a$ $\quad \forall a \in A$
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - $a \otimes 1 = a = 1 \otimes a$ $\quad \forall a \in A$
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A : G \to A, \quad r \mapsto \mu_A(r)$

Eigenschaften des Semirings

- Beliebige Elementmenge A
- Addition $\bigoplus$
  - $a \oplus b = b \oplus a \qquad \forall a, b \in A$ (Kommutativität)
  - $(a \oplus b) \oplus c = a \oplus (b \oplus c) \qquad \forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $(a \otimes b) \otimes c = a \otimes (b \otimes c) \qquad \forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
  - $a \otimes (b \oplus c) = (a \otimes b) \oplus (a \otimes c) \qquad \forall a, b, c \in A$ (Distributivität)
  - $a \otimes 0 = 0 = 0 \otimes a \qquad \forall a \in A$
- Additives neutrales Element 0
  - $a \oplus 0 = a = 0 \oplus a \qquad \forall a \in A$
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - $a \otimes 1 = a = 1 \otimes a \qquad \forall a \in A$
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A : G \rightarrow A, \quad r \mapsto \mu_A(r)$

Eigenschaften des Semirings

- Beliebige Elementmenge A
- Addition $\bigoplus$
  - $a \oplus b = b \oplus a$ $\quad \forall a, b \in A$ (Kommutativität)
  - $(a \oplus b) \oplus c = a \oplus (b \oplus c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $(a \otimes b) \otimes c = a \otimes (b \otimes c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
  - $a \otimes (b \oplus c) = (a \otimes b) \oplus (a \otimes c)$ $\quad \forall a, b, c \in A$ (Distributivität)
  - $a \otimes 0 = 0 = 0 \otimes a$ $\quad \forall a \in A$
- Additives neutrales Element 0
  - $a \oplus 0 = a = 0 \oplus a$ $\quad \forall a \in A$
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - $a \otimes 1 = a = 1 \otimes a$ $\quad \forall a \in A$
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A : G \rightarrow A, \quad r \mapsto \mu_A(r)$

Eigenschaften des Semirings

- Beliebige Elementmenge A
- Addition $\bigoplus$
  - $a \oplus b = b \oplus a$ $\quad\forall a, b \in A$ (Kommutativität)
  - $(a \oplus b) \oplus c = a \oplus (b \oplus c)$ $\quad\forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $(a \otimes b) \otimes c = a \otimes (b \otimes c)$ $\quad\forall a, b, c \in A$ (Assoziativität)
  - $a \otimes (b \oplus c) = (a \otimes b) \oplus (a \otimes c)$ $\quad\forall a, b, c \in A$ (Distributivität)
  - $a \otimes 0 = 0 = 0 \otimes a$ $\quad\forall a \in A$
- Additives neutrales Element 0
  - $a \oplus 0 = a = 0 \oplus a$ $\quad\forall a \in A$
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - $a \otimes 1 = a = 1 \otimes a$ $\quad\forall a \in A$
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A : G \to A, \quad r \mapsto \mu_A(r)$

Semiring Parsing Algorithmus

1.$chart_A[.,.,.] := 0;$
2.for each $s := 1, ..., n$ do
3. for each $A \rightarrow w_s$ do
4. $chart_A[s, A, s+1] := \mu_A(A \rightarrow w_s);$
5. for each $l := 2, ..., n$ do
6. for each $s := 1, ..., n+1-l$ do
7. for each $t := 1, ..., l-1$ do
8. for each $A \rightarrow BC$ do
9. $chart_A[s, A, s+l] := chart_A[s, A, s+l] \oplus$
10. $\mu_A(A \rightarrow BC) \otimes chart_A[s, B, s+t] \otimes chart_A[s+t, C, s+l]$

Eigenschaften des Algorithmus'

- Abstrakt
- Vor der Instanziierung mit einem Semiring weder symbolisch noch stochastisch
- Eingabe
  - Ein Semiring $< A, \oplus, \otimes, 0, 1 >$
  - Eine Grammatik in Chomsky-Normalform
  - Eine Gewichtung $\mu_A(r) \in A$ der Grammatikregeln r mit Semiring-Elementen
  - Ein Satz $w = w_1 \ldots w_n$
- Ausgabe
  - Die Semiring-Chart $chart_A[s, a, s + l]$
    - für alle Teilsätze der Länge $1 \le l \le n$
    - mit den Startindizes $1 \le s \le n + 1 - l$
    - der Grammatikkategorien A

Eigenschaften des Algorithmus'

- Abstrakt
- Vor der Instanziierung mit einem Semiring weder symbolisch noch stochastisch
- Eingabe
  - Ein Semiring $< A, \oplus, \otimes, 0, 1 >$
  - Eine Grammatik in Chomsky-Normalform
  - Eine Gewichtung $\mu_A(r) \in A$ der Grammatikregeln r mit Semiring-Elementen
  - Ein Satz $w = w_1 \dots w_n$
- Ausgabe
  - Die Semiring-Chart $chart_A[s, a, s + l]$
    - für alle Teilsätze der Länge $1 \leq l \leq n$
    - mit den Startindizes $1 \leq s \leq n + 1 - l$
    - der Grammatikkategorien a

Eigenschaften des Algorithmus'

- Abstrakt
- Vor der Instanziierung mit einem Semiring weder symbolisch noch stochastisch
- Eingabe
  - Ein Semiring $< A, \oplus, \otimes, 0, 1 >$
  - Eine Grammatik in Chomsky-Normalform
  - Eine Gewichtung $\mu_A(r) \in A$ der Grammatikregeln r mit Semiring-Elementen
  - Ein Satz $w = w_1 \ldots w_n$
- Ausgabe
  - Die Semiring-Chart $chart_A[s, a, s + l]$
    - für alle Teilsätze der Länge $1 \leq l \leq n$
    - mit den Startindizes $1 \leq s \leq n + 1 - l$
    - der Grammatikkategorien A

Eigenschaften des Algorithmus'

- Abstrakt
- Vor der Instanziierung mit einem Semiring weder symbolisch noch stochastisch
- Eingabe
  - Ein Semiring $< A, \oplus, \otimes, 0, 1 >$
  - Eine Grammatik in Chomsky-Normalform
  - Eine Gewichtung $\mu_A(r) \in A$ der Grammatikregeln r mit Semiring-Elementen
  - Ein Satz $w = w_1 \dots w_n$
- Ausgabe
  - Die Semiring-Chart $chart_A[s, a, s + l]$

Eigenschaften des Algorithmus'

- Abstrakt
- Vor der Instanziierung mit einem Semiring weder symbolisch noch stochastisch
- Eingabe
  - Ein Semiring $< A, \oplus, \otimes, 0, 1 >$
  - Eine Grammatik in Chomsky-Normalform
  - Eine Gewichtung $\mu_A(r) \in A$ der Grammatikregeln r mit Semiring-Elementen
  - Ein Satz $w = w_1 \dots w_n$
- Ausgabe
  - Die Semiring-Chart $chart_A[s, a, s + l]$

Eigenschaften des Algorithmus’

- Abstrakt
- Vor der Instanziierung mit einem Semiring weder symbolisch noch stochastisch
- Eingabe
  - Ein Semiring $< A, \oplus, \otimes, 0, 1 >$
  - Eine Grammatik in Chomsky-Normalform
  - Eine Gewichtung $\mu_A(r) \in A$ der Grammatikregeln r mit Semiring-Elementen
  - Ein Satz $w = w_1 \dots w_n$
- Ausgabe
  - Die Semiring-Chart $chart_A[s, a, s+l]$

Eigenschaften des Algorithmus'

- Abstrakt
- Vor der Instanziierung mit einem Semiring weder symbolisch noch stochastisch
- Eingabe
  - Ein Semiring $< A, \oplus, \otimes, 0, 1 >$
  - Eine Grammatik in Chomsky-Normalform
  - Eine Gewichtung $\mu_A(r) \in A$ der Grammatikregeln r mit Semiring-Elementen
  - Ein Satz $w = w_1 \ldots w_n$
- Ausgabe
  - Die Semiring-Chart $chart_A[s, a, s+l]$

Eigenschaften des Algorithmus'

- Abstrakt
- Vor der Instanziierung mit einem Semiring weder symbolisch noch stochastisch
- Eingabe
  - Ein Semiring $< A, \oplus, \otimes, 0, 1 >$
  - Eine Grammatik in Chomsky-Normalform
  - Eine Gewichtung $\mu_A(r) \in A$ der Grammatikregeln r mit Semiring-Elementen
  - Ein Satz $w = w_1 \dots w_n$
- Ausgabe
  - Die Semiring-Chart $chart_A[s, a, s+l]$
    - für alle Teilsätze der Länge $1 \leq l \leq n$
    - mit den Startindizes $1 \leq s \leq n+1-l$
    - der Grammatikkategorien A

Eigenschaften des Algorithmus'

- Abstrakt
- Vor der Instanziierung mit einem Semiring weder symbolisch noch stochastisch
- Eingabe
  - Ein Semiring $< A, \oplus, \otimes, 0, 1 >$
  - Eine Grammatik in Chomsky-Normalform
  - Eine Gewichtung $\mu_A(r) \in A$ der Grammatikregeln r mit Semiring-Elementen
  - Ein Satz $w = w_1 \dots w_n$
- Ausgabe
  - Die Semiring-Chart $chart_A[s, a, s+l]$
    - für alle Teilsätze der Länge $1 \leq l \leq n$
    - mit den Startindizes $1 \leq s \leq n+1-l$
    - der Grammatikkategorien A

Eigenschaften des Algorithmus'

- Abstrakt
- Vor der Instanziierung mit einem Semiring weder symbolisch noch stochastisch
- Eingabe
  - Ein Semiring $< A, \oplus, \otimes, 0, 1 >$
  - Eine Grammatik in Chomsky-Normalform
  - Eine Gewichtung $\mu_A(r) \in A$ der Grammatikregeln r mit Semiring-Elementen
  - Ein Satz $w = w_1 \dots w_n$
- Ausgabe
  - Die Semiring-Chart $chart_A[s, a, s + l]$
    - für alle Teilsätze der Länge $1 \leq l \leq n$
    - mit den Startindizes $1 \leq s \leq n + 1 - l$
    - der Grammatikkategorien A

Eigenschaften des Algorithmus'

- Abstrakt
- Vor der Instanziierung mit einem Semiring weder symbolisch noch stochastisch
- Eingabe
  - Ein Semiring $< A, \oplus, \otimes, 0, 1 >$
  - Eine Grammatik in Chomsky-Normalform
  - Eine Gewichtung $\mu_A(r) \in A$ der Grammatikregeln r mit Semiring-Elementen
  - Ein Satz $w = w_1 \dots w_n$
- Ausgabe
  - Die Semiring-Chart $chart_A[s, a, s + l]$
    - für alle Teilsätze der Länge $1 \leq l \leq n$
    - mit den Startindizes $1 \leq s \leq n + 1 - l$
    - der Grammatikkategorien A

Eigenschaften des Algorithmus'

- Abstrakt
- Vor der Instanziierung mit einem Semiring weder symbolisch noch stochastisch
- Eingabe
  - Ein Semiring $< A, \oplus, \otimes, 0, 1 >$
  - Eine Grammatik in Chomsky-Normalform
  - Eine Gewichtung $\mu_A(r) \in A$ der Grammatikregeln r mit Semiring-Elementen
  - Ein Satz $w = w_1 \dots w_n$
- Ausgabe
  - Die Semiring-Chart $chart_A[s, a, s + l]$
    - für alle Teilsätze der Länge $1 \leq l \leq n$
    - mit den Startindizes $1 \leq s \leq n + 1 - l$
    - der Grammatikkategorien A

CKY Semiring

- Elementmenge A: TRUE, FALSE (=Menge der Boolschen Elemente)
- Addition $\bigoplus$
  - $\vee$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\wedge$
- Additives neutrales Element 0
  - FALSE
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - TRUE
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := TRUE$

CKY Semiring

- Elementmenge A: TRUE, FALSE (=Menge der Boolschen Elemente)
- Addition $\bigoplus$
  - $\vee$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\wedge$
- Additives neutrales Element 0
  - FALSE
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - TRUE
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := TRUE$

CKY Semiring

- Elementmenge A: TRUE, FALSE (=Menge der Boolschen Elemente)
- Addition $\oplus$
  - $\vee$
- Multiplikation $\otimes$
  - $\wedge$
- Additives neutrales Element 0
  - FALSE
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - TRUE
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := TRUE$

CKY Semiring

- Elementmenge A: TRUE, FALSE (=Menge der Boolschen Elemente)
- Addition $\bigoplus$
  - $\bigvee$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\bigwedge$
- Additives neutrales Element 0
  - FALSE
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - TRUE
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := TRUE$

CKY Semiring

- Elementmenge A: TRUE, FALSE (=Menge der Boolschen Elemente)
- Addition $\bigoplus$
  - $\bigvee$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\bigwedge$
- Additives neutrales Element 0
  - FALSE
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - TRUE
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := TRUE$

CKY Semiring

- Elementmenge A: TRUE, FALSE (=Menge der Boolschen Elemente)
- Addition $\bigoplus$
  - $\bigvee$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\bigwedge$
- Additives neutrales Element 0
  - FALSE
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - TRUE
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := TRUE$

CKY Semiring

- Elementmenge A: TRUE, FALSE (=Menge der Boolschen Elemente)
- Addition $\bigoplus$
  - $\bigvee$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\bigwedge$
- Additives neutrales Element 0
  - FALSE
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - TRUE
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := TRUE$

CKY Semiring

- Elementmenge A: TRUE, FALSE (=Menge der Boolschen Elemente)
- Addition $\bigoplus$
  - $\bigvee$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\bigwedge$
- Additives neutrales Element 0
  - FALSE
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - TRUE
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := TRUE$

CKY Semiring

- Elementmenge A: TRUE, FALSE (=Menge der Boolschen Elemente)
- Addition $\bigoplus$
  - $\bigvee$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\bigwedge$
- Additives neutrales Element 0
  - FALSE
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - TRUE
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := TRUE$

CKY Semiring

- Elementmenge A: TRUE, FALSE (=Menge der Boolschen Elemente)
- Addition $\bigoplus$
  - $\bigvee$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\bigwedge$
- Additives neutrales Element 0
  - FALSE
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - TRUE
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := TRUE$

CKY Semiring

- Elementmenge *A*: TRUE, FALSE (=Menge der Boolschen Elemente)
- Addition $\bigoplus$
  - $\bigvee$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\bigwedge$
- Additives neutrales Element 0
  - FALSE
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - TRUE
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := TRUE$

Count Semiring

- Elementmenge A: N (Menge der natürlichen Zahlen)
- Addition $\bigoplus$
  - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := 1$

Count Semiring

- Elementmenge A: N (Menge der natürlichen Zahlen)
- Addition $\bigoplus$
  - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := 1$

Count Semiring

- Elementmenge A: N (Menge der natürlichen Zahlen)
- Addition $\bigoplus$
  - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := 1$

Count Semiring

- Elementmenge A: N (Menge der natürlichen Zahlen)
- Addition $\bigoplus$
  - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := 1$

Count Semiring

- Elementmenge A: N (Menge der natürlichen Zahlen)
- Addition $\bigoplus$
  - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := 1$

Count Semiring

- Elementmenge A: N (Menge der natürlichen Zahlen)
- Addition $\oplus$
  - $+$
- Multiplikation $\otimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := 1$

Count Semiring

- Elementmenge A: N (Menge der natürlichen Zahlen)
- Addition $\bigoplus$
  - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := 1$

Count Semiring

- Elementmenge A: N (Menge der natürlichen Zahlen)
- Addition $\bigoplus$
  - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := 1$

Count Semiring

- Elementmenge A: N (Menge der natürlichen Zahlen)
- Addition $\bigoplus$
  - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := 1$

Count Semiring

- Elementmenge A: N (Menge der natürlichen Zahlen)
- Addition $\bigoplus$
  - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := 1$

Count Semiring

- Elementmenge A: N (Menge der natürlichen Zahlen)
- Addition $\bigoplus$
  - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := 1$

Inside Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Inside Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Inside Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Inside Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Inside Semiring

- Elementmenge A: $[0,1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Inside Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Inside Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
    - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
    - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
    - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
    - 1
- Werte gemäss Grammatik
    - $\mu_A(r) := p(r)$

Inside Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element $\overline{0}$
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element $\overline{1}$
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Inside Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Inside Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Inside Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - $+$
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Viterbi Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - max (das Maximum zweier reellen Zahlen)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Viterbi Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - *max* (das Maximum zweier reellen Zahlen)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Viterbi Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - *max* (das Maximum zweier reellen Zahlen)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Viterbi Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - *max* (das Maximum zweier reellen Zahlen)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Viterbi Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - *max* (das Maximum zweier reellen Zahlen)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Viterbi Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - *max* (das Maximum zweier reellen Zahlen)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Viterbi Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - *max* (das Maximum zweier reellen Zahlen)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Viterbi Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - *max* (das Maximum zweier reellen Zahlen)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Viterbi Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - *max* (das Maximum zweier reellen Zahlen)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Viterbi Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - *max* (das Maximum zweier reellen Zahlen)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Viterbi Semiring

- Elementmenge A: $[0, 1]$ (alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1)
- Addition $\bigoplus$
  - *max* (das Maximum zweier reellen Zahlen)
- Multiplikation $\bigotimes$
  - $\cdot$
- Additives neutrales Element 0
  - 0
- Multiplikatives neutrales Element 1
  - 1
- Werte gemäss Grammatik
  - $\mu_A(r) := p(r)$

Weiterführend

- Detlef Prescher, EM-basierte maschinelle Lernverfahren für natürliche Sprachen, Doctoral Dissertation 2002. (Pages 82 to 108)
- Joshua Goodman, Semiring Parsing. CompLing 1999

Weiterführend

- Detlef Prescher, EM-basierte maschinelle Lernverfahren für natürliche Sprachen, Doctoral Dissertation 2002. (Pages 82 to 108)
- Joshua Goodman, Semiring Parsing. CompLing 1999