

## Roviny analýzy jazyka. Fonetika

Aleš Horák

E-mail: [hales@fi.muni.cz](mailto:hales@fi.muni.cz)  
[http://nlp.fi.muni.cz/poc\\_lingv/](http://nlp.fi.muni.cz/poc_lingv/)

Obsah:

- ▶ Roviny analýzy jazyka
- ▶ Fonetika a fonologie

## Struktura jazyka

**Struktura jazyka** zahrnuje informace o:

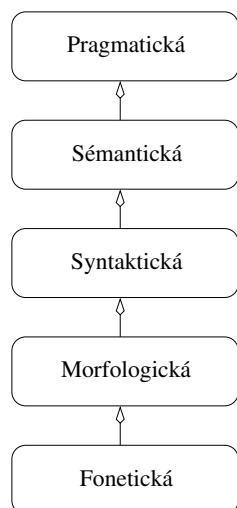
- ▶ co jsou **slova** (z jakých **znaků**, jaké slovní tvary a jejich složky)
- ▶ jak se slova (větné složky) kombinují do **vět**
- ▶ co slova označují, jaké jsou jejich **lexikální významy**
- ▶ jak se **význam věty** skládá z významů slov a slovních spojení (větných složek)

zpracování jazyka dále potřebuje:

- ▶ obecnou (encyklopedickou) **znalost světa** (ontologie)
- ▶ **inferenční mechanismus**
- ▶ znalost **komunikační situace**

## Roviny analýzy jazyka

znalosti struktury jazyka jsou propojeny **hierarchicky**



jazykové **roviny**:

- ▶ **fonetická**
- ▶ **morfologická**
- ▶ **syntaktická**
- ▶ **sémantická**
- ▶ **pragmatická**
- ▶ kontextová
- ▶ znalost základní ontologie
- ▶ jazykové metaznalosti

## Roviny analýzy jazyka – příklad

**rovina analýzy**

**příklad**

pragmatická

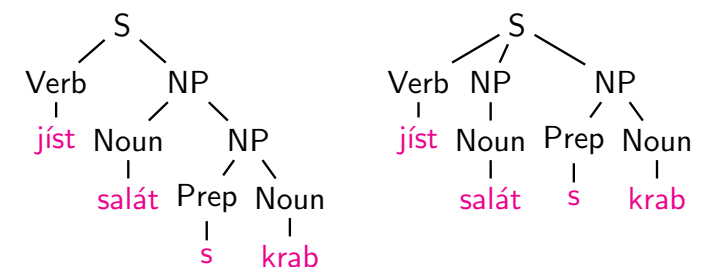
$Jíst(I_2, Salát, Tl_3) \wedge with(Salát, krab)$

sémantická

$Jíst(On, Salát, T_{min}) \wedge with(Salát, krab)$

syntaktická

$Jíst_{with}(On, Salát, krab, T_{min})$



morfologická

$jíst$ -Verb3MSP,  $salát$ -Noun4IS,  $s$ -Prep7,  $krab$ -Noun7MS

fonetická

[j e d l s a l a : t s k r a b e m]

povrchová

“Jedl salát s krabem.”

## Roviny analýzy jazyka – pokrač.

- ▶ **fonetická** – postihuje vztahy mezi zvuky používanými v (mluveném) jazyce, jejich skládání do slabik a slov  
**foném** – nejmenší jednotka jazyka, která může **odlišit** význam nadřazených jednotek  
*kosit/nosit* fonémy *k* a *n* odlišují dvě slova  
 často odpovídají *znakům* → vždy ale označují *zvuky*
- ▶ **morfologická** – interní struktura slov, skládání slov z menších jednotek  
**morfém** – nejmenší jednotka, která může **nést** význam  
*pří-lež-it-* **pří** – prefix (*blízko*)  
*-ost-n-ými:* **lež** – lexikální kořen (*ležet*)  
**it** – adjektivní derivační sufix (*ten, který*)  
**ost** – substantivní derivační sufix (*ta skutečnost, že*)  
**n** – adjektivní derivační sufix (*charakteristický pro*)  
**ými** – gramatický afix (*instrumentál plurálu*)

## Fonetika a fonologie

## Fonologie:

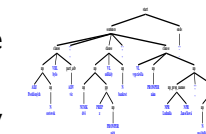
- ▶ **fonologický systém** jazykových zvuků v *určitém jazyce*
- ▶ pracuje s **gramatikou** řečových zvuků
- ▶ pomocí gramatických pravidel popisuje historické změny i současné alternace

## Fonetika:

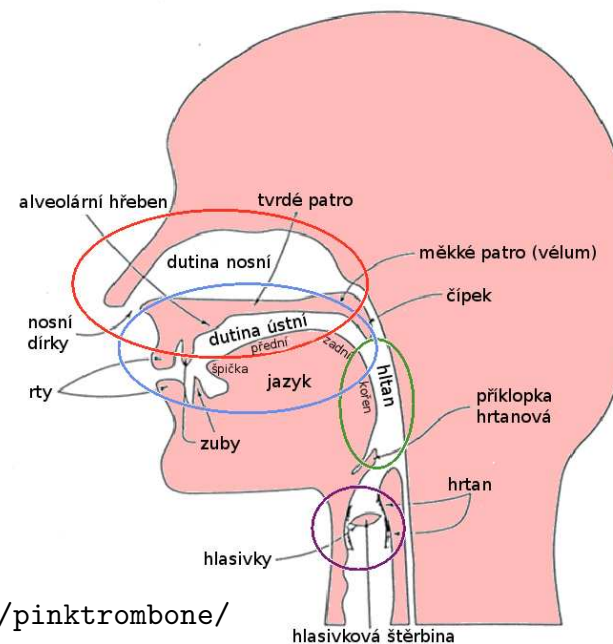
- ▶ studuje **produkcí, přenos a příjem** jazykových zvuků
- ▶ má klíčový význam např. pro oblast automatického **rozpoznávání** a **syntézy řeči**
- ▶ není tradičně chápána jako součást gramatiky jazyka

## Roviny analýzy jazyka – pokrač.

- ▶ **syntaktická** – struktura větných frází  
 popisuje, jak vypadá **gramaticky správná věta**, většinou pomocí **pravidel gramatiky**  
**syntaktický analyzátor** – nástroj, který analyzuje vstup na základě gramatiky  
 na výstup dává různé info, např. derivační stromy
- ▶ **sémantická** – význam výrazů přirozeného jazyka a jejich kombinací  
 hodně závisí na zvolené **sémantické reprezentaci**  
**logická analýza věty** – strukturní část sémantické analýzy
- ▶ **pragmatická** – zkoumá vztah mezi výrazy přirozeného jazyka a **kontextem**  
 často se do ní řadí znalost **komunikační situace**, **základní ontologie** a **jazykových metaznalostí**



## Kde vznikají jazykové zvuky?



<https://dood.al/pinktrombone/>

## Členění řečového proudu

### řečový proud:

- ▶ nejsou mezery mezi slovy
- ▶ nejsou žádné izolované zvuky
- ▶ přesto všechny jazyky pracují s lingvistickými jednotkami jako separátními

oronym/orofón – fráze, které zní stejně/podobně, ale mají jiný obsah (≠ české oronymum!)

It's not easy to recognize speech.  
It's not easy to wreck a nice beach.

## Fonetické jednotky

### ▶ foném (*phoneme*)

- ▶ základní jednotka **zvukového systému** jazyka
- ▶ foném je *abstraktní věc*, konkretizuje se pomocí *fónů* (viz dále)
- ▶ např. v **češtině** – 37 základních fonémů:

a, a:, b, ts, tS, d, d', dz, dZ, e, e:, f, g, h\, x, i, i:, j, k, l, m, n, n', o, o:, p, r, r', s, S, t, t', u, u:, v, z, Z

### ▶ fón (*phone*)

- ▶ **řečový zvuk** z hlediska jeho **fyzikálních charakteristik** (zvuková vlna určitého tvaru)
- ▶ bez zařazení k zvukovému systému jazyka
- ▶ jeden **foném** odpovídá **množině** fónů
- ▶ **alofón** určitého fonému = jeden z množiny fónů tohoto fonému  
např. **nosit**, **banka**

## Fonetická transkripce

- ▶ jeden z nejpoužívanějších **nástrojů fonetiky**
- ▶ **převod** řečového proudu do lingvisticky významných **symbolických jednotek**
- ▶ používá se standardních **fonetických abeced** (viz dále)
- ▶ **široká** × **úzká** (broad/narrow) transkripce = převod *do fonémů/fónů*
- ▶ důvody pro tento převod: nedostatečnost písmenného zápisu, mezijazykové/krajové variace v písmenném zápisu
  - jedno písmeno → různý zvuk
    - spodoba znělosti v češtině: *vy<sup>p</sup>ít* [v] / *vy<sup>p</sup>ustit* [f]
    - krajové variace výslovnosti: *sháně<sup>t</sup>* – moravská [z h], česká [s ch]
    - 'c' → [c] v latinském *Cicero*, [k] v *canis*, [č] v italském *ciao*
    - 'ch' → [ch] v čes. *chovat*, [č] v angl. *cheat*, [k] v it. *Chianti*
  - jeden zvuk → různá písmena (foném může být zaznamenán více písmeny)
    - [j] → 'j' v českém *jídlo*  
→ 'y' v anglickém *yes*  
→ 'ea' v anglickém *beautiful*
    - [f] → 'f' v českém *fyzika*  
→ 'gh' v anglickém *laugh*  
→ 'ph' v řeckém *philosophia*

## Příklady dat pro českou transkripci pro MBROLA

### ▶ pravidla pro přepis do fonémů

```
CLASS SA [aáéěiioóuúýý] # samohlásky
CLASS ZPS [bdd'gvzžhCČ] # znělé párové souhlásky
CLASS NPS [ptt'kfsšHcč] # neznělé párové souhlásky
[[ dě ]] → d' e
[[ b ]] ( _|NPS|ZPS_ ) → p
[[ p ]] ZPS → b
```

### ▶ vstup pro MBROLA – text “shání tě těž muž”

```
_ 200 0 132      i: 93 0 114      S 81 0 114
z 57 0 115      t' 27 0 120      m 43 0 120
h 45            e 50 0 114      u 61
a: 137         t 31 0 120      S 110
n' 75 0 132    e: 102          #
```

- ▶ zvuková databáze cz2 – 37 fonémů, 1442 difónů  
nutné ručně “nařezat” všechny difóny

## Fonetické abecedy IPA a SAMPA

### IPA:

- ▶ *International Phonetic Alphabet*
- ▶ vznikla v roce 1886 v Paříži, od té doby několik revizí (poslední 1996, drobnosti pak 2005 a 2015)
- ▶ speciální znak pro vyjádření každého **fónu**
- ▶ mezinárodně **standardní zápis** – jsou k dispozici tabulky a fonty
- ▶ *Unicode* – speciální IPA znaky v rozsahu U+0250–02AD  
zápis např. [www.i2speak.com](http://www.i2speak.com)

### SAMPA:

- ▶ *Speech Assessment Methods Phonetic Alphabet*
- ▶ vznikla v projektu SAM (Speech Assessment Methods) v letech 1987–89
- ▶ **strojově čitelná** fonetická abeceda
- ▶ <http://www.phon.ucl.ac.uk/home/sampa/>

## IPA – souhlásky

v americké angličtině – *pulmonické* i *nepulmonické*

	labio-		alveolára				palatála		velára	glotála	
	labiála	dentála	dentála								
ploziva	p b			t d			k g				
frikativa		f v	θ ð	s z	ʃ ʒ					h	
afrikáta						tʃ dʒ					
nazála		m			n			ŋ			
aproximanta					l						
laterální					r						
retroflexní											
koartikulovaná	w						j				

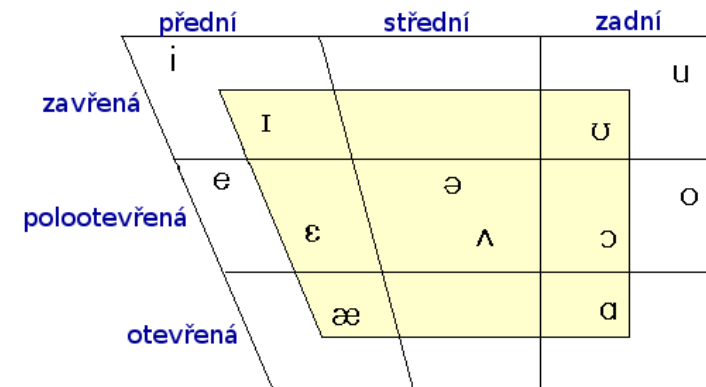
## IPA – souhlásky ve slovech

p	<u>pl</u> ate, <u>pie</u> ce, <u>sp</u> in, <u>cap</u> ital, <u>stop</u> , <u>tramp</u>	s	<u>ce</u> iling, <u>sl</u> im, <u>ps</u> ychology, <u>Pac</u> ific, <u>nast</u> y, <u>pass</u>
t	<u>tr</u> ip, <u>ti</u> me, <u>wint</u> er, <u>ret</u> ire, <u>wait</u> , <u>fron</u> t	z	<u>zo</u> o, <u>zip</u> per, <u>haz</u> ard, <u>prison</u> , <u>care</u> s, <u>bre</u> eze
k	<u>ki</u> te, <u>cl</u> imb, <u>char</u> acter, <u>rock</u> et, <u>back</u> , <u>sink</u>	ʃ	<u>sh</u> ore, <u>sug</u> ar, <u>nati</u> on, <u>rash</u> , <u>Porche</u>
b	<u>bill</u> , <u>br</u> ush, <u>sober</u> , <u>ramble</u> , <u>sob</u> , <u>bulb</u>	ʒ	( <u>gen</u> re), <u>visu</u> al, <u>measu</u> re, <u>decisi</u> on, <u>massa</u> ge
d	<u>dark</u> , <u>dr</u> ive, <u>redd</u> en, <u>ponder</u> , <u>head</u> , <u>hard</u>	h	<u>hat</u> , <u>wh</u> o, <u>ahead</u> , <u>perh</u> aps
g	<u>go</u> , <u>gre</u> ase, <u>rigor</u> , <u>anger</u> , <u>log</u> , <u>iceberg</u>	tʃ	<u>Ch</u> ina, <u>che</u> ap, <u>ritu</u> al, <u>teach</u> ing, <u>beach</u> , <u>punch</u>
m	<u>man</u> , <u>m</u> ile, <u>rem</u> orse, <u>ample</u> , <u>climb</u> , <u>harm</u>	dʒ	<u>ju</u> mp, <u>pid</u> geon, <u>re</u> ject, <u>individu</u> al, <u>ridge</u> , <u>engine</u>
n	<u>nice</u> , <u>kn</u> ow, <u>en</u> ough, <u>cun</u> ning, <u>sign</u> , <u>burn</u>	l	<u>li</u> ght, <u>loo</u> k, <u>pill</u> ow, <u>appl</u> aud, <u>salt</u> , <u>ball</u> , <u>girl</u>
ŋ	<u>finger</u> , <u>singer</u> , <u>drunk</u> , <u>rang</u> , <u>thing</u>	r	<u>real</u> , <u>row</u> , <u>ar</u> ound, <u>part</u> , <u>care</u> , <u>hear</u>
θ	<u>thank</u> , <u>thr</u> ee, <u>eth</u> er, <u>panther</u> , <u>path</u> , <u>birth</u>	w	<u>w</u> ind, <u>was</u> , <u>awa</u> it, <u>sw</u> im, <u>queen</u>
ð	<u>then</u> , <u>thes</u> e, <u>feath</u> er, <u>breat</u> he	j	<u>yes</u> , <u>use</u> , <u>bey</u> ond, <u>beaut</u> y, <u>pun</u> itive
f	<u>fit</u> , <u>fly</u> , <u>eff</u> ort, <u>per</u> form, <u>enough</u> , <u>Ralph</u>		
v	<u>very</u> , <u>view</u> , <u>ev</u> ery, <u>pre</u> vail, <u>lov</u> e, <u>star</u> ve		

## IPA – samohlásky

v americké angličtině

**vokalický čtyřúhelník**

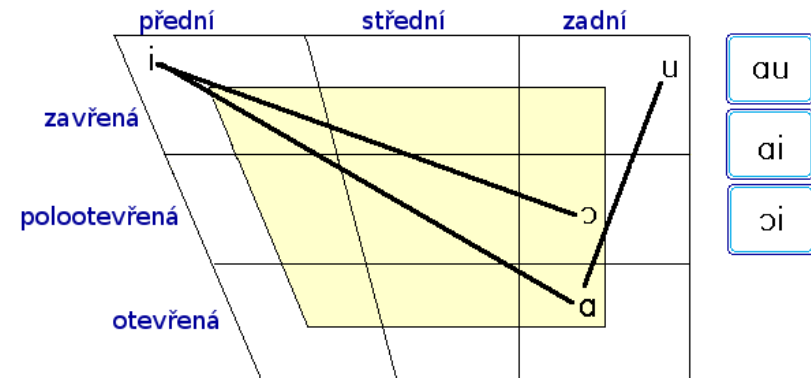


## IPA – samohlásky ve slovech

i	heed, beat, believe, people, scary	u	food, boot, pool, through, who, sewer
ɪ	hid, bit, injure, resist, finish	ʊ	hood, book, pull, put, would
e	hate, bait, great, they, say, neighbor	o	hole, boat, sew, know, so
ɛ	head, bet, friend, says, guest	ɔ	bought, law, wrong, stalk
æ	had, bat, laugh, calf, language	ɑ	pot, "la", stocking, father, rob
ə	above, around, sofa, police		
ʌ	bus, rush, under, other		

## IPA – dvojhlásky

v americké angličtině



ai	find, high, aisle, quiet, ride
au	house, crown, around, flower, how
ɔi	boy, enjoy, Freud, avoid, join

## Text-to-Speech systémy

- ▶ **syntéza řeči** – převod psaného textu na (digitální) zvuk
- ▶ TTS, *Text-to-Speech*
- ▶ dvě hlavní části
  1. **jazykový modul**, NLP modul
    - vstup = text
    - výstup = fonémy + prozodická informace
    - označována také jako TTP, *Text-to-Phoneme*
  2. **modul zpracování signálu**, DSP (Digital Signal Processing) modul
    - vstup = výstup z NLP modulu
    - výstup = zvukový soubor

## Příklady TTS systémů se vztahem k češtině

- ▶ **Epos** – z 90. let, Karlova univerzita a ČAV, nejlepší český open source
- ▶ **MBROLA** – difónová syntéza MBR-PSOLA, řeší DSP část  
Mikuláš Piňos, DP 2000 – česká DB pro MBROLA, text2phone v Perlu
- ▶ **Demosthenes** – FI MU Brno, laboratoř LSD  
slabiková syntéza, základní prozodie
- ▶ **ARTIC** (ARTificial Talker In Czech) – ZČU Plzeň, **DEMO**  
obsahuje i "Talking head" vizuální část
- ▶ **CS-Voice 97** – komerční, Frog Systems, pro Windows
- ▶ **Espeak** – open source, formantová syntéza, včetně češtiny
- ▶ **Festival** – z Edinburghu, GPL, hodně jazyků, projekt Festival Czech