

Základy matematiky a statistiky pro humanitní obory I

Pavel Rychlý Vojtěch Kovář

Fakulta informatiky, Masarykova univerzita
Botanická 68a, 602 00 Brno, Czech Republic

{pary, xkovar3}@fi.muni.cz

část 7

Obsah přednášky

- 1 Formální lingvistika
- 2 Formální gramatika
- 3 Konečný automat

Formální lingvistika

- Matematické modely jazyka
 - jazyk = množina slov nad nějakou abecedou
 - prvky abecedy mohou být znaky, slova, ...
 - původně navrženy k popisu přirozených jazyků
 - dnes rozlišujeme tzv. **formální jazyky**
- Cíl přednášky
 - seznámit se se základními konstrukcemi teorie formálních jazyků
 - → schopnost používat je v dalších kurzech

Formální lingvistika – základní pojmy

- abeceda
 - množina symbolů Σ (např. $\{a, b\}$)
- slovo
 - libovolná konečná posloupnost prvků Σ
 - např. *aabab*
- délka slova $|v|$
 - počet prvků této posloupnosti
 - např. $|aabab| = 5$
- prázdné slovo ϵ
 - slovo nulové délky

Formální lingvistika – základní pojmy (II)

- množina Σ^*
 - množina všech slov nad abecedou Σ
 - např. $\{a, b\}^* = \{\epsilon, a, b, aa, bb, ab, ba, aab, abb, \dots\}$
- operace zřetězení slov „.”
 - pro slova u, v : $u.v = uv$
 - např. $aab.ab = aabab$
- mocnina slova u^i
 - definována induktivně: $u^0 = \epsilon$; $u^{i+1} = u.u^i$
 - např. $(ab)^3 = ababab$
- Jazyk
 - množina (některých) slov nad danou abecedou
 - pro každý jazyk L platí $L \subseteq \Sigma^*$

Formální lingvistika – základní pojmy (III)

- zřetězení jazyků

- $L_1.L_2 = \{u.v \mid u \in L_1 \wedge v \in L_2\}$

- podobně i další operace nad jazyky

Formální gramatika

■ Čtveřice (N, Σ, P, S)

- N – množina neterminálů
- Σ – množina terminálů (symbolů abecedy)
- $\rightarrow N \cap \Sigma = \emptyset$
- $\rightarrow N \cup \Sigma$ označíme V (množina symbolů)
- $P \subseteq (V^*.N.V^*) \times (V^*)$ – množina pravidel
- S – počáteční symbol gramatiky

■ Pravidla gramatiky

- (α, β) zapisujeme jako $\alpha \rightarrow \beta$
- α, β jsou slova nad V (řetězce terminálů a neterminálů)
- kde α obsahuje alespoň jeden neterminál

Odvození z gramatiky

- Gramatika je model, který generuje jazyk
 - začneme počátečním neterminálem
 - používáme pravidla gramatiky jako přepisovací systém
 - → tj. levou stranu pravidla nahradíme pravou
 - přepisujeme tak dlouho, dokud nedostaneme řetězec terminálů
- Vztah jazyka a gramatiky
 - gramatika G generuje jazyk L , pokud existuje odvození každého slova jazyka L z gramatiky G
 - značíme $L(G)$

Odvození z gramatiky – příklad

■ Gramatika

- $\Sigma = \{a, b\}, N = \{S, A\}$
- $P = \{ S \rightarrow A, \quad A \rightarrow AA, \quad A \rightarrow a \}$

■ Příklady odvození

- $S \Rightarrow A \Rightarrow a$
- $S \Rightarrow A \Rightarrow AA \Rightarrow aA \Rightarrow aAA \Rightarrow aaA \Rightarrow aaa$
- kolik slov obsahuje jazyk generovaný touto gramatikou?

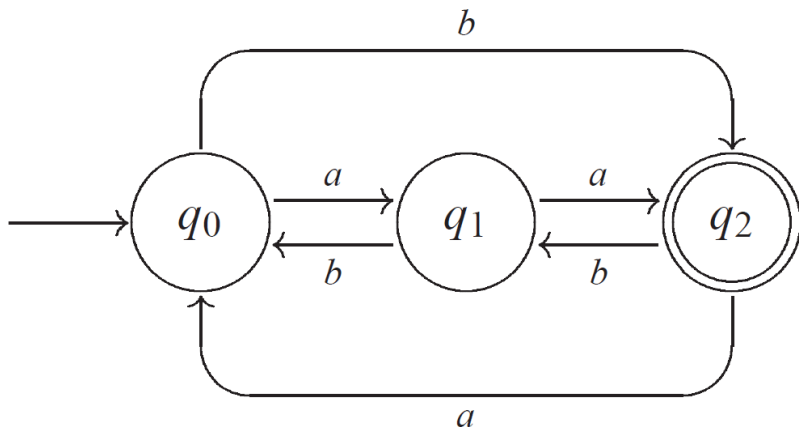
Chomského hierarchie gramatik

- Typy gramatik podle omezení na pravidla
- typ 0
 - žádná omezení
- typ 1
 - pro každé pravidlo $\alpha \rightarrow \beta$ je $|\alpha| \leq |\beta|$
 - též **kontextová gramatika**
- typ 2
 - každé pravidlo je tvaru $A \rightarrow \beta$ ($A \in N$)
 - též **bezkontextová gramatika**
- typ 3
 - každé pravidlo je tvaru $A \rightarrow aB$ ($A, B \in N; a \in \Sigma$)
 - též **regulární gramatika**

Konečný automat

- Jiný model charakterizující jazyky
- Pětice $(Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$
 - Q – neprázdňá konečná množina stavů
 - Σ – konečná množina vstupních symbolů (abeceda)
 - $\delta : Q \times \Sigma \rightarrow Q$ – přechodová funkce
 - q_0 – počáteční stav
 - F – množina koncových stavů
- Automat necháváme běžet nad vstupním slovem
 - začneme v počátečním stavu
 - podle dalšího symbolu na vstupu a aktuálního stavu se přesuneme do jiného stavu
 - opakujeme, dokud není slovo dočteno do konce

Konečný automat



Automaty a jazyky

■ Automaty a jazyky

- automat akceptuje slovo, pokud po jeho zpracování skončí v akceptujícím stavu
- automat akceptuje jazyk, pokud akceptuje právě slova jazyka

■ Automaty a gramatiky

- pro každou regulární gramatiku G existuje automat, který akceptuje jazyk $L(G)$ (důkaz existuje :))
- platí i naopak → **ekvivalentní formalismy**

■ Co se nevešlo

- existují i další typy automatů
- některé ekvivalentní s jinými typy gramatik
- např. zásobníkový automat, Turingův stroj