

Zpracování přirozeného jazyka

Aleš Horák

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

Obsah:

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

Přírozený jazyk – prostředek komunikace

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

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

2 náhledy na **přírozený 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 ⇐ **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?”
- **příkázat/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)

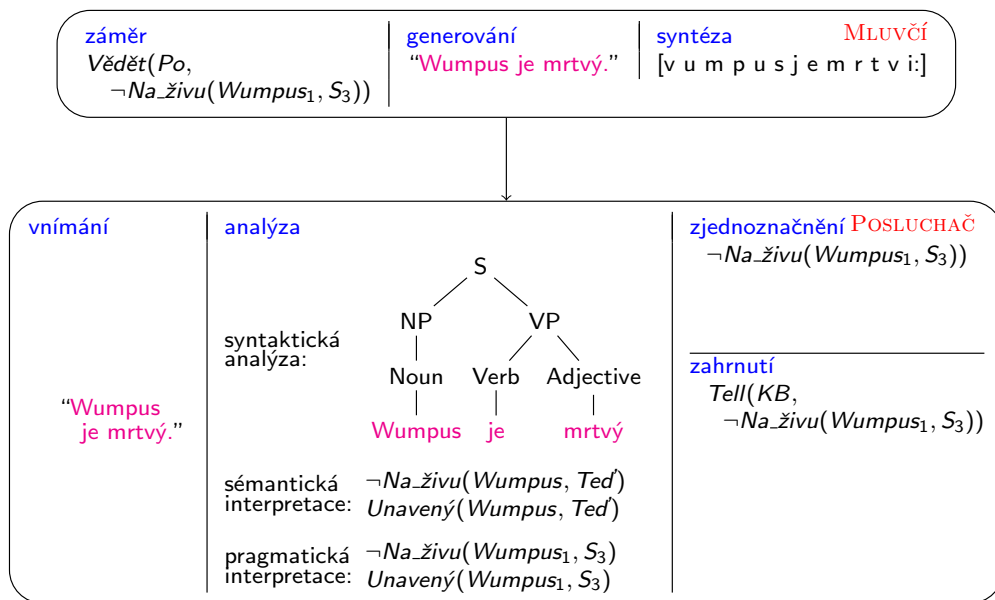
průběh promluvy je možné rozložit na **fáze**:

- **záměr** (intention) M chce informovat Po , že Pr
- **generování** (generation) M vybírá slova W pro vyjádření Pr
- **syntéza** (synthesis) M říká slova W
- **vnímání** (perception) Po vnímá W'
- **analýza** (analysis) Po odvozuje možné významy Pr_1, \dots, Pr_n
- **zjednoznačnění** (disambiguation) Po vybírá zamýšlený význam Pr_i
- **zahrnutí** (incorporation) Po zahrne Pr_i do své báze znalostí

Může přitom vzniknout **chyba**?

- neupřímnost (Po nevěří Pr)
- víceznačnost promluvy (Po zvolí špatné Pr_i)
- různé pochopení aktuální situace (zamýšlený význam mezi Pr_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) teminálních 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

$S \rightarrow NP VP$
 $Pronoun \rightarrow já | ty | on | \dots$

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

Typy gramatik

▶ regulární (regular) **neterminál** \rightarrow **terminál**[neterminál]

$S \rightarrow aS$
 $S \rightarrow b$

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

▶ bezkontextové (context-free) **neterminál** \rightarrow **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)

$\underline{ASB} \rightarrow \underline{AAaBB}$

umí $a^n b^n c^n$

▶ rekurzivně vyčíslitelné (recursively enumerable) – bez omezení

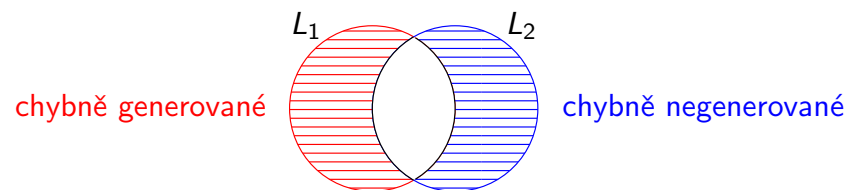
ekvivalentní síle Turingova stroje

přirozený jazyk byl dlouho pokládán za bezkontextový \rightarrow nyní prokázáno,

Přesnost a pokrytí gramatiky

u složitějších jazyků (např. přirozených)

\rightarrow 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 $(|L_1 \cap L_2|/|L_1|)$

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

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

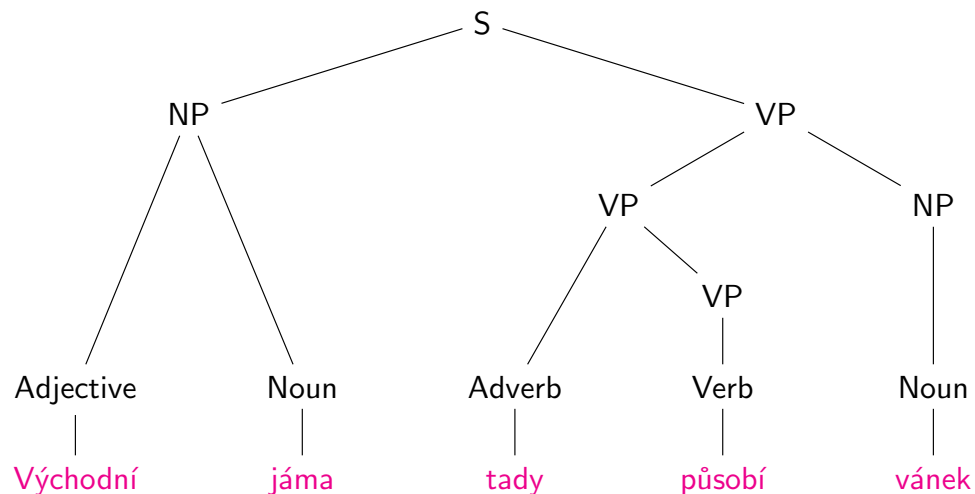
| | |
|-----------------------------------|----------------------|
| ajka>nejneuvěřitelněji | ajka>hnát |
| <s> nej-ne=uvěřiteln==ěji= (1022) | <s> ==hnát=t= (618) |
| <l>uvěřitelně | <l>hnát |
| <c>k6xMeNd3 | <c>k5eAmFaI |
| | <s> =hnát=== (1030) |
| | <l>hnát |
| | <c>k1gInSc1,k1gInSc4 |

Gramatická pravidla pro agenta ve Wumpusově jeskyni

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

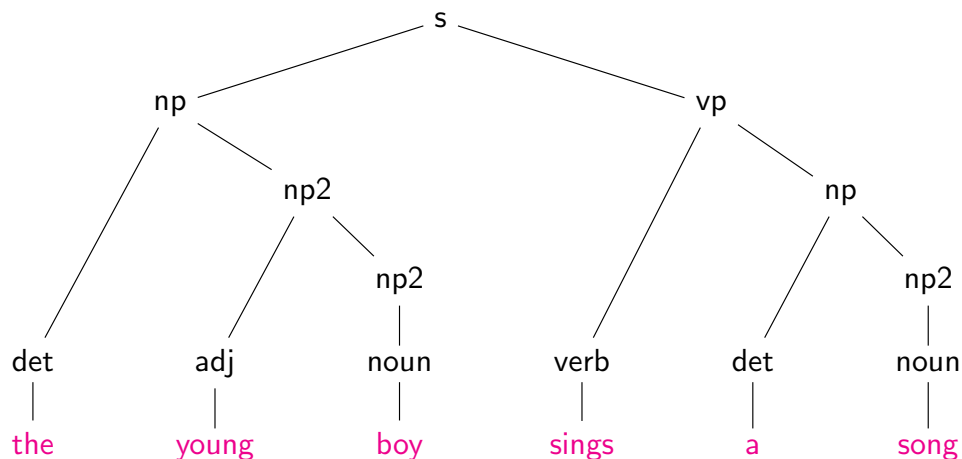
`sentence(s(N,V)) --> noun_phrase(N), verb_phrase(V).`
`noun_phrase(np(D,N)) --> determiner(D), noun_phrase2(N).`
`noun_phrase(np(N)) --> noun_phrase2(N).`
`noun_phrase2(np2(A,N)) --> adjective(A), noun_phrase2(N).`
`noun_phrase2(np2(N)) --> noun(N).`
`verb_phrase(vp(V)) --> verb(V).`
`verb_phrase(vp(V,N))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

sentence(sentence(N,V)) --> noun_phrase(N,Num), verb_phrase(V,Num).
 noun_phrase(np(D,N),Num) --> determiner(D,Num), noun_phrase2(N,Num).
 noun_phrase(np(N),Num) --> noun_phrase2(N,Num).
 noun_phrase2(np2(A,N),Num) --> adjective(A), noun_phrase2(N,Num).
 noun_phrase2(np2(N),Num) --> noun(N,Num).
 verb_phrase(vp(V),Num) --> verb(V,Num).
 verb_phrase(vp(V,N),Num) --> verb(V,Num), noun_phrase(N,Num1).

determiner(det(the),-) --> [the].
 determiner(det(a),sg) --> [a].
 verb(verb(sings),sg) --> [sings].
 verb(verb(sing),pl) --> [sing].
 adjective(adj(young)) --> [young].
 noun(noun(boy),sg) --> [boy].
 noun(noun(song),sg) --> [song].
 noun(noun(boys),pl) --> [boys].
 noun(noun(songs),pl) --> [songs].

?- sentence(.,[a, young, boys, sings], []).
 No
 ?- sentence(.,[the, boys, sings, a, song], []).
 No
 ?- sentence(.,[the, boys, sing, a, song], []).
 Yes

Podmínky v těle pravidel

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

CFG pro vyhodnocení aritmetického výrazu:

$$E \rightarrow T + E \mid T - E \mid T$$

$$T \rightarrow F * T \mid F / T \mid F$$

$$F \rightarrow (E) \mid f$$

zapíšeme včetně výpočtu hodnoty výrazu:

expr(X) --> term(Y, [+], expr(Z), {X is Y+Z}).
 expr(X) --> term(Y, [-], expr(Z), {X is Y-Z}).
 expr(X) --> term(X).
 term(X) --> factor(Y, [*], term(Z), {X is Y*Z}).
 term(X) --> factor(Y, [/], term(Z), {X is Y/Z}).
 term(X) --> factor(X).

factor(X) --> ['(', expr(X), ')'].
 factor(X) --> [X], {integer(X)}.

?- expr(X,[3,+,4,/,2,-,'(',2,*,6,/,3,+,2,')'], []).
 X = -1
 % 3 + 4/2 - (2*6/3 + 2) = -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?”

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**”

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**.”

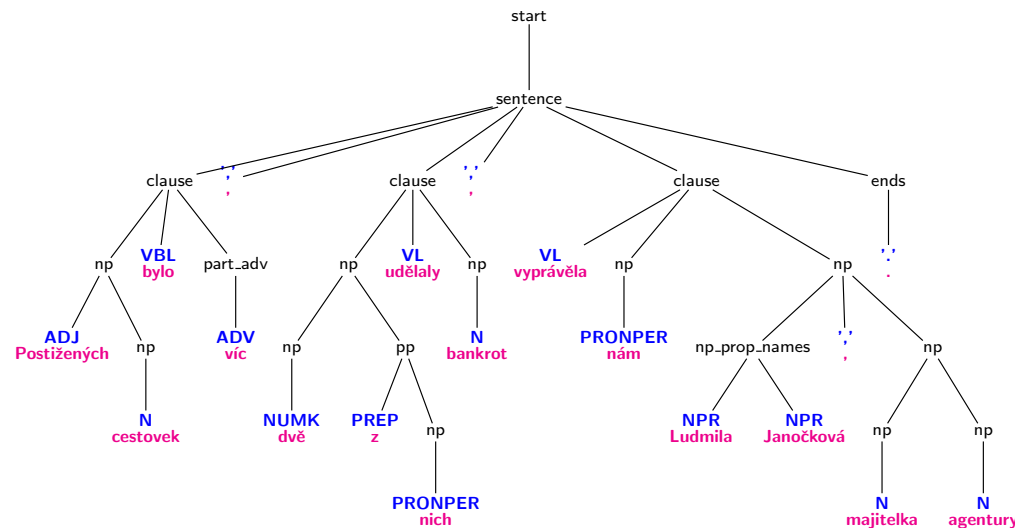
metonymie:

- ▶ *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.”

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.

$$\lambda w_1 \lambda t_2 \left[\text{když_ani}_{w_1 t_2}, \right.$$

$$\lambda w_3 \lambda t_4 (\exists i_5) \left(\left[\text{pořádný}_{w_3 t_4, i_5} \right] \wedge \left[\text{zima}_{w_3 t_4, i_5} \right] \wedge \right.$$

$$\left. \left[\left[s_{w_3 t_4}, [\text{Of, množství, sněh}]_{w_3 t_4, i_5} \right] \right] \right),$$

$$\lambda w_6 \lambda t_7 \left[\text{Not}, \left[\text{True}_{w_6 t_7}, \lambda w_8 \lambda t_9 (\exists x_{10}) (\exists i_{11}) (\exists i_{12}) \left(\right. \right. \right.$$

$$\left. \left. \left[\text{Does}_{w_8 t_9, i_{12}}, [\text{Imp}_{w_8, x_{10}}] \right] \wedge \left[\text{příroda}_{w_8 t_9, i_{11}} \right] \wedge \right. \right.$$

$$\left. \left. x_{10} \subset \left[\text{vadit}, i_{11} \right]_{w_8} \wedge \left[\text{příliš}, x_{10} \right] \wedge \right. \right.$$

$$\left. \left. \left. \left. \left[\left[\text{velký}, [\text{Of, nával, návštěvník}]_{w_8 t_9, i_{12}} \right] \right] \right] \right] \right] \right] \dots O_{T\omega}$$

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 **plagiáty z webu** – reálné a funkční vyhledávání shod s dokumenty na celém webu
 - projekt **robot.johnny.5** – sestavení a “oživení” robota – mobilního počítače

