

Zpracování přirozeného jazyka

Aleš Horák

E-mail: hales@fi.muni.cz
<http://nlp.fi.muni.cz/uui/>

Obsah:

- ▶ Komunikace
- ▶ Gramatiky
- ▶ Analýza přirozeného jazyka
- ▶ PA026 – Projekt z umělé inteligence

Přirozený jazyk – prostředek komunikace

komunikace = cílená výměna informace pomocí produkce a vnímání (sdílených) **pokynů**

- zvířata – až stovky pokynů (šimpanz, delfín, ...)
- člověk – potenciálně neomezené množství, díky **přirozenému jazyku**

2 náhledy na **přirozený jazyk**:

- ▶ **klasický (před 1953)** – jazyk se skládá z vět, které jsou buď pravdivé nebo nepravdivé (srovnej s logikou)
- ▶ **moderní (po 1953)** – užití jazyka je jedna z možných **akcí**
Wittgenstein (1953) **Philosophical Investigations**
Searle (1969) **Speech Acts**

Turingův test založen na jazyku \Leftarrow **jazyk** je pevně spojen s **myšlením**
komunikace se tvoří pomocí **řečových aktů** (*speech acts*) jako jeden z typů agentových akcí
cíl komunikace – **změnit** akce ostatních agentů

Řečové akty

KOMUNIKAČNÍ SITUACE

Mluvčí (*speaker*) → Promluva (*utterance*) → Posluchač (*hearer*)

řečové akty směřují k naplnění cílů mluvčího:

- informovat (inform) “Před tebou je jáma.”
- ptát se (query) “Vidíš zlato?”
- přikázat/žádat (command/request) “Zvedni to.”
- slíbit/svěřit se s plánem (promise, commit to plan) “Rozdělím se s tebou o zlato.”
- potvrdit (acknowledge) “OK”

plánování řečových aktů vyžaduje znalosti:

- komunikační situace
- sémantiky a syntaxe (sdílených konvencí)
- informace o Posluchači – cíle, znalosti, rozumnost

Komunikační fáze (při informování)

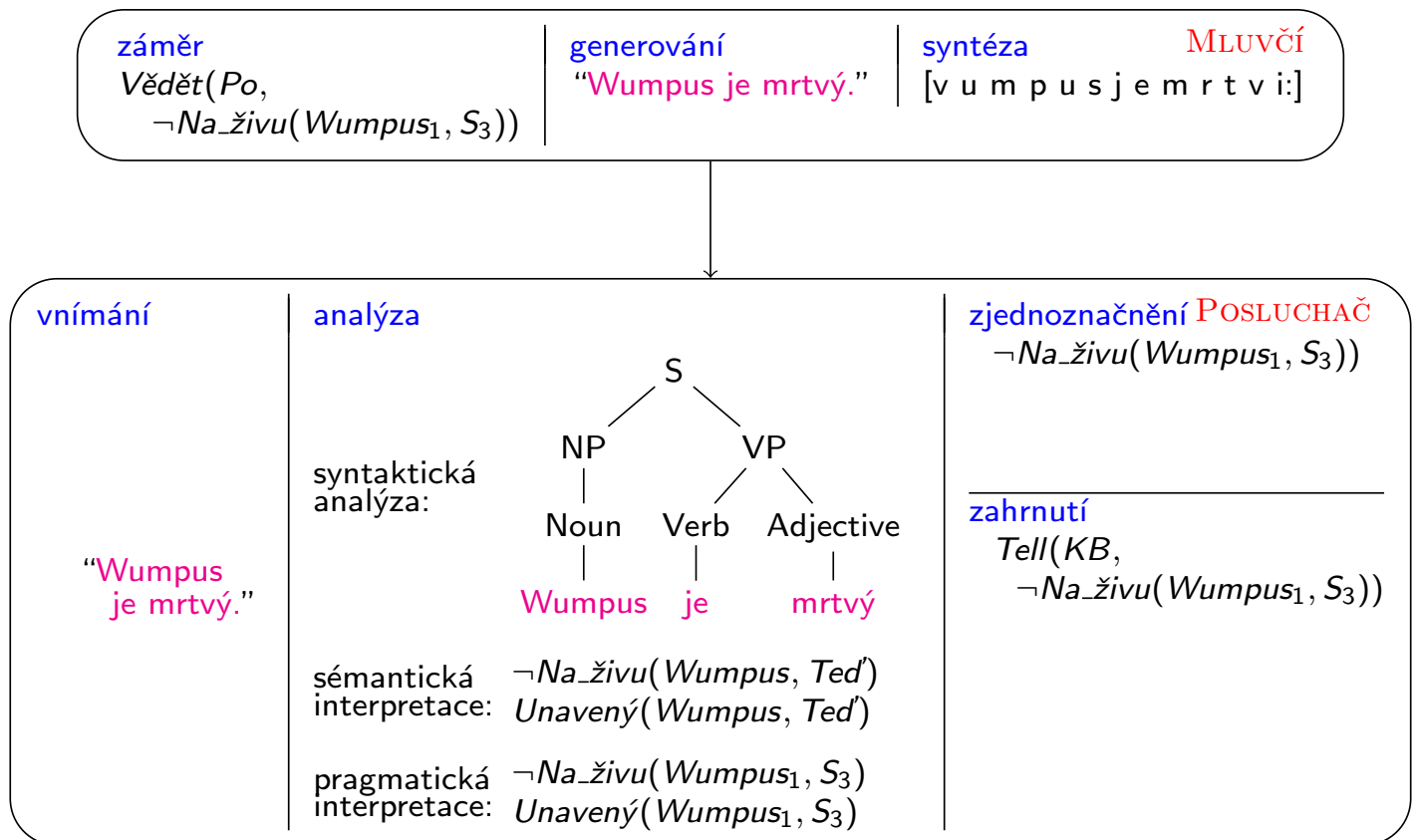
průběh promluvy je možné rozložit na fáze:

- záměr (intention) M chce informovat P_o , že P_r
- generování (generation) M vybírá slova W pro vyjádření P_r
- syntéza (synthesis) M říká slova W
- vnímání (perception) P_o vnímá W'
- analýza (analysis) P_o odvozuje možné významy P_{r_1}, \dots, P_{r_n}
- zjednoznačnění (disambiguation) P_o vybírá zamýšlený význam P_{r_i}
- zahrnutí (incorporation) P_o zahrne P_{r_i} do své báze znalostí

Může přitom vzniknout chyba?

- neupřímnost (P_o nevěří P_r)
- víceznačnost promluvy (P_o zvolí špatné P_{r_i})
- různé pochopení aktuální situace (zamýšlený význam mezi P_{r_i} není)

Komunikační fáze – příklad



Gramatiky

zvířata používají místo vět izolované symboly \Rightarrow omezená sada komunikovatelných situací \rightarrow žádná generativní kapacita

gramatika specifikuje skladební strukturu složených pokynů – definuje **formální jazyk** pokynů

formální jazyk = množina **řetězců** (vět) **terminálních symbolů** (slov)

2 náhledy na vztah věty a gramatiky:

- S je správný řetězec/věta z jazyka $\Leftrightarrow S$ je **analyzovatelný** danou gramatikou
- příslušná gramatika **generuje** S $\Leftrightarrow S$ je správný řetězec/věta z jazyka

gramatika je zadána jako množina **přepisovacích pravidel**

$S \rightarrow NP VP$
Pronoun \rightarrow *já* | *ty* | *on* | ...

v tomto příkladu: S větný symbol – kořenový symbol gramatiky
 NP, VP neterminály
já, ty, ... terminály

Typy gramatik

► regulární (regular) **neterminál** → **terminál**[neterminál]

$$S \rightarrow aS$$

$$S \rightarrow b$$

ekvivalentní síle **konečných automatů**, neumí $a^n b^n$

► bezkontextové (context-free) **neterminál** → **cokoliv**

$$S \rightarrow aSb$$

ekvivalentní síle **zásobníkových automatů**, umí $a^n b^n$, neumí $a^n b^n c^n$

► kontextové (context-sensitive) – víc termů na levé straně (*kontext* neterminálu)

$$\underline{A}S\underline{B} \rightarrow \underline{A}Aa\underline{B}B$$

umí $a^n b^n c^n$

► rekurzivně vyčíslitelné (recursively enumerable) – bez omezení

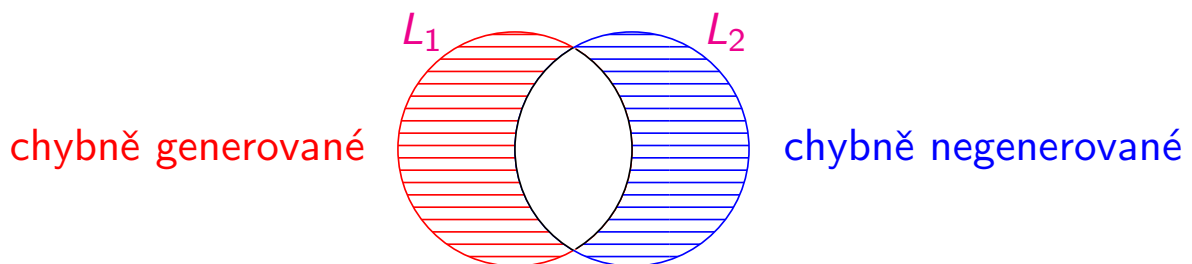
ekvivalentní síle **Turingova stroje**

přirozený jazyk byl dlouho pokládán za bezkontextový → nyní prokázáno, že obsahuje **kontextovou** přírodu

Přesnost a pokrytí gramatiky

u složitějších jazyků (např. přirozených)

→ jazyk L_1 (**generovaný** gramatikou) se liší od **zamýšleného** jazyka L_2



kvalita gramatiky:

- **pokrytí** – procento vět jazyka L_2 generovatelných gramatikou ($|L_1 \cap L_2|/|L_2|$)
- **přesnost** – procento generovaných vět, které jsou správné věty jazyka L_2 ($|L_1 \cap L_2|/|L_1|$)
- kombinová **F-míra** – harmonický průměr $2 \cdot \frac{\text{přesnost} \cdot \text{pokrytí}}{\text{přesnost} + \text{pokrytí}}$

tvorba gramatiky ... postupný proces zvyšování pokrytí a přesnosti gramatiky přirozených jazyků – velmi rozsáhlé a přesto většinou nepopisují plně ani angličtinu ☹

DC gramatiky – gramatiky uspořádaných klauzulí

Gramatiky uspořádaných klauzulí:

- ▶ *Definite-Clause Grammars*, DCG
- ▶ významná aplikace Prologu – *syntaktická analýza*
- ▶ DCG jsou rozšířením bezkontextových gramatik (CFG)
- ▶ jejich implementace využívá *rozdílových seznamů*

DC gramatika – příklad 1

gramatika vět typu “*The young boy sings a song.*”

% 1. část -- pravidla

sentence --> noun_phrase, verb_phrase.

noun_phrase --> determiner, noun_phrase2.

noun_phrase --> noun_phrase2.

noun_phrase2 --> adjective, noun_phrase2.

noun_phrase2 --> noun.

verb_phrase --> verb.

verb_phrase --> verb, noun_phrase.

% 2. část -- lexikon

determiner --> [the].

noun --> [boy].

determiner --> [a].

noun --> [song].

verb --> [sings].

adjective --> [young].

Podobnosti mezi DCG a CFG

Formální podobnosti mezi DCG a CFG:

CFG:

- ▶ pravidla tvaru $x \rightarrow y$, kde $x \in N$ je neterminál a $y \in (N \cup T)^*$ je konečná posloupnost terminálů a neterminálů

DCG:

- ▶ pravidla tvaru $\langle \mathbf{hlava} \rangle \dashrightarrow \langle \mathbf{tělo} \rangle$, kde $\langle \mathbf{hlava} \rangle$ je opět neterminál a $\langle \mathbf{tělo} \rangle$ je opět konečná posloupnost terminálů a neterminálů
- ▶ pravidlo $\langle \mathbf{hlava} \rangle \dashrightarrow \langle \mathbf{tělo} \rangle$ znamená, že jedním z možných tvarů $\langle \mathbf{hlavy} \rangle$ je $\mathbf{tělo}$, neboli:
 $\langle \mathbf{hlavu} \rangle$ je možné vyjádřit jako $\langle \mathbf{tělo} \rangle$

Rozdíly a rozšíření DCG oproti CFG

DCG:

1. **Neterminál** může být téměř libovolný term, kromě *seznamu*, *proměnné* a *čísla*.
2. **Terminál** může být libovolný term, s tím, že terminály a posloupnosti terminálů uzavíráme do hranatých závorek – jako **seznamy**.
3. Pravá strana pravidla může obsahovat **dodatečné podmínky** v podobě prologovských podcílů. Tyto podmínky uzavíráme do složených závorek.
4. Levá strana pravidla může dokonce vypadat i tak, že neterminál je následován posloupností terminálů.
5. Tělo pravidla smí obsahovat řez.

Analýza v Prologu pomocí append

- ▶ věta = seznam slov **[the,young,boy,sings,a,song]**
- ▶ **pravidlová část** – neterminál chápeme jako unární predikát, jehož argumentem je ta větná složka, kterou daný neterminál popisuje

```
sentence(S) :- append(NP,VP,S),
                noun_phrase(NP), verb_phrase(VP).
```

...

- ▶ **slovníková část, lexikon** – reprezentujeme pomocí faktů:

```
determiner([the]).          noun([boy]).
determiner([a]).           ...
```

Efektivněji – rozdílové seznamy

přepis gramatiky do Prologu pomocí **rozdílových seznamů**:

```
sentence(S,S0) :- noun_phrase(S,S1), verb_phrase(S1,S0).
```

```
noun_phrase(S,S0) :- determiner(S,S1), noun_phrase2(S1,S0).
```

```
noun_phrase(S,S0) :- noun_phrase2(S,S0).
```

```
noun_phrase2(S,S0) :- adjective(S,S1), noun_phrase2(S1,S0).
```

```
noun_phrase2(S,S0) :- noun(S,S0).
```

```
verb_phrase(S,S0) :- verb(S,S0).
```

```
verb_phrase(S,S0) :- verb(S,S1), noun_phrase(S1,S0).
```

```
determiner([the|S], S).      noun([boy|S], S).
```

```
determiner([a|S], S).       noun([song|S], S).
```

```
verb([sings|S], S).         adjective([young|S], S).
```

```
?- sentence([the,young,boy,sings , a, song], []).
```

Yes

Lexikon pro agenta ve Wumpusově jeskyni

Gramatika přímo na slovech je příliš rozsáhlá. Řešením je rozdělení slov do **kategorií**:

podst. jméno:	<i>Noun</i>	→	zápach vánek třpyt nic wumpuse jáma zlato ...
sloveso:	<i>Verb</i>	→	jsem je vidím cítím působí zapáchá jdu ...
příd. jméno:	<i>Adjective</i>	→	levý pravý východní jižní ...
příslovce:	<i>Adverb</i>	→	tady tam blízko vpředu vpravo vlevo východně jižně vzadu ...
vl. jméno:	<i>Name</i>	→	Petr Honza Brno FI MU ...
zájmeno:	<i>Pronoun</i>	→	já ty mě toho ten ta ...
předložka:	<i>Preposition</i>	→	do v na u ...
spojka:	<i>Conjunction</i>	→	a nebo ale ...
číslice:	<i>Digit</i>	→	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

kategorie můžeme dělit na **otevřené** (vyvíjející se) a **uzavřené** (stálé)

Morfologická analýza

- ▶ v češtině u lexikonu nestačí prostý výčet tvarů – je nutná **morfologická analýza** (morfologie=tvarosloví)
- ▶ skloňovaná a časovaná slova se rozkládají na **segmenty**

pří-lež-it-ost-n-ými:

pří – prefix; *lež* – kořen; *it, ost, n* – suffixy; *ými* – koncovka

- ▶ **základní tvar** slova (*lemma*), podle koncovky se určují **gramatické kategorie**
% slovník základních gramatických kategorií -- pád, číslo, rod
% adj(+Slovo, +Lemma, +Pád, +Číslo, +Rod)
adj(chytrý, chytrý, 1, sg, mz). adj(chytrého, chytrý, 2, sg, mz).
adj(chytří, chytrý, 1, pl, mz).
- ▶ reálná morfologická analýza ČJ – program MAJKA na FI MU
<http://nlp.fi.muni.cz/projekty/wwwajka/>

```
ajka>nejneuvěřitelněji
<s> nej-ne=uvěřiteln==ěji= (1022)
<l>uvěřitelně
<c>k6xMeNd3
```

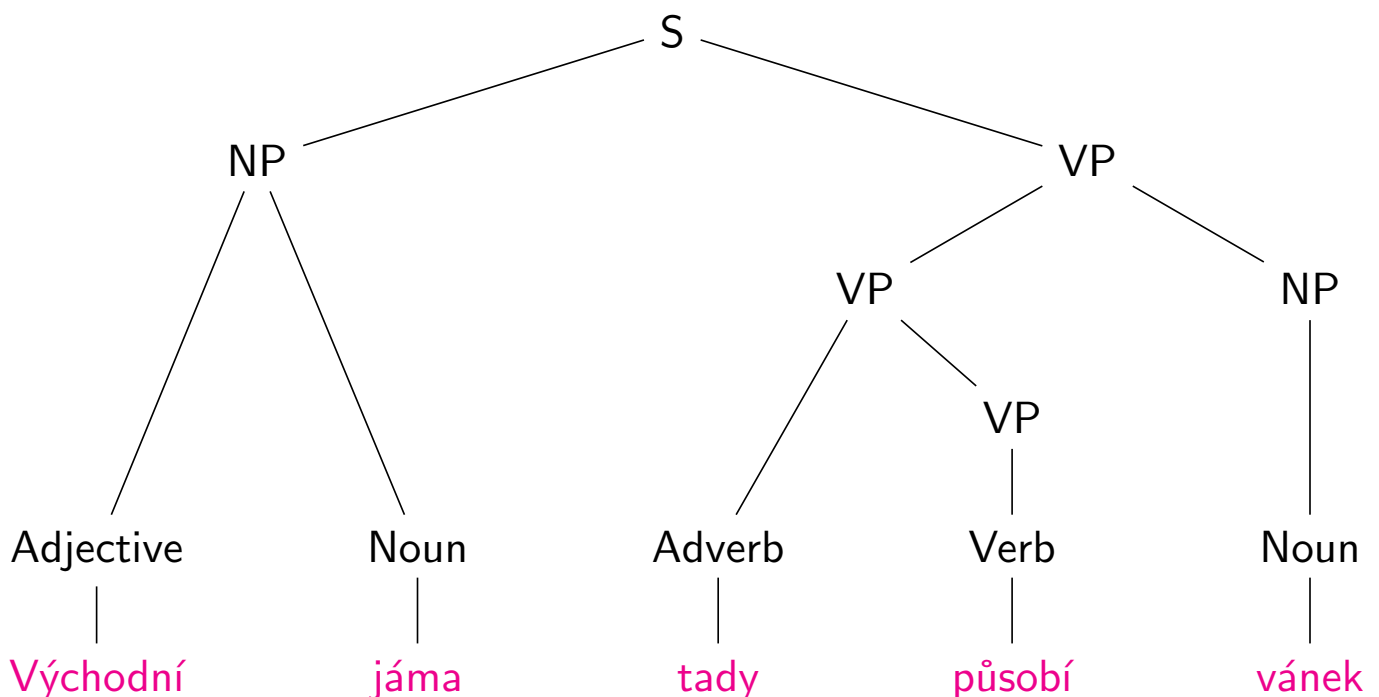
```
ajka>hnát
<s> ==hná=t= (618)
<l>hnát
<c>k5eAmFaI
<s> =hnát=== (1030)
<l>hnát
<c>k1gInSc1,k1gInSc4
```


Gramatická pravidla pro agenta ve Wumpusově jeskyni

S	\rightarrow	$NP VP$ $S Conjunction S$	%	já + cítím vánek
			%	já cítím vánek + a + já jdu
			%	na východ
NP	\rightarrow	$Pronoun$ $Noun$ $Adjective Noun$ $Pronoun NP$ $Noun Digit ',' Digit$ $NP PP$ $NP RelClause$	%	já
			%	jáma
			%	levá jáma
			%	toho + wumpuse
			%	pole + 3,4
			%	jáma + na východě
			%	toho wumpuse + ,který
			%	zapáchá
VP	\rightarrow	$Verb$ $VP NP$ $VP Adjective$ $VP PP$ $VP Adverb Adverb VP$	%	zapáchá
			%	cítím + vánek
			%	je + třpytivý
			%	jdu + na východ
			%	jdu + dopředu
PP	\rightarrow	$Preposition NP$	%	na + východ
$RelClause$	\rightarrow	$' , který' VP$	%	,který + zapáchá

Syntaktický strom

syntaktický strom vzniká během **syntaktické analýzy** a dává **záznam** o jejím průběhu:



Konstrukce derivačního stromu

Neterminály opatříme argumentem:

`sentence(sentence(NP,VP)) --> noun_phrase(NP), verb_phrase(VP).`

Převod do podoby klauzulí:

`sentence(sentence(NP,VP),S,S0) :- noun_phrase(NP,S,S1), verb_phrase(VP,S1,S0).`

DC gramatika s konstrukcí stromu analýzy

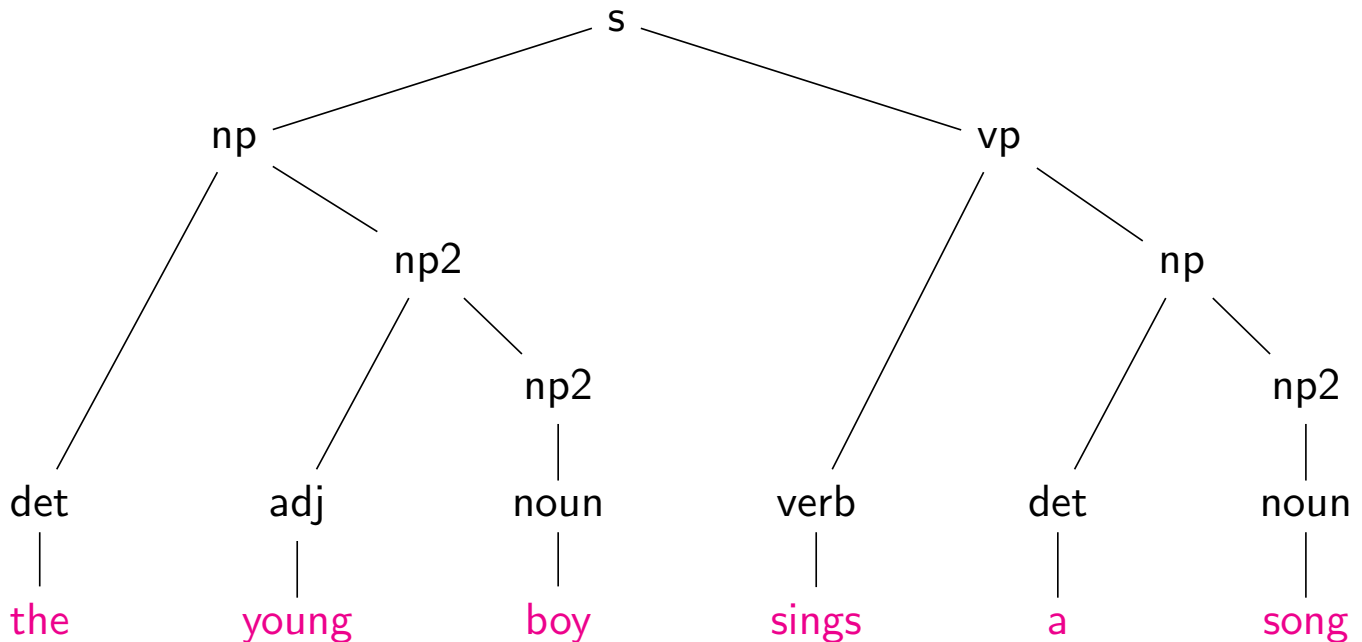
`sentence(s(N,V)) --> noun_phrase(N), verb_phrase(V).`
`noun_phrase(np(D,N)) --> determiner(D), noun_phrase2(N).`
`noun_phrase(np(N)) --> noun_phrase2(N).`
`noun_phrase2(np2(A,N)) --> adjective(A), noun_phrase2(N).`
`noun_phrase2(np2(N)) --> noun(N).`
`verb_phrase(vp(V)) --> verb(V).`
`verb_phrase(vp(V,N)) --> verb(V), noun_phrase(N).`

`determiner(det(the)) --> [the].`
`determiner(det(a)) --> [a].`
`adjective(adj(young)) --> [young].`
`noun(noun(boy)) --> [boy].`
`noun(noun(song)) --> [song].`
`verb(verb(sings)) --> [sings].`

?– `sentence(Tree, [the,young,boy,sings,a,song],[[]]).`
`Tree=s(np(det(the),np2(adj(young),np2(noun(boy))))),`
`vp(verb(sings),np(det(a),np2(noun(song))))))`

Derivační strom analýzy v DC gramatikách

?– sentence(Tree, [the, young, boy, sings, a, song], []).
 Tree=s(np(det(the), np2(adj(young), np2(noun(boy)))),
 vp(verb(sings), np(det(a), np2(noun(song)))))



Test na shodu

Pokud však rozšíříme slovník:

noun(noun(boys)) --> [boys].

verb(verb(sing)) --> [sing].

Narazíme na problém se shodou v čísle:

?– sentence(–,[a, young, boys, sings],[]).

Yes

?– sentence(–,[a, boy, sing],[]).

Yes

Proto rozšíříme neterminály o další argument **Num**, ve kterém můžeme testovat shodu:

sentence(sentence(NP,VP)) --> noun_phrase(NP,Num), verb_phrase(VP,Num).

DC gramatika s testy na shodu

$\text{sentence}(\text{sentence}(N,V)) \rightarrow \text{noun_phrase}(N,\text{Num}), \text{verb_phrase}(V,\text{Num}).$
 $\text{noun_phrase}(\text{np}(D,N),\text{Num}) \rightarrow \text{determiner}(D,\text{Num}), \text{noun_phrase2}(N,\text{Num}).$
 $\text{noun_phrase}(\text{np}(N),\text{Num}) \rightarrow \text{noun_phrase2}(N,\text{Num}).$
 $\text{noun_phrase2}(\text{np2}(A,N),\text{Num}) \rightarrow \text{adjective}(A), \text{noun_phrase2}(N,\text{Num}).$
 $\text{noun_phrase2}(\text{np2}(N),\text{Num}) \rightarrow \text{noun}(N,\text{Num}).$
 $\text{verb_phrase}(\text{vp}(V),\text{Num}) \rightarrow \text{verb}(V,\text{Num}).$
 $\text{verb_phrase}(\text{vp}(V,N),\text{Num}) \rightarrow \text{verb}(V,\text{Num}), \text{noun_phrase}(N,\text{Num}1).$

$\text{determiner}(\text{det}(\text{the}), _) \rightarrow [\text{the}].$ $\text{noun}(\text{noun}(\text{boy}),\text{sg}) \rightarrow [\text{boy}].$
 $\text{determiner}(\text{det}(\text{a}), \text{sg}) \rightarrow [\text{a}].$ $\text{noun}(\text{noun}(\text{song}),\text{sg}) \rightarrow [\text{song}].$
 $\text{verb}(\text{verb}(\text{sings}), \text{sg}) \rightarrow [\text{sings}].$ $\text{noun}(\text{noun}(\text{boys}),\text{pl}) \rightarrow [\text{boys}].$
 $\text{verb}(\text{verb}(\text{sing}), \text{pl}) \rightarrow [\text{sing}].$ $\text{noun}(\text{noun}(\text{songs}),\text{pl}) \rightarrow [\text{songs}].$
 $\text{adjective}(\text{adj}(\text{young})) \rightarrow [\text{young}].$

?– $\text{sentence}(_, [\text{a}, \text{young}, \text{boys}, \text{sings}], []).$

No

?– $\text{sentence}(_, [\text{the}, \text{boys}, \text{sings}, \text{a}, \text{song}], []).$

No

?– $\text{sentence}(_, [\text{the}, \text{boys}, \text{sing}, \text{a}, \text{song}], []).$

Yes

Podmínky v těle pravidel

DC gramatiky mohou mít pomocné **podmínky** v těle pravidel – libovolný Prologovský kód

CFG pro vyhodnocení aritmetického výrazu:

$$\begin{array}{l}
 E \rightarrow T + E \quad | \quad T - E \quad | \quad T \\
 T \rightarrow F * T \quad | \quad F / T \quad | \quad F \\
 F \rightarrow (E) \quad | \quad f
 \end{array}$$

zapišeme **včetně výpočtu** hodnoty výrazu:

$\text{expr}(X) \rightarrow \text{term}(Y), [+], \text{expr}(Z), \{X \text{ is } Y+Z\}.$

$\text{expr}(X) \rightarrow \text{term}(Y), [-], \text{expr}(Z), \{X \text{ is } Y-Z\}.$

$\text{expr}(X) \rightarrow \text{term}(X).$

$\text{term}(X) \rightarrow \text{factor}(Y), [*], \text{term}(Z), \{X \text{ is } Y * Z\}.$

$\text{term}(X) \rightarrow \text{factor}(Y), [/], \text{term}(Z), \{X \text{ is } Y / Z\}.$

$\text{term}(X) \rightarrow \text{factor}(X).$

$\text{factor}(X) \rightarrow [(], \text{expr}(X), [)].$

$\text{factor}(X) \rightarrow [X], \{ \text{integer}(X) \}.$

?– $\text{expr}(X, [3, +, 4, /, 2, -, '(, 2, *, 6, /, 3, +, 2, ')'], []).$

% $3 + 4/2 - (2*6/3 + 2) = -1$

X = -1

Generativní síla DCG

Generativní (rozpoznávací) síla DCG je **větší** než CFG
např. jazyk $a^n b^n c^n$:

$abc \rightarrow a(N), b(N), c(N).$

$a(0) \rightarrow [].$

$a(s(N)) \rightarrow [a], a(N).$

$b(0) \rightarrow [].$

$b(s(N)) \rightarrow [b], b(N).$

$c(0) \rightarrow [].$

$c(s(N)) \rightarrow [c], c(N).$

?- $abc(X, []).$

$X = [] ;$

$X = [a, b, c] ;$

$X = [a, a, b, b, c, c] ;$

$X = [a, a, a, b, b, b, c, c, c] ;$

...

Význam syntaktické analýzy

- ▶ analýza **syntaxe** je **nutná** pro analýzu **významu**
- ▶ většina teorií analýzy významu využívá **princip kompozicionality**:

Význam složeného výrazu je funkcí významu jednotlivých podvýrazů

- ▶ proces **sémantické analýzy**:
 - buď vychází z **výsledků** syntaktické analýzy
 - nebo **probíhá současně** se syntaktickou analýzou; pak může zasahovat i do tvorby syntaktického stromu

Problémy při analýze přirozeného jazyka

- ▶ víceznačnost
- ▶ anaforické výrazy
- ▶ indexické výrazy
- ▶ nejasnost
- ▶ nekompozicionalita
- ▶ struktura promluvy
- ▶ metonymie
- ▶ metafory

Víceznačnost

- ▶ *ambiguity*
- ▶ **víceznačnost** může být **lexikální**, **syntaktická**, **sémantická** a **referenční**
- ▶ lexikální – “**stát**,” “**žena**,” “**hnát**”
- ▶ syntaktická – “**Jím špagety s masem.**”
“**Jím špagety se salátem.**”
“**Jím špagety s použitím vidličky.**”
“**Jím špagety se sebezapřením.**”
“**Jím špagety s přítelem.**”
- ▶ sémantická – “**Jeřáb** je vysoký.” “Viděli jsme veliké **oko.**”
- ▶ referenční – “**Oni** přišli pozdě.” “Můžeš mi půjčit **knihu?**”
“Ředitel vyhodil dělníka, protože (**on**) byl agresivní.”

Anaforické a indexické výrazy

anaforické výrazy:

- ▶ *anaphora*
 - ▶ používají **zájmena** pro odkazování na objekty zmíněné **dříve**
- “Poté co se Honza s Marií rozhodli se vzít, (**oni**) vyhledali kněze, aby **je** oddal.”
- “Marie uviděla ve výloze prstýnek a požádala Honzu, aby **jí ho** koupil.”

indexické výrazy:

- ▶ *indexicals*
 - ▶ odkazují se na údaje v **jiných částech** promluvy nebo **mimo** promluvu
- “**Já** jsem **tady**.”
- “Proč **jsi to** udělal?”

Metafora a metonymie

metafora:

- ▶ *metaphor*
 - ▶ použití slov v **přeneseném významu** (na základě podobnosti), často systematicky
- “Zkoušel jsem ten proces **zabít**, ale nešlo to.”
- “Bouře se **vzteká**.”

metonymie:

- ▶ *metonymy*
 - ▶ používání **jména** jedné **věci** pro (často zkrácené) označení **věci jiné**
- “Čtu **Shakespeara**.”
- “**Chrysler** oznámil rekordní zisk.”
- “Ten **pstruh na másle** u stolu 3 chce další pivo.”

Nekompozicionalita

- ▶ *noncompositionality*
- ▶ příklady porušení pravidla kompozicionality u ustálených termínů nebo přednost jiného možného významu při určitých spojeních
 - “aligátoří boty,” “basketbalové boty,” “dětské boty”
 - “pata sloupu”
 - “červená kniha,” “červené pero”
 - “bílý trpaslík”
 - “dřevěný pes,” “umělá tráva”
 - “velká molekula”

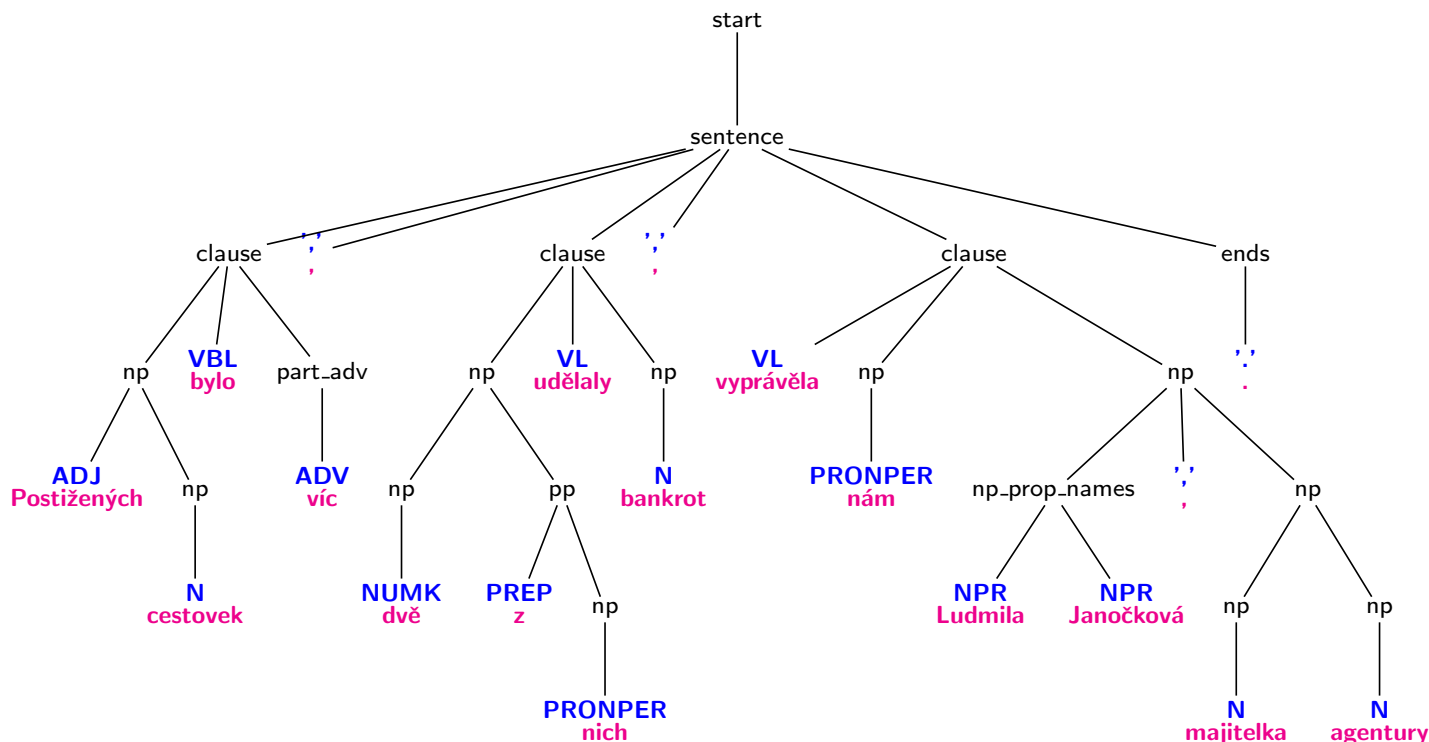
Reálná syntaktická analýza přirozeného jazyka

- ▶ velice rozsáhlé gramatiky (desítky až stovky tisíc pravidel)
- ▶ silná víceznačnost – někdy až obrovské množství (>milióny) možných syntaktických stromů

Obehnat Šalounův pomník mistra Jana Husa na pražském Staroměstském náměstí živým plotem z hustých keřů s trny navrhuje občanské sdružení Společnost Jana Jesenia.

- ▶ existují efektivní algoritmy pro takové gramatiky
např. **tabulkový analyzátor** (*chart parser*), běží v $O(n^3)$, tisíce slov/sekundu

Příklad stromu analýzy v systému synt



<http://nlp.fi.muni.cz/projekty/wwwsynt/>

Příklad logické analýzy v systému synt

Když je pořádná zima s množstvím sněhu, ani velký nával návštěvníků přírodě příliš nevadí.

$$\begin{aligned}
 & \lambda w_1 \lambda t_2 \left[\mathbf{když_ani}_{w_1 t_2}, \right. \\
 & \quad \lambda w_3 \lambda t_4 (\exists i_5) \left(\left[\mathbf{pořádný}_{w_3 t_4}, i_5 \right] \wedge \left[\mathbf{zima}_{w_3 t_4}, i_5 \right] \wedge \right. \\
 & \quad \left. \left[\left[\mathbf{s}_{w_3 t_4}, \left[\mathbf{Of}, \mathbf{množství}, \mathbf{sníh} \right]_{w_3 t_4}, i_5 \right] \right] \right), \\
 & \quad \lambda w_6 \lambda t_7 \left[\mathbf{Not}, \left[\mathbf{True}_{w_6 t_7}, \lambda w_8 \lambda t_9 (\exists x_{10}) (\exists i_{11}) (\exists i_{12}) \left(\right. \right. \right. \\
 & \quad \left. \left[\mathbf{Does}_{w_8 t_9}, i_{12}, \left[\mathbf{Imp}_{w_8}, x_{10} \right] \right] \wedge \left[\mathbf{příroda}_{w_8 t_9}, i_{11} \right] \wedge \right. \\
 & \quad \left. x_{10} \subset \left[\mathbf{vadit}, i_{11} \right]_{w_8} \wedge \left[\mathbf{příliš}, x_{10} \right] \wedge \right. \\
 & \quad \left. \left. \left. \left[\left[\mathbf{velký}, \left[\mathbf{Of}, \mathbf{nával}, \mathbf{návštěvník} \right]_{w_8 t_9}, i_{12} \right] \right] \right] \right] \right] \dots O_{\mathcal{T}\omega}
 \end{aligned}$$

NLP – Natural Language Processing

část **umělé inteligence** zaměřená na **zpracování textu a řeči**

Významné úkoly v NLP (předměty **IB030** a **IA161**)

- ▶ **analýza** textu v přirozeném jazyce – morfologická, syntaktická, sémantická
- ▶ **generování** textu v přirozeném jazyce
- ▶ syntéza a rozpoznávání **řeči**
- ▶ strojový překlad (**Machine translation**)
- ▶ odpovídání na otázky (**Question answering**)
- ▶ komunikace člověk-stroj (**Man-machine communication**, **Chatbots**)
- ▶ získávání informací (**Information retrieval**)
- ▶ korektura textu (**Spell-checking**, **Grammar checking**)
- ▶ extrakce informací (**Information extraction**, **Text mining**)
- ▶ výtah z textu (**Text summarization**)
- ▶ určení typu dokumentu (**Text classification/clustering**)
- ▶ určení stylu dokumentu/autora (**Stylometry**, **Authorship attribution**)

PA026 – Projekt z umělé inteligence

- ▶ navazuje na předmět *PB016 Úvod do umělé inteligence*
- ▶ volba programovacího jazyka ovšem není nijak omezena
- ▶ samostatná volba tématu v rozsahu ≥ 1 semestru
- ▶ předmět probíhá jako konzultace
- ▶ zajímavé výsledky (<http://nlp.fi.muni.cz/uiprojekt/>)
 - projekt **elnet** – > 5 let spolupráce na grantových projektech simulace elektrorozvodných sítí
 - projekt **plagiaty_z_webu** – reálné a funkční vyhledávání shod s dokumenty na celém webu
 - projekt **robot_johnny_5** – sestavení a “oživení” robota – mobilního počítače

