Fakulta informatiky Masarykovy university

Počítačové zpracování přirozeného jazyka

Karel Pala

Brno, září 2000

Obsah

1 Předmluva

Předkládaná práce představuje pokus shrnout výzkumy v oblasti počítačového zpracování češtiny, které probíhaly od počátku 70. let na katedře českého jazyka FF UJEP v Brně, pokračovaly v Ústavu českého jazyka FF MU v průběhu osmdesátých (počínaje již 1978, viz Machová, Havel, Pala, 1978) a na počátku let devadesátých. Od r. 1995 se výzkum přesunul na Fakultu informatiky a v současnosti se soustřeďuje v Laboratoři zpracování přirozeného jazyka, která vznikla na Fakultě informatiky v r. 1997. I když jsme se této problematice věnovali systematicky již dříve: první naše experimenty s automatickou syntaktickou analýzou češtiny se uskutečnily v r. 1977 v OVC VUT na počítači TESLA 200 a poté ve spolupráci s ÚVT UJEP na minipočítači PDP 11. K zásadnímu obratu ovšem došlo až v r. 1988, kdy se po překonání tehdy četných a zcela nesmyslných administrativních překážek podařilo na katedru českého jazyka FF UJEP získat osobní počítač COMMODORE PC 40 AT. Byl to dokonce první osobní počítač na celé tehdejší FF UJEP (MU), a teprve díky jeho instalování jsme v našich výzkumech mohli přejít od teoretických popisů jazyka k jejich ověřování a tedy i k získávání výsledků praktické povahy a materiálově většího rozsahu.

V experimentech na osobním počítači jsme využili zkušeností získaných předtím na minipočítači PDP 11 v ÚVT UJEP a svou pozornost jsme zaměřili na popis české syntaxe s využitím PROLOGU a aparátu DC gramatik, i když naše předchozí experimenty na minipočítači PDP 11 se opíraly o programový systém WANDER (Benešovský, Šmídek, 1984). Téměř souběžně se pak začaly práce v oblasti morfologie (Osolsobě, 1988), jejichž výsledkem byl integrovaný morfologicko-syntaktický analyzátor KLARA, který po programátorské stránce realizoval S. Franc (Pala, Osolsobě, Franc, 1987). To však byl teprve začátek – v r. 1988 se nám podařilo získat elektronickou verzi glosáře Slovníku spisovného jazyka českého (SSJČ, 1960) pořízenou brněnskými křížovkáři a čítající cca 192 000 položek. Teprve tato data umožnila navrhnout a vytvořit relativně úplný algoritmický popis české morfologie obsahující v první verzi téměř 1200 ohýbacích vzorů pro substantiva, adjektiva a zájmena, číslovky, slovesa i neohebné slovní druhy (Osolsobě, 1990, 1995, Ševeček, 1995, Sedláček, 1999).

Algoritmický popis české morfologie se pak stal východiskem a podkladem pro řadu konkrétních programových produktů: automatického korektoru (Franc, dipl. práce, 1990), prvního morfologického analyzátoru XANTIPA, na něj navazujícího a vylepšeného morfologického slovníku, analyzátoru, gene-

rátoru a také lemmatizátoru LEMMA (Ševeček, 1992, 1995) a postupně připravovaného syntaktického analyzátoru (Pala, 1992). Práce na dobudování morfologické analýzy pokračovaly a vedly k vytvoření nového morfologického analyzátoru a lemmatizátoru AJKA (Sedláček, 1999), v němž je proti programu LEMMA odstraněna řada chyb ve vzorech a který díky své otevřenější koncepci umožňuje v sobě postupně integrovat řadu pravidelných slovotvorných procesů a také vazby na lexikální informace. Nyní je tedy na FI MU pro češtinu k dispozici kvalitní morfologický modul AJKA(Sedláček 2000, Sedláček, Smrž, 2001), morfologický analyzátor vytvořený J. Hajičem, viz Hajič 2000 a komerčně orientovaný program Lemma, jehož autorem je P. Ševeček, viz výše, se v NLP Lab. na FI MU nepoužívají, kterého se využívá několika způsoby: jako lemmatizátoru, morfologického značkovače, a zejména jako prvního stupně syntakticko-sémantického analyzátoru (Horák, Smrž, 2000, Hadacz, 2000, Žáčková, 2002). S jeho pozdějším využitím se také počítá v syntéze řeči, konkrétně v systému DEMOSTHENES a jemu podobných systémech pro syntézu a analýzu mluvené řeči (TTS, ASR) (Kopeček, Pala 2000). Morfologický modul AJKA obsahuje nyní cca 150 000 českých kmenů a více než 1500 vzorů a je dále doplňován z korpusových zdrojů a korigován proti SSJČ (1960). K tomu se v poslední době začalo používat nástroje

```
I_Par
```

vyvinutého M. Veberem (Veber, 2002).

Je tedy vcelku přirozené, že materiálově i implementačně zatím nejlépe zpracovaná část jazykového systému češtiny zahrnuje především rovinu morfologickou, zatímco podobné zvládnutí roviny syntaktické si ještě vyžádá nemalého úsilí a dalších empirických pozorování, která v současném výzkumu dosud chybí, např. tu máme na mysli širší a systematické zpracování valence českých sloves adjektiv, substantiv včetně dalších okruhů otázek. V tomto bodě se však situace výrazně mění k lepšímu: nedávno byl dokončen výchozí valenční slovník českých sloves, který po doplnění čítá téměř 15 000 položek (Pala, Ševeček, 1996).

Vedle toho je tu i příznivá okolnost, že díky rozběhnuvším se pracím na Českém národním korpusu (ČNK, buduje se v Ústavu českého národního korpusu na FF UK) je již k dispozici základní část Českého národního korpusu, čítající v současnosti cca 200 mil. českých slovních tvarů. Dalším pozitivním faktem je, že i na Fakultě informatiky vzniklo od r. 1996 několik českých korpusů – jsou zde instalovány korpusy DESAM (plně gramaticky značkovaný a čítající 1 mil. slovních tvarů), korpus ESO v rozsahu 160 mil. slovních tvarů

a na něj navazující korpus ALL obsahující nyní cca 650 mil. slovních tvarů , korpus FIT obsahující texty z oblasti informačních technologií a zejména nedávno vytvořený korpus s příznačným názvem ALL, jenž je se svými 650 mil. slovních tvarů aktuálně největším českým korpusem vůbec. Díky této skutečnosti se podmínky pro práci s jazykovým materiálem podstatně a příznivě mění: potřebná zkoumání mohou být spolehlivější a hlavně dostáváme možnost zjišťovat fakta, která bychom při ručním zpracování nikdy získat nemohli. Důležité je i to, že práce na korpusu a zejména na jeho značkování (anotování, tagging) jsou spojeny s budováním programových nástrojů, které se v určitém ohledu překrývají s dosavadním základním výzkumem v oblasti morfologie a syntaxe, směřují však k jedinému cíli.

U roviny sémantické jde především o nalezení co nejexpresívnějšího formálního (logického) aparátu, který by mohl sloužit jako spolehlivý nositel sémantických reprezentací vět přirozeného jazyka (češtiny). Opírajíce se o dřívější společné práce s P. Maternou a A. Svobodou, dáváme přednost aparátu transparentní intenzionální logiky (TIL, Tichý, 1989), ovšem právě zde stojí před námi ještě značná práce empirická. Její hlavní část podle našeho přesvědčení spočívá ve vytvoření vhodného sémantického slovníku, který bude moci vhodně integrovat slovníkové informace morfologické a syntaktické s logickými (o logických typech) a využívat jich v algoritmu pro budování sémantických reprezentací (českých) vět (Hadacz, 1998, Horák, 2001, Horák, 2002dis). V této souvislosti můžeme již nyní počítat s českou elektronickou lexikální databází typu WordNet (Pala, Ševeček, 1999), jež je budována na synonymických řadách a systematicky zachycuje významové vztahy mezi lexikálními jednotkami, konkrétně vztahy synonymie, antonymie, hyponymie, hyperonymie, meronymie, holonymie a řadu dalších, tzv. vnitřně jazykových vztahů (Vossen et al., EuroWordNet 1,2, Final Report, 1999, Pala, Wong, 2001).

V této souvislosti bych rád vyjádřil dík K. Osolsobě, S. Francovi a řadě dalších za obětavou spolupráci, která nakonec vedla do značné míry k úplnému zpracování velkého množství empirických dat. Jde o nesčetné a nepočítané hodiny strávené před obrazovkou, bez nichž by nebylo možno uvedených výsledků dosáhnout. Za práci na budování korpusů instalovaných nyní na Fakultě informatiky MU je potřeba poděkovat P. Rychlému, P. Smržovi, M. Veberovi, A. Horákovi a E. Žáčkové a R. Sedláčkovi z Laboratoře zpracování přirozeného jazyka na FI MU. Za četné připomínky k práci vděčím též prof. dr. P. Maternovi. Chyby a nepřesné formulace jsou moje.

Děkuji také dřívějším pracovníkům Ústavu výpočetní techniky Masary-

kovy univerzity dr. M. Benešovskému, CSc., dr. M. Šmídkovi, CSc. a dr. J. Gerbrichovi za pomoc při zvládání systému WANDER (Benešovský, Šmídek, 1984) a operačního systému počítače PDP 11, dále pak doc. L. Matyskovi a D. Tomanovi za přispění při práci s PROLOGEM a v neposlední řadě také doc. dr. V. Račanskému, řediteli ÚVT MU, za podporu v oblasti technického vybavení i oblastech jiných.

V neposlední řadě bych rád konstatoval, že za řadu východisek a konkrétních podnětů vděčím prof. dr. P. Sgallovi, DrSc. jako svému původnímu školiteli[1]. Za podstatná pokládám společná metodologická východiska a zejména pak potřebu nespokojovat se s obraznými, ne zcela určitými, a tedy ne plně kontrolovatelnými formulacemi, pracovat s pojmy definovanými na základě operativních (testovatelných) kritérií a uváděnými do jasných, explicitně formulovaných vzájemných vztahů a konečně nezůstávat u popisu jednotlivých skupin jevů, ale snažit se o zobecnění (Sgall et al, 1985).

Vývoj v oblasti počítačového zpracování přirozeného jazyka se v poslední době zrychluje: při vzniku tohoto textu v r.1993 jsme ještě prakticky neuvažovali o možnosti bezprostředního propojení počítačového zpracování českých textů s podobným počítačovým zpracováním mluveného jazyka, tj. se syntézou a rozpoznáváním mluvené češtiny. Díky příznivému vývoji na Fakultě informatiky, na které začal od r.1996 pracovat doc.Ivan Kopeček orientující se na syntézu a rozpoznávání mluvené češtiny, lze nyní navázat na sebe oba dříve samostatné směry výzkumu a prezentovat je již jako zřetelně integrující se celek.

2 Úvod

Předmětem naší pozornosti je počítačové zpracování přirozeného jazyka (dále PJ). Uveďme několik dobrých důvodů, pro které si PJ zaslouží pozornost:

- jazykové chování představuje jeden z fundamentálních aspektů lidského chování,

[1] V této souvislosti je třeba uvést, že když jsem v r. 1971-72 dokončoval svou kandidátskou práci, byl mým řádným školitelem prof. dr. P. Sgall. V rámci právě začínající normalizace mi tehdy byl jako školitel odňat a místo něho mi byl *přidělen* doc. dr. J. Popela – i když nemám k dispozici detailní podklady, není obtížné dovodit, že se tak nepochybně stalo z iniciativy tehdejšího kompetentního proděkana (děkana) pro vědu na FF UK a možná i její vědecké rady

- PJ je podstatnou složkou našeho života jako nástroj komunikace,
- jazykové texty slouží jako nosiče pro předávání znalostí z generace na generaci.

Cílem našeho úsilí v této souvislosti je popisovat strukturu přirozeného jazyka tak, abychom na tomto popisu mohli budovat formální (počítačové) modely jazyka, které by vedly k počítačovým programům schopným řešit jednotlivé úlohy zahrnující porozumění přirozenému jazyku. Na konci naší snahy jsou tedy realistické modely takových činností, jako jsou *psaní, čtení, mluvení, poslouchání a vedení dialogu* a další.
Přirozený jazyk se studuje a zkoumá v řadě disciplin, mezi něž patří:

- lingvistika – má své vlastní metody a člení se dále na tradiční, klasickou a na metodologicky pokročilejší: strukturní či formální (algebraickou, generativní) opírající se postupy z oblasti teorie formálních gramatik a jazyků (Chomsky, 1956). Zkoumá vlastní strukturu jazyka, např. prvky, z nichž se skládají slova, dále, jak se slova kombinují do vět, proč některé věty mají určitý význam a jiné nikoli,
- psychologie, resp.psycholingvistika – studuje procesy jazykové produkce a porozumění experimentálními technikami, jak lidé rozpoznávají jednotlivé větné konstrukce a jak reagují na významy vět,
- filosofie a logika – zkoumá, jak slova mohou něco označovat a jak pomocí jazykových výrazů lze identifikovat objekty v universu promluvy. Zajímá se též o to, co jsou víry, přesvědčení a komunikační intence a jak se tyto kognitivní schopnosti vztahují k jazyku,
- počítačová lingvistika – klade si za cíl budovat komputační teorii jazyka, na rozdíl od klasické lingvistiky se opírá o pojmy algoritmus, datová struktura a další – vycházející z počítačové vědy (Computer Science). V počítačové lingvistice se systematicky usiluje o využití poznatků, získaných v jiných oblastech výzkumu, mj. v oblasti umělé inteligence (AI).
- uvedené samostatné discipliny lze také zkombinovat do jednoho většího celku a mluvit pak o kognitivní vědě. Na některých výzkumných pracovištích (nejčastěji v USA) se můžeme setkat s tímto přístupem.

Je tu přinejmenším dvojí motivace budovat počítačové modely jazyka:

- výzkumná, vědecká, úsilí o lepší pochopení toho, jak funguje přirozený jazyk a jazyková komunikace. Klasické přístupy na to již nestačí, protože ve své tradiční podobě pracují jen s omezenými daty, která lze ještě zpracovat ručně. Nyní se ovšem pracuje s textovými korpusy obsahujícími stovky miliónů jednotek (obvykle slov). Vznikají počítačové programy, které mohou fungovat i jako modely jazykového chování.

- technologická, praktická – počítačové techniky zpracování přirozeného jazyka mohou na druhé straně přinést další revoluci v použití počítačů. V tomto ohledu vzniká nová disciplina – jazykové inženýrství (language engineering), která představuje kombinaci lingvistiky a počítačové vědy a zaměřuje se hlavně na tvorbu programového vybavení pro zpracování přirozeného jazyka (dále PJ).

- potřeba dvoucestné komunikace mezi člověkem a počítačem. Dosavadní komunikační schéma mezi člověkem a strojem je jednocestné a nepřipouští zatím komunikaci lidského typu. Komunikačně bohatší rozhraní v PJ umožní přístup ke složitým počítačovým systémům i neprogramátorům. Systémy s PJ rozhraním by měly být pružnější a inteligentnější než ty dosavadní. Nemusí to nutně být přesné modely lidského uživatele jazyka, hlavním požadavkem ovšem je, aby rozumně fungovaly i pro počítačové nespecialisty. Úspěch v tomto bodě bude mít evidentně i rozsáhlé komerční důsledky.

V tomto textu se budeme pohybovat na půli cesty mezi oběma uvedenými možnostmi. Vycházíme přitom z toho, že přirozený jazyk je natolik složitý, že *ad hoc* přístupy neopírající se o dobře specifikované teorie nemají naději na dlouhodobý a systematický úspěch. Často se však nevyhneme kompromisním řešením, protože naše skutečné znalosti o PJ nejsou vždy na takové úrovni, aby už teď dovolovaly spolehlivě budovat kognitivně přesné a adekvátní modely PJ.

Představu o dané problematice si lze poměrně dobře udělat, když se podíváme na jednotlivé aplikace v oblasti PJ, které se postupně objevují na softwarovém trhu. Celkem zřetelně se vydělují dvě skupiny:

1. programy pro zpracování textů v PJ – sem patří
   – jazyková podpora na úrovni textových procesorů, tj. nejčastěji korektory překlepů (spell checkers), gramatické korektory (grammar checkers), dělicí programy,

– vyhledávací (fulltextové) programy založené na lemmatizaci (tj. morfologické analýze),
– programy pro strojový překlad z jednoho jazyka do druhého, obvykle jen pro určité typy textů a mající experimentální povahu, kvalita překladu nebývá vysoká,
– prohlížecí programy (browsers) využívající jednoduché morfologické analýzy a klíčových slov, prohlížení e-mailu, dokumentů na WWW.

2. dialogově orientované aplikace, např. dotazovací systémy pro přístup k datovým bázím, automatizované systémy pro komunikaci (i hlasovou, telefonem) s klienty v bankách nebo knihovnách,
   – informační systémy na nádražích a letištích,
   – hlasové ovládání počítačů – operační systémy typu Merlin apod., systémy převádějící text na mluvenou řeč (Text-to-Speech Systems, TTS), u nás např. Demosthenes (Kopeček, 1999) a též AUDIS (Kopeček, 1998), dále sem patří systémy pro rozpoznávání mluvené řeči (Automatic Speech Recognition Systems, ASRS) s aplikacemi v podobě diktovacích systémů typu Via Voice (IBM) či Dragon (firma Lernout & Hauspie),
   – expertní systémy různého typu, např. diagnostické systémy pro lékaře (MYCIN), automechaniky aj., databázové systémy umožňující klást dotazy v PJ,

3. atraktivní oblastí pro textově orientované systémy je porozumění příběhům (story understanding). Do tohoto okruhu patří systémy, které dovedou porozumět novinovým článkům a vytvářet z nich souhrny a abstrakty. V USA se každoročně koná testování těchto systémů ve formě soutěže.

Poznámka
Je důležité rozlišit problematiku strojového rozpoznávání řeči (speech recognition) a porozumění přirozenému jazyku. Systém pro rozpoznávání řeči nemusí ještě zahrnovat skutečné porozumění přirozenému jazyku. Např. hlasově ovládané počítače, které se nyní objevují na trhu, nezahrnují porozumění PJ v obecném (lidském) smyslu. Rozpoznávaná slova fungují jen jako příkazy (signály) pro provedení příslušné operace, ale nejde o porozumění ve smyslu

typické dvoucestné komunikace mezi lidmi. To dovedou do jisté míry systémy pro porozumění PJ, které by pak mohly mít jako vstup právě výstup z rozpoznávače řeči.

2.1 Roviny analýzy jazyka

Systémy pro zpracování PJ se neobejdou bez potřebných znalostí o vlastní struktuře jazyka, musí v nich být zabudovány znalosti o tom:

- – co jsou slova (slovní tvary a jejich složky – morfémy),
- – jak se slova (větné složky) kombinují do vět,
- – co slova označují, jaké jsou jejich významy,
- – jak se význam věty skládá z významů slov a slovních spojení (větných složek).

To však ještě nestačí – inteligentní jazykové chování uživatele jazyka – člověka (dále UJ) se opírá o obecnou (encyklopedickou) znalost světa a jeho inferenční schopnosti a také o znalost komunikační situace a komunikačního kontextu a pravidel, podle nichž se komunikační procesy řídí.
I když to, co jsme právě uvedli, vypadá na první pohled celkem jednoduše a samozřejmě, skutečnost je podstatně komplikovanější. Znalosti relevantní pro počítačové zpracování přirozeného jazyka (dále ZPJ) mají komplikovanou hierarchickou povahu, proto je obvyklé mluvit v této souvislosti o jednotlivých rovinách popisu, tj. o rovině:

1. fonetické a fonologické – postihuje vztahy mezi zvuky a dalšími jednotkami (např. slabikami), z nichž se slova tvoří. Rozlišují se tu fonémy, což jsou nejmenší jednotky jazyka schopné rozlišit význam (např. *m* a *t* ve slovech *máme* a *máte* nebo *m* a *n* v *tomu* a *tonu*. Tyto a další znalosti jsou podstatné pro systémy založené na rozpoznávání mluvené řeči,

2. morfologické – popisuje, jak se slova skládají ze základnějších jednotek nazývaných morfémy. Jsou to nejmenší jednotky jazyka, které mohou nést význam. To lze demonstrovat na příkladech segmentace výrazů jako *nej-ne-u-věř-i-t-eln-ějš-ího*, *uč-e-n-í*, v nichž rozlišujeme jednotky jako kořeny, kmeny, kmenotvorné přípony, prefixy, sufixy, koncovky. Ve

flektivních jazycích, jako je čeština, jsou morfologické vztahy bohatě rozvinuty – vyznačují se komplikovanou deklinací (skloňováním) a konjugací (časováním). Ohýbání slov je potřeba algoritmicky popsat a na tomto základě vytvořit vhodné analyzátory a generátory tvarů.

3. syntaktické – vysvětluje, jak lze spojovat slova tak, aby z nich vznikaly gramaticky správné věty, z jakých prvků, složek se skládají věty a jaké mezi nimi existují vztahy a jak lze tyto vztahy formálně reprezentovat. Na základě těchto znalostí je pak možno budovat syntaktické analyzátory a generátory, což jsou v konečné fázi počítačové programy, které na vstupu přijímají věty přirozeného jazyka a na výstupu poskytují jejich reprezentace nejčastěji v podobě stromových struktur (grafů-stromů).

4. sémantické – popisuje, co jazykové výrazy (slova a jejich spojení, kolokace) znamenají a jak se jejich významy kombinují tak, aby tvořily smysluplné (sémanticky dobře utvořené) věty. V tomto bodě uvažujeme významy vět nezávisle na kontextu. I zde celkově usilujeme o vytvoření sémantických analyzátorů, tj. v konečném úhrnu programů, které vstupním větám přirozeného jazyka budou přiřazovat jejich sémantické reprezentace mající podobu symbolického formálního zápisu, např. to mohou být formule v predikátovém kalkulu 1.řádu nebo lépe formule lambda kalkulu, jestliže se rozhodneme použít transparentní intenzionální logiky (TIL, Tichý, 1989, Materna, 1999).

5. pragmatické – tj., jak se vět užívá v různých komunikačních situacích (uživatelé prezentují svá sdělení jako konstatování, rozkazy, otázky, přání, sliby, prohlášení, např. deklarace nezávislosti) a jak užití vět ovlivňuje interpretaci jejich významu.

6. kontextové, promluvové – zachycují, jak bezprostředně předcházející věty ovlivňují sémantickou interpretaci vět následujících, např. v promluvě *Naši si koupili dům a auto.* To *vedlo k velkým nepříjemnostem.*

7. patří sem i znalosti o světě, které zahrnují obecné encyklopedické znalosti, jimiž uživatel jazyka musí disponovat, aby byl schopen vést normální komunikaci. Ve skutečnosti jde o složitý komplex znalostí, k nimž se řadí též znalosti o komunikačních záměrech, plánech a vírách ostatních uživatelů jazyka a v neposlední řadě i znalosti a soubory inferenčních pravidel označované jako zásady zdravého rozumu (common sense).

8. Vyčlenit zvlášť je potřeba jazykové metaznalosti, které propojují znalosti o světě se znalostmi o daném přirozeném jazyce.

Uvedený výčet se jeví jako základní rámec znalostí potřebných pro počítačové zpracování PJ: algoritmy pro zpracování PJ, které si činí nárok na jistou míru obecnosti, musí zahrnovat kombinace znalostí současně z několika rovin, takže míra jejich složitosti je pak vysoká. Pro další výklad se přidržíme naznačeného rámce.

2.2 Reprezentace a porozumění

Klíčová složka porozumění spočívá podle našeho názoru ve vybudování reprezentace významu vět a textů. K tomu je však třeba definovat, co je to reprezentace významu.

První – přirozenou – možností, která se nabízí, je: věty samy by mohly sloužit jako reprezentace svého významu. Proti tomu stojí argument, že slova, jazykové výrazy jsou víceznačné, mají více významů (smyslů), viz např. výrazy jako *kopu, je, červená* a také výrazy jako *hlava, strana, stát, dostat, mít* aj. Tato víceznačnost (polysémie) velmi komplikuje možnost vyvozovat formálně vhodné a korektní inference, bez nichž se model porozumění neobejde.

Pro uživatele jazyka – lidi (dále UJ) nepředstavuje zjednoznačňování, desambiguace jazykových výrazů obtížný problém, děláme ji automaticky, podvědomě. Lidští UJ obvykle neuvažují zvlášť každý jednotlivý význam, když rozumí větám, když je chápou. Algoritmický popis porozumění, program na něm založený to však dělat musí, musí být explicitní.

Tato úvaha vede k závěru, že pro reprezentaci významu potřebujeme jiné prostředky než přirozený jazyk. Co se tedy nabízí? Dosavadní výzkumy se shodují v tom, že vhodným nástrojem pro reprezentaci významu (citovat) má být nějaký formální (matematický, logický) jazyk, tj. symbolický jazyk, jehož základními prvky jsou atomické symboly a na jehož výrazy lze aplikovat princip kompozicionality, který říká, že význam věty, jazykového výrazu lze přirozeným způsobem složit z jeho složek.

Existuje obecná shoda v tom, že vhodný jazyk pro sémantickou reprezentaci vět a výrazů přirozeného jazyka by měl mít následující vlastnosti:

1. reprezentace významu musí být přesná a jednoznačná, tj. pro každý samostatný význam musí také existovat samostatná reprezentace, tedy samostatná formule, ev. term či podformule.

2. reprezentace by měla zachycovat intuitivní strukturu vět (výrazů) přirozeného jazyka. Věty podobné svou strukturou by měly být reprezentovány strukturně podobnými reprezentacemi.

3. významy dvou vět, které jsou vzájemnými parafrázemi, tj. mezi nimiž existuje vztah synonymie (antonymie), by také měly být k sobě vztaženy prostřednictvím svých reprezentací.

4. reprezentace významu by měla být pokud možno nezávislá na daném přirozeném jazyce.

Na tomto místě je třeba zdůraznit, že pro jednotlivé výše uvedené úrovně je díky jejich odlišnosti počítat s různými reprezentacemi, jinými slovy, každá rovina má svou vlastní reprezentaci, tj. svou vlastní formální notaci pro zachycení příslušné reprezentace. Rozumný NLP systém musí být schopen tyto reprezentace propojit a navázat na sebe v jednom složitém formálním systému.

V dalším se pokusíme naznačit, jak formálními prostředky reprezentovat:

- morfologické struktury: jsou konstituovány slovy a jejich součástmi – morfémy, nejmenšími jednotkami jazyka, které jsou schopny nést význam. U systémů pro porozumění potřebujeme rozpoznat morfémovou strukturu slov(a) nebo, což je prakticky totéž, provádět morfologickou analýzu slov ve vstupním textu, ev. jejich syntézu, tj. generovat všechny přípustné slovní tvary. Lze to dobře ilustrovat na českém tvaru jako *nej-ne-po-chop-i-t-eln-ějš-ího*: rozpoznání (segmentace) jeho morfémové struktury spočívá v identifikování kořene, který obvykle definujeme jako morfém nesoucí lexikální význam, a dalších morfémů – prefixů a sufixů, které obvykle nesou významy gramatické – tvarotvorné, slovotvorné nebo některé modifikující významy lexikální, např. *-eln-* – "ten, který je možno…". V jazyce, jako je čeština, je kombinatorika morfémů do značné míry pravidelná, a proto i systematicky popsatelná souborem formálních pravidel, která z gramatik známe jako vzory, a to vzory deklinační postihující ohýbání substantiv, konjugační popisující ohýbání sloves a ostatní – zachycující třídy neohebných slov – i pro ně se s ohledem na zachování konzistence popisu vyplatí zavést jejich vlastní vzory. Hledáme-li formální prostředky, které umožňují vhodně (i z hlediska implementačního) reprezentovat morfémové struktury českých slov, ukazuje se, že k tomuto účelu mohou dobře složit některé typy konečných

automatů a trie struktury – tohoto přístupu je použito v morfologickém analyzátoru a lemmatizátoru pro češtinu AJKA podrobně popsaném v práci (Sedláček, 1999). Detailněji se této problematice budeme věnovat níže.

- syntaktické struktury vět: postihují vztahy mezi prvky (slovy), z nichž se věty či rozsáhlejší jazykové výrazy skládají. Jinak řečeno, pomocí syntaktických struktur reprezentujeme stavbu vět a jazykových výrazů, zachycujeme jimi, jak se jednoduché (atomické) větné složky (obvykle slova) seskupují do větších celků, jak jedny větné složky modifikují druhé, vyznačují, které výrazy jsou ve větě nejzávažnější – gramaticky i významově. Mějme např. věty
(1) *Honza prodal ten počítač Petrovi.*
(2) *Počítač byl prodán Petrovi (Honzou).*
(3) *Počítač se prodal (někdo někomu).*
Tyto věty sdílejí určité strukturní i významové (sémantické) vlastnosti, které by měly být v reprezentaci zachyceny. V obou větách jde sémanticky o činnost *prodávání*, přesto se však v jistém podstatném ohledu od sebe liší.

  Když se podíváme na věty jako
(4) *Honza dal knihu.*
(5) *Eva jsou v kuchyni.*,
je zřejmé, že jsou určitým způsobem neúplné, deviantní. Můžeme o nich říci, že nejsou gramaticky správné. I tyto vlastnosti je potřeba v reprezentacích syntaktických struktur vhodným způsobem zachytit.

  Pak jsou tu případy víceznačných konstrukcí jako
(6) *Hutě železa vyrábějí málo.*
či
(7) *Kritika poslanců vedla k rozpadu koalice.*
Je vidět, že každá z uvedených vět dává nejméně dvě různá čtení, která bychom chtěli vhodným způsobem reprezentovat, tj. zachytit je v našich zamýšlených syntaktických reprezentacích.

  Syntaktické struktury se v současnosti standardně reprezentují pomocí stromových struktur, resp. grafů-stromů (frázových ukazatelů, strukturních popisů opírajících se o formalismus nekontextových gramatik), které reprezentují větné struktury v termínech jejich složek. Pro věty (1) a (2) můžeme mít reprezentace jako (1a) a (2a). Existuje také mož-

nost pracovat se závislostními stromovými grafy – té zde využíváme jen příležitostně. (viz. např. Hajičová, PDTB Grafy mohou vypadat následovně:
(1a)
(2a)

- významy slov a významy vět – reprezentace významu: syntaktické reprezentace v naznačené podobě neodrážejí přímo význam vět, zachycují ovšem vztahy, které jsou klíčové pro rozpoznání plného významu vět. V příkladech jako (5) a (6) potřebujeme rozlišit různá čtení nezávisle na kontextu a potřebujeme to udělat vhodnými formálními prostředky tak, aby jednotlivá čtení byla explicitně zachytitelná.
  To lze udělat třeba tak, že najdeme způsob, jak reprezentovat sémantické vztahy mezi slovesem a jeho doplněními nebo jinými slovy, významové vztahy mezi predikátem a jeho argumenty (např. np, pp, adg, s). Věty (1) a (2) pak můžeme zkusit reprezentovat např. takto:
  (1b) `prod(ag, obj, adr)`,
  kde `ag` interpretujeme jako agens, činitel (ten, kdo něco dělá), `obj` jako objekt, který se prodává (co je činností zasaženo, co z ní vzniká), a `adr` jako adresát, ten, komu je určen objekt,
  nebo (1c) `prod(kdo, co, komu)`,
  kde použité zájmenné výrazy lze interpretovat prakticky stejně jako výše. Tento způsob reprezentace zachycuje, o co nám jde, totiž že věty (1) a (2) se neliší významově, ale jen povrchově, jiným uspořádáním syntaktických vztahů, jejich jinou perspektivou. Budeme-li chtít věty (1) a (2) reprezentovat jako znalost vyjadřující, že nějaký konkrétní počítač změnil majitele, můžeme odpovídající fakt reprezentovat ještě jinak:
  (1d) `prod(h3, poč13, p5)`,
  kde `prod` lze interpretovat jako logický predikát označující vztah prodávání a `h3, poč13, p5` jeho odpovídající argumenty, v tomto případě individuální konstanty referující k příslušným objektům v universu promluvy. Chápeme-li (1d) jako logický predikát, pak to znamená, že jsme se rozhodli význam vět (1) a (2) , ale i dalších reprezentovat pomocí aparátu PK1, který má některé výhody a řadu nevýhod, o nichž se zmíníme později. Mezi jeho výhody patří:

  – je dobře formálně propracován a definován,

  - existuje řada zkušeností s jeho použitím, viz např. SHRDLU (Winograd, 1974), LUNAR (Woods, 1976), KRL (), CYCORP (1995),
  - existuje pro něj počítačová implementace ve formě programovacího jazyka PROLOG (vyvinutého mimochodem pro potřeby NLP, Colmerauer 1979.).

- plnou reprezentaci významu vět je možno spolehlivě získat jen s přihlédnutím ke znalostem o světě, jež jsou dnes v systémech pro porozumění PJ zachycovány pomocí speciální reprezentace znalostí. Jde o notační systémy podobné reprezentaci významu uvedené výše, tj. systémy založené na PK1 nebo na transparentní intenzionální logice (systému TIL, Tichý 1989, Materna 2000, Hadacz 2000, Hadacz, Horák, 2001). V dosavadních výzkumech lze pozorovat poměrně striktní oddělování reprezentace významu od reprezentace znalostí, které plyne z potřeby provádět nad reprezentací znalosti potřebné inference umožňující odvozovat z jedněch fakt jiná. Je však vidět, že reprezentace znalostí v dosavadních podobách postrádá propracovanou návaznost na to, čemu se obvykle říká encyklopedické znalosti a také na jazykové metaznalosti, jež zahrnují speciální znalosti o jazyce, jednotlivých jazykových výrazech a jejich kolokabilitě. Zejména dosavadní elektronické slovníky jsou budovány příliš úzce a nebere se v nich zřetel na evidentně těsné souvislosti mezi jazykovými a encyklopedickými znalostmi.

Typická struktura NLP systému – obr. a komentář. Vstupní věty jsou nejprve podrobeny lexikální analýze využívající slovníku, který obsahuje znalosti o významech slov, pak morfologické a syntaktické analýze opírající se o množinu pravidel definujících přípustné syntaktické struktury – tedy o gramatiku: to vše v modulu, který se obvykle nazývá parser (analyzátor). Získané syntaktické reprezentace jsou pak sémanticky interpretovány a výsledkem jsou sémantické reprezentace – zde, jak patrno, v PK1. V poslední době se však místo sekvenční strategie analýzy preferují postupy paralelní (rule-to-rule), kdy každému syntaktickému pravidlu v gramatice odpovídá příslušné pravidlo sémantické, které se uplatňuje pokud možno souběžně. Tím se značně redukuje počet možných interpretací a také to pravděpodobně lépe odpovídá povaze lidského porozumění větám PJ.
Máme-li věty:
(8) *Návštěvy příbuzných jsou únavné.*
a

(9) *Návštěvy muzeí jsou únavné.*,
vidíme, že jejich odpovídající syntaktické struktury jsou syntakticky víceznačné, obě varianty jsou platné, ovšem k rozhodnutí, kterou z nich v daném kontextu vybrat, je nutná dostatečně podrobná znalost kontextu (kdo koho navštěvuje, a také kdo koho může navštěvovat, což je de facto znalost o světě). Právě proto je u věty (8) možná jen jedna sémantická interpretace (muzea mohou sotva někoho navštěvovat, necháme-li stranou pohádky nebo sci-fi). Při použití sekvenční strategie se u věty (8) nevyhneme pokusu o dvojí sémantickou interpretaci, zatímco při souběžné aplikaci syntaktického a sémantického pravidla a přihlédnutí k encyklopedickým znalostem by už k vybudování druhé syntaktické struktury nemělo dojít, zjištěná možnost sémantické anomálie by měla další pokusy eliminovat. V tomto příkladě se vyhneme jedné zcela chybné sémantické interpretaci, ovšem u reálných aplikací se setkáváme s větami připouštějícími řádově více než několik desítek syntaktických struktur, z nichž většina pak vede k sémanticky nekorektním interpretacím.

Povšimněme si ve schématu modulu, který je označen jako kontextová interpretace (analýza promluvy). Je to zachycení procesu, který zahrnuje přinejmenším následující procedury:
– identifikaci objektů označovaných jmennými skupinami (*ten nový počítač*), zájmeny (*ty, on, tu, teď*) a na ně navazující rozpoznání referenčních a koreferenčních vztahů,
– temporální zařazení informace nesené danou větou ve vztahu k okamžiku promluvy,
– identifikaci postoje mluvčího, např. zda ve větě *Je tady chladno.* jde o konstatování faktu nebo rozkaz (žádost) zatopit v místnosti,
– inference potřebné k náležité interpretaci věty v rámci dané aplikační oblasti – na základě znalosti předchozího kontextu (předcházejících vět) a dané aplikační oblasti (třeba počítače a politika), viz věty jako *Programátor zavedl do stroje nový operační systém.* proti *Vláda sociálních demokratů zavedla nové daně.*

3 Data pro zpracování přirozeného jazyka – korpusy

Jazyková data mají empirickou povahu, a proto je zjevné, že úspěšnost popisu přirozeného jazyka je do značné míry závislá na tom, jaký máme přístup k datům a v jaké podobě jsou nám jazyková data k dispozici. Protože většina dnes dostupných jazykových dat má podobu textů (psaných nebo písemně zachycených (transkribovaných) mluvených), je možnost mít je pohromadě v elektronické podobě – tato možnost je klíčová pro další rozvoj lingvistiky a zpracování přirozeného jazyka vůbec. Korpusová lingvistika v současnosti představuje novou větev lingvistiky, v níž se pracuje s korpusy uloženými v počítačích. To přirozeně znamená, že se v mnoha aspektech překrývá s počítačovou lingvistikou, z níž čerpá řadu postupů a technik. Výsledky získané těmito postupy brzy výrazně ovlivní nejen samu lingvistiku, v níž si jistě vynutí vznik nových, úplnějších a empiricky adekvátnějších gramatik (ve strojové i knižní podobě), ale i počítačové zpracování přirozeného jazyka jako celek – už dnes se na základě korpusových dat budují nové a přesnější elektronické slovníky a robustní počítačové gramatiky. Korpusy jsou dnes v jazykovém inženýrství východiskem pro realistický základní výzkum ve formě relativně blízké přírodním vědám.

Není těžké vidět, že symbióza korpusové lingvistiky s počítačovou má i jasné metodologické důsledky: lingvista dnes může dělat věci, které byly dříve nepředstavitelné ať už pro svou časovou náročnost a pracnost (viz např. relativně jednoduchý úkol setřídit manuálně třeba 250 tisíc slovníkových hesel) nebo skutečnou složitost (např. nalezení všech výskytů předložky *na* spolu se substantivem v akuzativu v textech o rozsahu 100 mil. slovních tvarů – spojení jako *na stůl, na týden*). Jedním z důsledků je i to, že lze systematičtěji využívat statistických a pravděpodobnostních přístupů, které by se bez počítačů na velké soubory nedaly aplikovat.

Korpusy nejsou určeny jen pro lingvisty – přirozený jazyk je prostředkem komunikace pro všechny: proto jejich budování není jen záležitostí lingvistů a jazykových inženýrů. V našich podmínkách lze konstatovat, že pochopení tohoto prostého faktu se pozitivně projevilo tím, že díky přispění GA ČR se v rámci komplexního grantového projektu K214 (Čeština ve věku počítačů začal budovat Český národní korpus čítající aktuálně cca 200 mil. českých slovních tvarů.

Vedle toho byl v rámci projektu VS97028 (Program 250 – podpora vý-

zkumu na VŠ, MŠMT ČR) na FI MU vybudován další samostatný obecný korpus ESO, který před rokem obsahoval cca 160 mil. českých slovních tvarů a nedávno byl rozšířen na korpus čítající zhruba 650 mil. českých slovních tvarů – aktuálně je největším současným českým instalovaným korpusem. V tomto ohledu jde o jasně interdisciplinární záležitosti, neboť korpusová data jsou použitelná pro odborníky v řadě disciplin:

- sociology a sociolingvisty,
- psychology,
- odborníky v oblasti masové komunikace a médií (reklama),
- lexikografy a lingvisty, překladatele (strojový překlad),
- výzkumné pracovníky v oblasti umělé inteligence (porozumění přirozenému jazyku, reprezentace znalostí, robotika aj.),
- tvůrce učebnic a tzv. referenčních příruček (gramatiky, slovníky).

V současnosti se korpusem rozumí rozsáhlý vnitřně strukturovaný a ucelený soubor textů daného jazyka elektronicky uložený a zpracovávaný (Čermák, 1997). Dnes vytvářené korpusy jsou organizovány se zřetelem ke zvolenému cíli (pro potřeby lexikografů, sociologů, komunikačních odborníků) a vycházejí z následujících teoretických předpokladů:

1. jazyková data jsou v korpusu uložena ve své přirozenbé textové podobě, proto je lze všestranně a opakovaně zkoumat a vyvozovat z nich příslušné teoretické generalizace,
2. velký rozsah dat v korpusu minimalizuje nebezpečí, že by mohlo dojít – třeba i náhodou – k převaze okrajových jevů nad základními a typickými,
3. velký rozsah dat v korpusu je podmínkou dostatečné reprezentativnosti, což např. při budování slovníků vůbec nemusí být jednoduchá záležitost:to lze ukázat na vztazích mezi pojmy: token (výskyt), typ a lemma. Token chápeme jako výskyt slovního tvaru v korpusu, typ – slovní tvar jako takový a lemma je základní tvar pro nějakou skupinu tvarů (např. nominativ u substantiv nebo infinitiv u sloves). Uveďme proporce těchto entit v *Britském národním korpusu (dále BNC* pro psaný jazyk:

tokens: 90 miliónů (v *BNC* je 10 mil. tvarů z mluveného jazyka)
typy: 524 060
– z toho typů s četností 1 je: 258 575
– 2% typů pokrývá 90% výskytů (tokens)
lemmata: proporce typ : lemma, např. v SOD (Students Oxford Dictionary), činí pro angličtinu 2,5 : 1. Z uvedených údajů lze odvodit, že např. pro slovník, který by měl mít rozsah cca 250 tis. heslových slov, poskytuje *BNC* se svými 100 mil. slovních tvarů reprezentativní materiál jen pro cca 100 tis. heslových slov (de facto lemmat).

Jak ukazuje Sampson (Empirical Linguistics, citovat), paradigma korpusové lingvistiky je v současnosti hlavním metodologickým paradigmatem ovlivňujicím jak samotnou lingvistiku, tak i lingvistiku počítačovou a celou novou oblast zvanou jazykové inženýrství. Je celkem dobře vidět, že paradigma klasické generativní gramatiky ať už reprezentované samotným Chomským nebo jeho následovníky je již překonáno, i když někteří generativisté to stále ještě odmítají připustit. Překvapující nebo spíše politováníhodné snad může být jen to, že sám Chomsky, ačkoliv svého času (citovat, Hand. of Math.Ps) plamenně prosazoval generativistické paradigma jako překonávající klasický lingvistický strukturalismus včetně jeho neochoty pustit se nejen slovně do formálního popisu jazykových struktur, není dnes připraven nahlédnout, že introspektivní paradigma se v lingvistice již vyčerpalo a nemůže nabídnout empiricky spolehlivá jazyková data pro další výzkum. Ale nejen generativisté se těžko vyrovnávají s nastupujícím paradigmatem korpusové lingvistiky. Obrátíme-li svou pozornost do kontextu české (zejména bohemistické) lingvistiky, která se jistě právem pokládá za strukturalistickou, ačkoli s generativistickým paradigmatem se vyrovnala jen částečně, a podíváme-li se na publikace za posledních zhruba 8 let, zjistíme, že korpusové paradigma u nás plně akceptovali jen pracovníci z několik málo pracovišť. Nebude na škodu uvést je:
– na Karlově universitě je to ÚFAL na MFF (Sgall, Hajičová, Hajič, Panevová a další)
– ÚČNK na FF (Čermák, Schmiedtová, Hlaváčová, Renata? a další)
– ÚTKL na FF (Petkevič, Rosen, Skoumalová a další)
– někteří pracovníci z katedry bohemistiky na FF (Kučera)
– někteří pracovníci z ÚJČ AV ČR (Klímová, Králík, Štícha)
– na Masarykově universitě je to Laboratoř zpracování přirozeného jazyka při FI (Pala, Kopeček, Smrž, Rychlý, Horák a další)

– někteří pracovníci v Ústavu českého jazyka FF MU (Osolsobě, Hladká, Hlaváčková).

Na ostatních bohemistických pracovištích, mezi něž patří zejména katedry bohemistiky na dalších českých a moravských universitách (Universita Palackého v Olomouci, university v Ostravě a Opavě, v Českých Budějovicích, Plzni, Ústí n. Labem, Hradci Králové a Pardubicích), je metodologické pronikání paradigmatu korpusové lingvistiky spíše jen v plenkách, aspoň podle dostupné publikační činnosti soudě. Znamená to s velkou pravděpodobností, že ani studenti bohemistiky nemají na uvedených školách příliš velkou šanci seznámit se ve výuce s metodologií korpusové lingvistiky a zvládnout základní techniky práce s jazykovými korpusy, které nutně předpokládají zvládnutí principů práce s informačními technologiemi a počítači vůbec.

Nepříznivým a nepříjemným důsledkem tohoto stavu je pak skutečnost, že úroveň znalostí absolventů v lingvistických disciplínách na uvedených školách evidentně zaostává za evropským standardem. Pokud jde o nové discipliny, jako např. jazykové inženýrství (language engineering), o těch se studenti na humanitně orientovaných (filosofických) fakultách nedovědí prakticky nic, což před vstupem do EU jistě není kdovíjak povzbudivá zpráva.

3.1 Jak se budují korpusy?

Zdrojem korpusových dat je jak jazyk psaný, tak i mluvený, u dosavadních korpusů to bývá zhusta v poměru 9:1, protože záznam mluveného jazyka (magnetofonová nahrávka) a jeho převod (manuální přepis) do počítačově čitelné podoby je zatím velmi nákladný (až 15krát dražší než u psaných textů). Situace se podle našeho názoru může výrazněji zlepšit až s komerčními aplikacemi pro zpracování mluvené řeči.

Z psaných textů se data získávají prakticky třemi způsoby:

- konverzí ze sázecích disket a pásek, které lze získat od většiny nakladatelství vydávajících noviny, časopisy a knihy,
- užitím technik OCR, jejíž úspěšnost je do značné míry závislá na kvalitě použitého scanneru a programového vybavení a na typografické složitosti textu – typech a velikostech písem,
- klasickým manuálním opisováním textů do počítače.

Ve všech případech je nutná kontrola, opravy chyb, ev. konverze mezi použitými a typicky odlišnými kódy. Výsledek se zpravidla ukládá do mezinárodního ASCII formátu – ovšem v případě češtiny je třeba mít k dispozici vhodné konverzní programy, protože čeština je kódována řadou způsobů: (v kódech MJK, PCL2, IL2 a 1250 ve Windows). Vhodným řešením je v poslední době přechod k Unicode (nejčastěji UTF-8).

V neposlední řadě se při tvorbě korpusů tvůrci musí vyrovnávat i s právními aspekty objevujícími se při získávání dat. Týká se to copyrightu a autorských práv a jejich uvolnění ze strany autora či vydavatele. Jednodušší bývá situace v případě nekomerčního využití, jinak je potřeba uzavírat vhodné typy smluv přesně stanovujících podmínky šíření korpusových dat a produktů, které na jejich základě vznikly. U mluvených záznamů je zpravidla potřeba zajistit zachování anonymity mluvčích.

3.2 Typy korpusů a standardizace

Textové soubory volně uložené v počítači ještě netvoří korpus. Obvykle se setkáváme s následujícími typy uložení jazykových dat:

- elektronické archivy – volné kolekce celkově různorodých textů. Klasickým příkladem je *Oxford Text Archive – OTA*, který představuje rozsáhlou sbírku různých, většinou literárních textů, v různých formátech a různých jazycích: v OTA najdeme asi tisícovku literárních textů v 25 jazycích a různých formátech,

- vlastní korpusy tvořící relativně úplné celky, i tak ovšem značně různorodé a lišící se v řadě parametrů,

- podle jazyků – dnes už jen málo jazyků v Evropě nemá svůj korpus, v r. 1990 existovaly korpusy pro:
  – angličtinu: ..... 220 000 000 slovních tvarů (a 20 korpusů)
  – francouzštinu: ..... 190 000 000 slovních tvarů
  – němčinu: ..... 27 500 000 slovních tvarů
  – holandštinu: ..... 60 000 000 slovních tvarů
  – italštinu: ..... 30 000 000 slovních tvarů
  – srbochorvatštinu: ..... 12 000 000 slovních tvarů
  – korpusy dvoujazyčné, paralelní: anglicko-francouzské, -italské, -dánské
  – korpusy obecné a specifické, velké obecné korpusy obsahují subkorpusy jazyka psaného, mluveného, nářečí, synchronní – diachronní aj.

S rostoucím počtem korpusů vzniká potřeba jejich standardizace a vícenásobného a sdíleného použití (jedna z důležitých podmínek v rámci EU). S tímto cílem vznikla Text Encoding Initiative – TEI sponzorovaná EU a americkou vládou: vydala již doporučení pro společný výměnný formát, zásady kódování, znakové sady a navrhla společný kódovací – značkovací metajazyk, jímž je Standard Generalized Markup Language – SGML, určitě známý některým uživatelům TeXu a od r. 1986 uznávaný jako mezinárodní standard (ISO 8879). Značný důraz se klade na polyfunkčnost a polyteoretičnost notace (nezávislost na dílčích teoriích), aby se v budoucnu nemusely dělat nákladné úpravy a změny. Nejnověji se začíná pracovat s jazykem XML (citát), který vychází ze SGML a je de facto jeho podmnožinou.

3.3 Budování korpusu – sběr dat

Na příkladu *BNC* naznačíme jen zhruba základní vlastnosti, které je třeba uvážit při budování korpusu. Nebudeme se pouštět do podrobností, chceme poskytnout jen základní představu. Korpus typu *BNC* může vypadat zhruba takto:

- je to výběrový korpus, tj. skládá se z vzorků ne delších než 40 000 slov, které jsou vybrány v následujících proporcích:

  1. přírodní vědy a čistá věda 5%
  2. aplikované vědy 5%
  3. sociální vědy 15%
  4. politická publicistika 15%
  5. publicistika obchodní a finanční 10%
  6. publicistika umělecká (rock & pop, divadlo,...) 10%
  7. publicistika náboženská a filosofická 5%
  8. publicistika zábavná (sport, zahrádkáři, ...) 15%

  Podíl těchto textů se pohybuje v rozmezí 70-80%, podíl uměleckých textů činí 20-30%.

  Další rozlišení se týká toho, zda vzorky pocházejí z knih, deníků, časopisů, dopisů apod.:

  1. knihy 55-65%

2. periodika 20-30%
3. brožury, letáčky, příručky, reklamy 5-10%
4. dopisy, memoranda, zprávy, eseje 5-10%
5. mluvené texty 7-10%

- je synchronní, tedy obsahuje výhradně texty ne starší než např. od r. 1987, a vždy se uvádí datum, kdy byl text publikován poprvé,
- je obecný čili není specificky orientován na nějakou konkrétní oblast nebo žánr a zahrnuje vzorky od všech věkových skupin, viz výše,
- je jednojazyčný – obsahuje jen vzorky pocházející od anglických (českých,...) mluvčích.
- jsou zavedeny klasifikační rysy, které nesledují vyhraněné proporce a jsou orientovány na pozdější využití korpusu (lze podle nich třídit a vyhledávat v celém korpusu):

1. identifikátor vzorku
2. rozsah vzorku (počet slov), začátek a konec vzorku
3. rozsah textu příslušného typu (počet slov)
4. kompozice textu (hladký, složený, sbírka)
5. standardní bibliografický odkaz
6. datum vzniku
7. předmětná oblast
8. úroveň složitosti textu
9. autorství (individuální, společné, institucionální, neznámé)
10. pohlaví autora
11. věková skupina autora
12. etnická skupina autora
13. autorovo bydliště
14. věk cílové skupiny (na kterou je text orientován)

3.4 Vnitřní struktura korpusu

Vnitřní struktura korpusu
1) atributy poziční
2) atributy strukturní (hranice vět, odstavců)

slovo	lemma	gr.značky	sém.značky
ženu	hnát/žena	k5/k1gFnSc1	HUM+FEM/POHYB
ovce	ovce	k1gFnPc4	ANIM
na	na	k7c4	DIRECT
pastvu	pastva	k1gFnSc4	LOC

3.5 Korpusové nástroje

Problematika korpusových nástrojů je rozsáhlá a představuje pole, na kterém se setkávají požadavky uživatelů (hlavně lingvistů a lexikografů) s přístupy programátorů. Výsledkem je konkrétní programové vybavení umožňující získávat z korpusů "poklady", které jsou v nich skryty.

Základem jsou obvykle konkordanční programy (např.MicroOCP), které třídí a počítají objekty nalezené v korpusu, což jsou v *syrovém* korpusu slovní tvary, interpunkce, případně další znaky (vyznačující třeba hranice vět, odstavců aj.) – ty jsou typicky součástí SGML. Pokud není do korpusu nějak zavedena další informace, konkordanční program nemůže rozlišit určité víceznačnosti (homonymie), např. v češtině mezi tvary *ženu* (ak. sg. substantiva *žena*) a *ženu* (1.os.sg.prés. slovesa *hnát*), nemluvě již o tom, že tvar *hnát* může být také tvarem substantiva mužského rodu. Proto ke korpusovým nástrojům patří i programy, které představují svého druhu gramatické analyzátory: orientují se na morfologii, syntax a v poslední době i na sémantiku. V současné teminologii se obvykle mluví o značkování (anotování, tagging) a o značkovacích programech (taggers) různé úrovně. Níže uvedené taggery obvykle pracují tak, že se snaží každému slovu či slovnímu tvaru v korpusu přiřadit jeho gramatickou značku, tj. jeho slovní druh včetně relevantních gramatických kategorií. Programy uvedené dále buď s těmito analyzátory spolupracují, nebo je přímo obsahují jako svou součást, nicméně pro přehlednost se o nich dále zmiňujeme zvlášť. Korpusové manažery Jako vhodný příklad může posloužit korpusový procesor MANATEE (viz též CQP), který se vyznačuje následujícími rysy (viz níže):

- vlastní procesor MANATEE (Rychlý, 2000, viz též Christ, Schulze, 1995), implementován v jazyce C, užívá X-Windows, na platformě OS Linux,
- uživatelsky přítulnější rozhraní BONITO (Rychlý, 2000) fungující jako nadstavba nad MANATEE: jeho předchůdcem bylo nejprve rozhraní XKWIC, pak GCQP (Rychlý, Skoupý, 1998),
- zadávání vyhledávacích dotazů funguje na bázi regulárních výrazů,
- výstup: konkordanční seznamy, výskyty slov a slovních tvarů v kontextech,
- lze vyhledávat kolokace (slovní spojení),
- lze získávat základní frekvenční údaje ke slovům a kolokacím,
- lze počítat další statistické parametry jako MI a T-score,
- u značkovaného korpusu lze vyhledávat podle gramatických kategorií a lemmat a také podle strukturních značek.

1. program: korpusový procesor CQP – vytvořen v IMS na universitě ve Stuttgartu, napsán v jazyce C, běží na Sunech (OS Solaris) a pod Linuxem v X-Windows, patří k němu i jeho nadstavba XKWIC a nověji vylepšené grafické rozhraní GCQP. GCQP a XKWIC umožňují v korpusu vyhledávat:
   – výskyty jednotlivých slov spolu s kontexty, v nichž se vyskytují, např. *ovšem* – výsledkem je konkordanční seznam
   – kolokace, např.*ten, který* a také konkordanční seznam
   – základní frekvenční údaje ke slovu
   – dotazy na vyhledání se zadávají pomocí regulárních výrazů, např. požadavek na vyhledání slova *následkem* se zadá: ...
   – podle tzv. pozičních a strukturních atributů: tj. podle slov, lemmat a gramatických kategorií, a pak i podle struktury textu – vět, odstavců apod. – ukázky práce s cqp a xkwic formou jednoduchých cvičení, vyhledání konkrétních slov a kolokací a využití k dalšímu výzkumu.

2. program: korpusový procesor MANATEE – vytvořen na FI MU P.Rychlým, napsán primárně v jazyce C, běží pod Linuxem v X-Windows a také pod Windows. K němu patří grafické rozhraní BONITO, které plně nahrazuje předchozí GCQP. Tyto nové nástroje zachovávají výše uvedené

vlastnosti CQP a GCQP, ale navíc mají řadu nových rysů, které práci s nimi zrychlují a zefektivňují:
– více možností pro třídění pravých a levých kontextů,
– propracovanější nabídka statistických funkcí (MI-score, T-score, ...),
– možnost pracovat s paralelními korpusy a jejich zarovnáváním,
– rychlejší vyhodnocování složitých dotazů,
– možnost vyměnitelně pracovat s různými soubory značek (tagsets).

3.6 Značkování (anotování) korpusů

3.6.1 Gramatické značkování (anotování

Co to je značkování:!!! Podstatou gramatického značkování je vložení jisté interpretující informace do existujícího korpusu psaného nebo mluveného jazyka formou zvoleného symbolického zápisu (Leech, 1993). Rozlišujeme tedy korpusový text samotný a interpretaci k němu přidanou. Cílem gramatického značkování pak je opatřit každý slovní tvar v aktuálním korpusu značkou (tagem), která symbolicky reprezentuje gramatické (případně i jiné) významy nesené daným tvarem. Např. v korpusu DESAM pracujeme se značkami, které mají následující strukturu: jsou definovány jako posloupnosti dvojic typu atribut:hodnota, kde atribut (značí se malým písmenem) reprezentuje některou z možných gramatických kategorií a symbol (velké písmeno nebo číslice) pro hodnotu vyjadřuje aktuální hodnotu, jíž daná kategorie u daného tvaru nabývá. Např. slovnímu tvaru *politik* přiřadíme značku `k1gMnSc1` a zachycujeme jí skutečnost, že tvar *politik* patří slovnědruhově k substantivům (k=1), nese kategorii rodu, a to mužského životného (g=M), nachází se v singuláru (n=S) a lze jej spojit s kategorií pádu (c=1), která zde nabývá hodnoty 1 (=nominativ). Ke značce u substantiv (ale nejen u nich) ještě patří i údaj o vzoru, podle něhož se daný tvar ohýbá. Ten může u tvaru *politik* vypadat např. takto: pán Ea (o vzorech viz níže). Pro nedostatek místa zde nebudeme uvádět výčet užívaných značek, poznamenejme jen, že celkem je těmito značkami (viz též Hajič, Hladká, 1996,1997) pokryto obvyklých 10 slovních druhů a všech 14 gramatických kategorií, s nimiž se standardně setkáváme v českých gramatikách (Havránek, Jedlička, 1981, Petr et al., 1986). Na rozdíl od současných gramatik vzniká navíc v korpusových textech potřeba značkovat systematicky další jevy, např.číselné výrazy jako data, telefonní čísla, čísla výrobků a také speciální typy zkratek pro názvy firem či různých druhů a verzí výrobků (*Peugeot 406, Intel 486* apod.). Je

příznačné, že v standardních českých gramatikách (a nejen v nich) se jevům tohoto druhu vůbec nevěnovala a stále ještě nevěnuje pozornost, gramatikové je zatím nevzali na vědomí. Podobně je tomu s kolokacemi jako *vzhledem k, pokud jde o, Karlovy Vary*, jež standardní gramatiky zmiňují jen okrajově, pokud vůbec.

Celkem v korpusu DESAM pracujeme s 1665 značkami. K tomuto poměrně vysokému číslu se dospívá možnými kombinacemi slovních druhů včetně subklasifikací (např. u zájmen jich je 8, u číslovek 4, u adverbií 6) s gramatickými kategoriemi, které se s jednotlivými slovními druhy standardně pojí. Porovnání našeho souboru značek např. s podobným soubory pro angličtinu, které čítají nejvýše kolem 200 značek, znovu potvrzuje vyšší morfologickou strukturovanost a bohatost češtiny jako silně flektivního jazyka.

Jestliže je naším cílem přiřadit značky tohoto typu každému slovnímu tvaru v korpusu čítajícím v našem případě něco přes milion slovních tvarů, je evidentní, že takovou práci nelze zvládnout manuálně (v zájmu korektnosti: dovedeme si představit, že by se o to někdo mohl pokoušet, ale pravděpodobnost takového konání je nepochybně dosti nízká). Jediným rozumným a časově schůdným řešením je použít počítačů a vhodnych sw nastroju. Pro značkování popsaného typu musíme pro češtinu nejprve použít morfologického analyzátoru (alternativně lze mluvit o lemmatizátoru, jestliže takový program přiřazuje slovním tvarům v textu vedle slovního druhu a příslušných gramatických kategorií i jejich tvary základní (lemmata). Je-li takový program specializován primárně na značkování, což platí zejména v případě angličtiny, mluvíme pak o značkovacích programech (taggers). U češtiny výstup získaný z morfologického analyzátoru není ovšem jednoznačný a musí tedy projít další fázi zpracování, v níž se provádí zjednoznačnění čili desambiguace. Věnujme nyní pozornost značkování. Pro příklad vezměme systém, který provádí v korpusu značkování (tagging) slov. Lingvista nejprve navrhne soubor gramatických značek – symbolů reprezentujících slovní druhy, pak souběžně následuje vytvoření slovníku kmenů (slovních základů) a na něj navazující morfologický analyzátor, který na základě segmentace každému výskytu slova v korpusu přiřadí symbol (značku) jeho slovního druhu – což je postup vhodný pro většinu evropských jazyků včetně češtiny.

Předpokládaná úspěšnost takového značkování je do 90 %, chyby, jichž se program dopustil, jsou analyzovány a na základě této analýzy je doplněn slovník kmenů a modifikován analyzátor. Pak lze přikročit k dalším testům a v případě vyšší míry úspěšnosti i k další analýze korpusu. Pro angličtinu se dnes převážně užívá pravděpodobnostního přístupu, pro jazyky typu češ-

tiny se jako vhodnější jeví morfologické analyzátory (viz dále). Zmínili jsme se už o gramatickém značkování (tagging) – přiřazení (symbolů) značek slovních druhů každému výskytu slova v korpusu. Výsledkem je tedy anotovaný korpus, tj. ne již čistý (surový) korpus, ale jeho verze opatřená gramatickými informacemi jistého druhu.

Takto anotovaný korpus se stává odrazovým můstkem pro další výzkum: pomocí konkordančního programu v něm můžeme vyhledávat gramatické abstrakce, jako např. výskyty pasíva (seznamy tvarů jako *dělán, prodán, vyroben*), vidu (aspektu) (seznam všech dokonavých sloves s předponou *vy-*), různé posloupnosti slovních druhů aj. Anotovaný korpus poskytuje též výchozí statistická data pro pravděpodobnostní zpracování jazyka. Ke značkovaným korpusům patří *Brown Corpus, Lancaster- Oslo-Bergen Corpus (LOB)* a *Spoken English Corpus*, který obsahuje fonetické a fonémické značkování. Z českých korpusů můžeme uvést již zmíněný DESAM, dále DESAM2 a s jistými výhradami i SYN2000 (ČNK, Čermák et al, 2000).

V poslední řadě době se začíná věnovat též sémantickému značkování korpusů, a to zejména v souvislosti s nově se rozvíjejícím směrem výzkumu, který se označuje jako zjednoznačňování významů slov (word sense desambiguation, wsd) (Agirra, 2001). Svou povahou patří tato problematika primárně do oblasti lexikální sémantiky (viz níže odd. ...),

3.7 Značkování pro češtinu – AJKA

Problematika značkování je v češtině v některých ohledech poněkud jiná než např. v angličtině a podobných jazycích, kde tagger může být jeden program (např. CLAWS), který jak značkuje, tak i desambiguuje. V češtině díky složitější flexi je potřeba značkování rozložit do dvou fází:

- zpracování morfologickým analyzátorem – morfologická analýza
- desambiguace – manuální, program CED (Veber, 2000)
  – na bázi částečné syntaktické analýzy (partial parsing) – program DIS (Žáčková, 2001)
  – kombinované přístupy pravidlové s učením (Brill,)
  – pravidlové s kontextovými omezeními (Karlsson, Voutilainen, Petkevič, Oliva, 2001)
  – statistické techniky a stochastické desambiguátory (Hajič, 2000)
  – techniky strojového učení (Popelinský, Nepil, Žáčková, 2000).

3.8 Morfologické (gramatické) značkování

V jazycích, jako je čeština, představuje morfologická analýza samostatný a komplikovaný problém, který se řeší budováním samostatných morfologických analyzátorů (lemmatizátorů) – pro češtinu se v současnosti ve výzkumu používají dva: AJKA (Osolsobě, 1996, Sedláček, 1999) a Hajičův (Hajič, 2000, viz WWW-stránky na MFF UK). Konkrétně v LZPJ na FI MU se pracuje s morfologickým analyzátorem a lemmatizátorem AJKA, jenž se dále obohacuje a rozvíjí (Sedláček, teze DP, 2001).

1. popis AJKY a její činnosti: ukázat interaktivní i dávkové použití Příklad standardního výstupu z programu AJKA ve formě tzv. vertikálu (včetně víceznačných tagů):

```
Václav <l>Václav <c>k1gMnSc1
Havel <l>Havel <c>k1gMnSc1
přišel <l>přijít <c>k5eApMnStMmPaP,k5eApInStMmPaP
naopak <l>naopak <c>k6xMeA
s <l>s <c>k7c7
vlastním <l>vlastní <c>k2eAgMnSc67d1,k2eAgXnPc3d1,k2eAgUnSc67d1
         <l>vlastnit <c>k5eAp1nStPmIaI
volebním <l>volební <c>k2eAgMnSc67d1,k2eAgXnPc3d1,k2eAgUnSc67d1
programem <l>program <c>k1gInSc7
,
který <l>který <c>k3xQgMnSc15,k3xQgInSc145
nikomu <l>nikdo <c>k3xNnSc3
neubližuje <l>ubližovat <c>k5eNpMnStPmTaI,k5eNp3nStPmIaI
.
```

2. morfologická analýza pro češtinu – její principy
3. soubor značek – jeho popis
4. úspěšnost ajky, typy chyb
5. problém víceznačnosti a desambiguace

3.9 Syntaktické značkování

Značkování na úrovni vyšší než slovnědruhové, tj. na rovině syntaktické, lze najít např. v *London-Lund Corpusu* (Svartvik, 1990). Vznikly již syntakticky analyzované subkorpusy známé jako *stromové banky (treebanks)*, byly však vytvořeny jen z podčástí korpusů. I tak jde o texty v rozsahu několika miliónů slov a o práci, která např. v UCREL zabrala kolem 5 let. Nedávný výzkum na *LOB Corpusu* však vedl k technice zjednodušené syntaktické analýzy známé jako *skeletonová analýza*, kterou lidští operátoři mohou provádět poměrně rychle (Leech and Garside, 1991). Pražský závislostní korpus byl celý vytvořen manuálně. Stručně o něm níže – viz CD publikované v r. 2001.

Stromové banky (treebanks)

Jsou to textové soubory tvořené větami, u nichž je vyznačena syntaktická struktura, např. ve tvaru syntaktického (složkového) stromu (ohodnoceného uzávorkování).

(1) *Věděl jsem, že přijde a že mi dá pusu.*

(1a) *(Věděl jsem, (že (přijde)) a (že (mi (dá pusu)))).*

Způsob analýzy je dán nějakou předem danou gramatikou, nějakým *schématem analýzy*, které je návodem, jak analyzovat věty. Musí jít o schéma, které se postupně a inkrementálně doplňuje o případy, které se předtím nevyskytly. Proces je kontinuálně inkrementální a sotva kdy budeme moci tvrdit, že jsme dospěli k úplné gramatice daného jazyka.

Je-li však stromová banka vytvořena, lze z ní automaticky odvodit např. *frázovou (nekontextovou) gramatiku*, v níž minimální podstromy interpretujeme jako *nekontextová* pravidla. Taková gramatika je zárodkem *probabilistické* frázové gramatiky, protože jednotlivá pravidla se ve výchozím korpusu vyskytují s určitými četnostmi, které lze považovat za první aproximaci pravděpodobností, s nimiž se taková pravidla mohou vyskytovat v budoucím textu podobného typu.

Pražský závislostní stromový korpus Pro češtinu je nyní k dispozici pražský závislostní stromový korpus (Prague Dependency Tree Bank), vybudovaný skupinou prof. Hajičové na MFF UK a čítající cca 100 000 vět (viz PDTB CD ROM, 2001).

3.10 Situace v češtině

Závěrem uveďme základní informace o tom, jak vypadá situace pro češtinu. Na podzim roku 1994 byl na FF UK založen *Ústav českého národního kor-*

pusu, v němž se nyní buduje *Český národní korpus – ČNK*. Ke konci roku 1995 byl již k dispozici jeho základ, v němž bylo uloženo cca 30 000 000 slovních tvarů, a na konci r. 1996 již *ČNK* obsahoval téměř 100 mil. českých slovních tvarů. V r.1999 to už bylo cca 140 mil. a ke konci r.2000 lze počítat s 200 mil. slovních tvarů. Vedle *ÚČNK* se na této práci podílejí další pracoviště na UK, a to *Ústav teoretické a komputační lingvistiky FF UK (ÚTKL)*, *Ústav formální a aplikované lingvistiky MFF UK (ÚFAL)*, dále *Ústav pro jazyk český AV ČR (ÚJČ)* a v neposlední řadě i *Ústav českého jazyka FF MU* a *Katedra informačních technologií* na Fakultě informatiky MU. Na posledně jmenovaném pracovišti vznikla v r.1997 *Laboratoř zpracování přirozeného jazyka (LZPJ)*, která paralelně buduje a udržuje korpusy českých textů, konkrétně korpus ESO, který v současnosti čítá kolem 160 mil. slovních tvarů, a dále plně gramaticky značkovaný korpus DESAM v rozsahu něco přes 1 mil. slovních tvarů. Tento korpus na rozdíl od pražských experimentů se stochastickým značkovačem J. Hajiče byl vytvořen převážně manuálně, ovšem míra úspěšnosti značkování v něm nyní dosahuje kolem 96%.

3.11 Struktura ČNK

Popis, přístup Korpusy na FI MU, přístup k nim: PUBL, FIT, DESAM
Poznámka:
V květnu 96 byl GA ČR schválen komplexní grantový projekt *Čeština ve věku počítačů* ve výši cca 30 mil. Kč a s dobou trvání 6 let. Nositelkou grantu je prof. E. Hajičová z *Ústavu formální a aplikované lingvistiky MFF UK* a jeho hlavním cílem je:

1. dobudovat Český národní korpus tak, aby ke konci r. 2000 obsahoval cca 200 mil. českých slovních tvarů a byl přístupný pro lingvistickou i ostatní odbornou veřejnost (prostřednictvím Internetu).

2. gramaticky (slovní druhy a gramatické kategorie) označkovat cca 10 mil. slovních tvarů v rámci ČNK.

3. vytvořit základ stromové banky pro češtinu – min. v rozsahu 1 mil. slovních tvarů (*Pražský závislostní korpus, PDTB*).

4. vytvořit soubor potřebných korpusových nástrojů, tj.programové vybavení zahrnující:
   – manažery

– značkovače – gramatické, syntaktické, sémantické
– desambiguátory
– třídicí, konkordanční a konverzní programy.

5. přenést SSJČ na počítačová média (skenováním).

6. rozpracovat přípravu elektronické lexikální datové báze pro češtinu, která se stane východiskem pro budování nového velkého slovníku češtiny (primárně elektronického).

Struktura textů ukládaných do korpusu se vyznačuje analyzátorem SGML. Pro gramatické značkování je v LZPJ k dispozici analyzátor a lemmatizátor (značkovač, tagger) AJKA vytvořený v LZPJ na FI MU (Sedláček, Veber, 1999), který je dnes schopen pracovat se 150000 českých kmenů a dovede každému rozpoznanému slovnímu tvaru přiřadit jeho slovní druh(y) a odpovídající gramatické kategorie. Na rozdíl od pravděpodobnostně orientovaných analyzátorů pro angličtinu je AJKA založena na úplné pravidlové morfologické analýze češtiny, proti které je podobná analýza angličtiny spíše dětskou hračkou. Podobné lemmatizující programy existují i pro slovenštinu a ruštinu a dále pro angličtinu, němčinu a francouzštinu (Osolsobě, Ševeček, 1995).

Vedle již uvedených důvodů korpusy potřebujeme i s ohledem na náš budoucí vstup do EU: i když jednacím jazykem je zde do značné míry angličtina, překládání mezi jazyky uvnitř EU již teď je a hlavně v budoucnu bude nevyhnutelné. Vznikají proto paralelní korpusy využívané při budování systémů strojového překladu a tvorbě vícejazyčných a dnes už primárně elektronických slovníků. Už delší dobu je jasné, že EU počítá s Polskem, Maďarskem a Českou republikou jako prvními východoevropskými členy EU – odráží se to např. v tom, že se uskutečnily některé společné slovníkové projekty, jako např. CEGLEX (Central European Generic Lexicon) zahrnující primárně polštinu, maďarštinu a češtinu a také projekt, vněmž se budovala multilinguální lexikální databáze EuroWordNet 1 a 2, jež vedle šesti západoevropských jazyků obsahuje i češtinu a estonštinu. Český WordNet byl v rámci EuroWordNetu 2 budován právě v LZPJ na půdě FI MU (Vossen et al, Final Report, CD ROM, 1999).

4 Reprezentace morfologických struktur (pro češtinu)

Morfologie zahrnuje tři oblasti, jichž je potřeba se dotknout:

- formální morfologii, tedy vlastní tvarosloví – zahrnující flexi, tj. tvoření slovních tvarů ohýbáním, případně dalšími morfologickými procesy jako alternacemi, sem patří deklinace, skloňování: substantiv, adjektiv, zájmen a číslovek, konjugace, časování: sloves, stupňování: adjektiv a adverbií,

- derivační morfologii, tj. tvoření slov – popisuje odvozování (derivování) nových jednoslovných výrazů z jiných, obvykle považovaných za základní (slovotvorných základů), a to na úrovni morfémů (sufixací, prefixací):
  ryba → *rybník* (substantivum – substantivum)
  den → *denní* (substantivum – adjektivum)
  učit → *učitel, učit* → *učení* (sloveso – substantivum, pak jde o tzv. deverbativa)
  vypracovat → *vypracovaný* (sloveso – deadjektivum)
  myslet → *vymyslet, rozmyslet* (sloveso – sloveso)
  rychlý → *rychle* (adjektivum – adverbium)
  rychlý → *rychlost* (adjektivum – substantivum)
  student → *studentka* (subst. – subst.: přechylování)
  dům → *domek* → *domeček* (subst. – subst.: tvoření deminutiv)
  bába → *babizna* (subst. – subst.: tvoření augmentativ).

Tvoření slov se v české lingvistice vždy věnovala a stále věnuje značná pozornost (viz např. práce Dokulilovy, nebo Příruční mluvnice aj.). Poměrně dobře jsou popsány slovotvorné vztahy, zejména vztah fundace, chybí však konfrontace teoretického popisu s konkrétními českými jazykovými daty. I zde je potřeba obrátit se ke korpusovým datům a z nich získat potřebné konkrétní údaje o:
– funkčním zatížení jednotlivých sufixů, např. agentivního *-tel* a jeho protějšků jako *pytel, datel*, trpitelského *-ec* jako *trestanec* či *chovanec*, nástrojového *-tko* – *ukazovátko*, lokálního *-iště* v případech jako *bojiště, hřiště* a jiných,
– konkrétních inventářích sufixů a statistické údaje o četnostech sufixů a prefixů v korpusech,

– slovotvorných hnízdech a čeledích – s využitím sémantických rysů a vnitřně jazykových vztahů, jak jsou zavedeny v EuroWordNetu (viz např. Klímová, Pala, 2000, Pala, Sedláček, Veber, 2002).
Lze rozlišit např:
a) významová změna, mutace: *les – lesník, bílit – bělidlo*
b) přechod mezi slovními druhy, transpozice: *zelený – zeleň*
c) přidání prefixu, významová modifikace: *bílit – o-bílit* (prostorové určení – po povrchu)
d) adaptace u přejatých slov: fr. *léger – ležérní.*

Lze pracovat se slovotvornými typy (vzory), které lze celkem přirozeným způsobem propojit se vzory tvarotvornými, např. je vidět, že substantiva se sufixem *-tel* majícím agentivní povahu, spadají pod určité tvarotvorné vzory (podskupiny vzoru `muž`) – doplnit přesně. Toto propojení umožňuje přístup k informaci o významu daného kmene či kořene už na morfologické úrovni. Je celkem zřejmé, jaké výhody pro NLP to poskytuje.

Oblast slovotvorby se dosud v české jazykovědě zkoumala jen úzce lingvisticky, tj. nebral se zřetel na širší souvislosti interdisciplinární. Přesněji řečeno, existující popisy poskytují kombinaci dílem formálních a dílem sémantických procesů, ale nejsou postaveny na jednotném sémantickém základě a nijak se nezkoumá možné začlenění slovotvorných procesů do širšího kontextu kognitivních struktur a reprezentace znalostí, jak jsou nyní zkoumány v oblasti AI.

Slovotvorba je zatím prakticky nedotčena metodologickými postupy, které se v poslední době objevují v jazykovém inženýrství a oblastech AI spojených s počítačovým zpracováním PJ. Máme tu na mysli pokusy zachytit slovotvorné vztahy pomocí sémantických sítí a integrovat takto získaná data do počítačových lexikálních databází využívajících různých typů ontologií – jako dobrý příklad může posloužit EWN (Vossen, 1999, Klímová, Pala, 2001) a podobné lexikální zdroje.

Díky těmto novým pohledům se lze pokusit o zasazení klasické slovotvorby (Dokulil, Příruční mluvnice, 1995) do širšího rámce přístupů využívaných v kognitivní vědě a AI. Slovotvorné vztahy, jak jsou definovány v současném tvoření slov (Rusínová,), lze podle našeho názoru s jistými modifikacemi vhodně navázat na sémantické vztahy, s nimiž se pracuje v současných ontologiích a aplikovat je uvnitř inferenčních mechanismů, bez nichž se počítačové zpracování PJ neobejde. Na druhé straně je potřeba konstatovat, že badatelé pracující v oblasti kognitivní vědy a AI se, pokud je nám známo, zatím příliš

nezajímali a ani nezajímají o to, co již bylo vytvořeno a je nyní k dispozici v oblasti tvoření slov. Přitom výsledky již získané v oblasti tvoření slov jsou podle našeho názoru spolehlivější a méně arbitrární, protože se opírají o konkrétní slovotvorné procesy existující v jednotlivých přirozených jazycích. Jako příklad lze uvést zatím neexistující sémantickou síť, jejíž uzly budou tvořeny kořeny daného jazyka.

Slovotvorba představuje v rámci morfologie samostatnou subdisciplinu a k jejímu algoritmickému popisu se teprve začíná přistupovat v základních obrysech. Jednou z prvních věcí potřebných v tomto ohledu pro češtinu je vytvoření tzv. derivačního slovníku, tj. slovníku, jehož základními položkami jsou kořeny českých slov plus morfémy, které se s kořeny mohou kombinovat. Předpokládaný počet slovních kořenů nebude pravděpodobně příliš velký, odhadem lze říci, že by se v češtině měl pohybovat kolem 12000 položek.

Jakmile se podaří získat pokud možno úplný inventář českých kořenů, lze se pokusit o jejich seskupení do sémantické sítě, která může tvořit jádro lexikální databáze nového typu. V dalším se pokusíme naznačit, jak by mohla vypadat sémantická síť využívající přirozených sémantických vztahů existujících kolem jednotlivých kořenů a jejich derivátů tvořících útvary, jež jsou jinak známy pod termínem slovotvorná hnízda:

boj- –act– *boj-ova-t*
–loc– *boj-iště*
–ag– *boj-ov-ník* –gen– *boj-ovn-ice*
–ag2– *boj-uj-ící*
–qua1– *boj-ov-ný* –qua2– *boj-ovn-ost*
–qua3– *boj-ov-ý*
prác/prac- –act– *prac-ova-t*
–loc1– *prac-ov-iště*
–loc2– *prac-ov-na*
–ag1– *prac-ov-ník* –gen– *prac-ovn-ice*
–ag2– *prac-uj-ící*
–qua1– *praco-ov-ní* –qua2– *prac-ov-i-t-ý* –qua21 – *prac-ov-i-t-ost*

kve/kvé/kvě- –act– *kvé-s-t*
–ag– *kvě-t květ-ina květin-ář*

–loc1– *květin-áč*
–loc2– *květin-ářství*

–qua1– *květin-ov-ý*
–qua2– *kve-t-ouc-í*
květen-ství

Dané příklady naznačují, že slovotvorná hnízda jsou dostatečně pravidelná a jejich vnitřní struktura je evidentně determinována sémantickými typy (třídy), k nimž jednotlivé kmeny/kořeny patří. Z příkladů vysvítá, že tyto typy mají úzký vztah ke slovním druhům a k poměrně obecně pojatým sémantickým kategoriím jako je *činnost, děj, bytost, událost, proces, nástroj* či *entita*. Podle našeho názoru lze pro stanovení těchto kategorií využít vrcholové ontologie (EWN TO), která je takovými kategoriemi tvořena, a její struktura umožňuje zmíněné sémantické typy/třídy automaticky získat z WN včetně seznamů lemmat, která pod tyto jednotlivé sémantické příznaky spadají.

Jak lze dále vidět z uvedených příkladů, mezi sémantickou povahou kmenů/kořenů (resp. jejich typy/třídami danými naznačenými sémantickými příznaky) a jednotlivými typy hnízd existují poměrně pravidelné vztahy. tj. podle sémantického typu kmene/kořene lze celkem spolehlivě predikovat typ hnízda a jeho vnitřní strukturu. Vnitřní struktura hnízd je dobře signalizována i formálně pomocí sufixů a lze ji reprezentovat jako samostatné sémantické podsítě (grafy), v nichž uzly odpovídají jednotlivým derivovaným lemmatům a hrany jsou ohodnoceny sémantickými značkami jako act(ion), ag(ens), loc(us), qua(lity) a dalšími. Předběžně odhadujeme, že bychom mohli vystačit s inventářem značek čítajícím asi 10-12 jednotek podobných klasickým sémantickými rolím (ILR v EWN, viz též Fillmore, Sgall et al). Na rozdíl od ILR v EWN, které jsou definovány jako striktně binární, dostáváme zde bohatší síť vztahů, jež je spolehlivě signalizována především formálně.

Dále je vidět, že jednotlivé prvky hnízd mohou být vhodně spojeny s jednotlivými synsety ve WN. Tak lze získat novou, bohatší a hierarchizovanou sémantickou síť, na níž lze založit lexikální databázi kvalitativně nového typu, která bude poskytovat úplnější a lépe strukturovaná data pro NLP.

Lze pokusit i o zachycení hnízd tvořených prefixací, je však vidět, že v následujícím příkladě situace má struktura hnízda jinou povahu než v předchozích případech. U *drž-e-t* totiž nejde o kmen/kořen, nýbrž o konkrétní sloveso, u něhož je potřeba přihlížet k jeho jednotlivým dobře rozlišitelným významům.

drž- –act– *drž-e-t*
do-drž-e-t (slib)

na-drž-e-t (vodu) –obj– *ná-drž*
ob-drž-e-t (dopis)
po-drž-e-t (knihu)
při-drž-e-t (dveře, rámeček)
vy-drž-e-t (tlak, týden) vý-drž
za-drž-e-t (uprchlíka, vodu)
z-drž-e-t (akci)
z-drž-e-t se (týden)

drž-e-t má v českém WN 10 významů – je vidět, že při prefixaci se jednotlivá slovesa derivují od jeho **různých** významů – jsou vyznačeny čísly. Tím se situace komplikuje a zdá se, že patrně nebudeme moci získat tak transparentní hnízda, jak tomu bylo výše. Významové vztahy tu jsou různorodé a málo pravidelné, nicméně bude nutné je co nejpřesněji zachytit.

mysl- –act– *mysl-e/i-t*
–rezult– *do-mysl-e-t (důsledky)*
na-mysl-e-t (plán)
od-mysl-e-t (důvody)
po-mysl-e-t si (že S)
pro-mysl-e-t (plán)
při-mysl-e-t si (něco)
roz-mysl-e-t (tlak, týden) roz-mysl
za-mysl-e-t se (nad problémem)
vy-mysl-e-t (akci)
vy-mysl-e-t si (příběh).

významosloví – jinak řečeno teorie slovních druhů, jíž se zde dotkneme jen okrajově:
slova (tvary) se v libovolném textu seskupují podle svých formálních a sémantických vlastností do jednotlivých tříd a díky tomu je lze podle určitých kritérií klasifikovat a tak získat jednotlivé třídy slov, tedy v obvyklé terminologii slovní druhy. Tato klasifikace není triviální a opírá se o kombinaci tří základních kritérií:

1. o formu slova, tj. o způsob jeho flexe, ohýbání, tak dostáváme členění na slova ohebná a neohebná,

2. o význam slova, podle tohoto kritéria substantiva primárně označují bytosti, různé konkrétní i abstraktní objekty, procesy, události; slovesa mají pak převážně význam relační, tj. označují vztahy, vlastnosti (jednomístné vztahy), stavy, děje a činnosti; adjektiva nejčastěji označují

vlastnosti objektů označovaných substantivy a adverbia lze významově charakterizovat jako vlastnosti vlastností nebo vlastnosti dějů či činností. Samostatným slovním druhem jsou z hlediska významu číslovky, které fungují jako kvantifikátory. Významově prázdnou třídu slov představují zájmena, představující svého druhu proměnné, ale právě díky této své vlastnosti je tento slovní druh překvapivě kompaktní. Nemáme ovšem zatím k dispozici seznamy, které by obsahovaly slova spolehlivě klasifikovaná podle svého významu, roztroušeně lze údaje tohoto druhu najít v některých slovnících. Je však dosti zřetelně vidět, že k získání takových seznamů bude možno v rozumné míře využít slovníkových definic i v existujících slovnících, když je budeme podrobovat kontrole na konzistenci. Půjde však o pracnou záležitost a neobejde bez vhodných nástrojů (analyzátorů slovníkových definic), které bude teprve potřeba vytvořit. Pořízení těchto seznamů patří k významným úkolům v rámci korpusové lingvistiky a počítačové lexikografie. Celkově je potřeba upozornit, že klasifikační kritéria opírající se o rozdíly ve významech slov se běžně používají, je však třeba mít na paměti, že jsou často dost nepřesná, jak o tom ostatně svědčí formulace, s nimiž se můžeme setkat v každém úvodu do významosloví (teorie slovních druhů).

3. o syntaktickou funkci slova, tj. o to, jak slovo funguje ve větě, jakou její složkou může být. Obecně to lze formulovat tak, že některá slova fungují ve větě jako řídicí (slovesa a substantiva), jiná jako modifikující (adjektiva, adverbia) a jednu skupinu tvoří slova, která můžeme nejlépe charakterizovat jako pomocná, funkční, syntaktická – sem typicky patří předložky a spojky. Samostatným slovním druhem jsou po syntaktické stránce částice, partikule, které mají nejčastěji povahu celovětných nebo členských modifikátorů a při budování algoritmického popisu větné stavby jsou s jejich vyhodnocením značné potíže.

Celá klasifikace slovních druhů (formálně zachycená jako množina neterminálů vhodné formální gramatiky), s níž budeme nadále pracovat, se vcelku shoduje s tím, co najdeme ve standardních gramatikách (např. MČ II) a obsahuje obvyklých deset slovních druhů plus zkratky jako samostatnou třídu slov (podrobnější analýza zkratek pak naznačuje, že většinou mají substantivní povahu a svou vnitřní strukturou představují i dosti složité jmenné skupiny). Ve skutečnosti, jak lze vidět z níže uvedené formální reprezentace zachycující výše zmíněnou klasifikaci, pracujeme ještě uvnitř některých slovních druhů s jemnějšími rozklady, subklasifikacemi: to platí např. o zájmenech, číslovkách,

adverbiích a slovesech, ale i o substantivech a třeba spojkách a částicích. Celkově však toto členění nelze pokládat za konečné, a to jak pokud jde o slovní druhy samotné, tak i jejich subklasifikace. Příkladem mohou být podstatná jména, uvnitř nichž v každém případě dále potřebujeme rozlišit vlastní jména a příjmení, geografické názvy a názvy institucí a další – to však v níže uvedené klasifikaci není ještě systematicky začleněno.

4.1 Přehled notace pro českou morfologii a syntax

Notace, s níž budeme dále pracovat, je prakticky ve shodě se současnými gramatikami a teoretickými hledisky, která se v nich uplatňují (MČ II, Grepl, Karlík, 199?, Jelínek et al., 1995). Snažili jsme se navrhnout ji tak, aby byla teoreticky co nejneutrálnější, tj. aby byla pokud možno společným průnikem existujících gramatických teorií. Zkušenost ukazuje, že takto koncipovaná klasifikace je otevřená vůči budoucím modifikacím a její úpravy mají méně nepříjemné důsledky při změnách, které se musejí provádět, jestliže klasifikace je zabudována do příslušných počítačových programů a testována na rozsáhlých korpusových datech: teprve pak se vyjeví inkonzistence, které nebyly na první pohled patrné.

Celkově je notace vybudována tak, že jednotlivé gramatické kategorie jsou interpretovány jako atributy, které podle povahy příslušných gramatických kategorií nabývají odpovídajících hodnot. Výchozími atributy jsou pak slovní druhy, nabývající podle daného slovního druhu hodnot 0-9 (viz níže) a hodnoty X (zkratky). Následuje výčet slovních druhů včetně podtříd a jejich standardních gramatických kategorií. Celkově má notace otevřený charakter, tj. lze ji podle potřeby doplňovat a rozšiřovat a zachovat přitom kompatibilitu s předchozím stavem. Současné úpravy představují především zavedení dalších zjemnění a subklasifikací, např. v rámci substantiv je potřeba počítat se subklasifikací u proprií (jména osob, názvy geografické, jména institucí, organizací a výrobků).

Přehled gramatických značek pro:

a) slovní druhy,

b) jejich odpovídající gramatické kategorie:

Princip konstrukce gramatické značky je dán následující konvencí: atributy jsou značeny malými písmeny, hodnoty atributů velkými písmeny nebo číslicemi. Značky tedy nejsou atomické objekty, mají svou pravidelnou strukturu, jíž se dále využívá např.v syntaktické analýze. Jak patrno, podoba značek není závislá na pozici, – pozičního principu používá u svých značek např. J.

Hajič (2000).

```
k1, "subs", substantivum, podstatné jméno: rod=gM - mužský živ.,
                          gI=mužs.než., gF=ženský, gN=střední
                          číslo=nS=singulár, nP=plurál
                          pád=c1,c2,c3,c4,c5,c6,c7,

k2, "adj", adjektivum, přídavné jméno, rod u přivlastňovacích=h,
    adjektiva rozlišují stejné kategorie jako substantiva, tj.rod=g,
    číslo=n a pád=c, navíc pak klad=eA, zápor=eN a stupeň d1=pozitiv,
    d2=komparativ, d3=superlativ,

k3, "pron", pronomen, zájmena se dále člení na osobní=P,
                          ukazovací=D,
                          přivlastňovací -- posesivní=O,
                          vztažná -- relativní=R,
                          tázací=Q,
                          neurčitá=U,
                          zvratná, reflexivní=X,
    zájmena rozlišují stejné kategorie jako substantiva, tj.g,n,c,
    ovšem některá z˜nich, především osobní, jsou bezrodá,

k4, "num", numeralia, číslovky, rozpadají se dále na základní=O,
                          řadové=C,
                          násobné=M,
                          podílné=D,
    jinak číslovky nesou stejné kategorie jako substantiva, tj.g,n,c,

k5, "verb", verbum, sloveso, nese kategorie: klad=eA, zápor=eN,
                          osoba=p1,2,3 (první, druhá, třetí),
                          číslo=nS=singulár, nP=plurál,
                          čas=tP=přítomný, tM=minulý, tF=budoucí
                          způsob=mI=indikativ, mR=imperativ, mC=kondicionál
                          vid=aP=dokonavý, perfektivní aI=nedokonavý,
                          imperfektivní,
k6, "adv", adverbium, příslovce, člení se na adv.způsobu=M,
                          času=T,
                          místa=L,
```

```
                          modální=D,
                          příčiny=C,
     typické kategorie: klad=eA, zápor=aN, stupeň=d1, d2, d3,

k7, "prep", prepozice, předložka, rozlišuje pád=c2,c3,c4,c6,c7,
k8, "conj", konjunkce, spojka, člení se na souřadicí=C a
    podřadicí=S,
k9, "part", partikule, částice, zatím se člení na pravděpodobnostní=P,
    rematizační=R, měrové=Q,
k0 "intr", interjekce, citoslovce,
kX "abbr", zkratky, zkratková slova.
```

Doplňující přehled gramatických kategorií rozlišovaných standardně v češtině:

```
numerus=číslo=n - "sg"=S,jednotné, "pl"=P,množné
genus=rod (jmenný) "mask anim"=Mn mužs.životný, maskulinum
                  "mas inan"=In mužs.neživotný,
                  "fem"=F ženský, femininum
                  "neu"=N střední, neutrum
                   U= mužs.než.nebo střední, mužs.živ., neživ.
                   Y=všechny rody "mask.anim+mask.inan+fem+neu"
kazus=pád=c, "1234567" (1=nominativ, 2=genitiv, 3=dativ, 4=akuzativ,
                     5=vokativ, 6=lokál, 7=instrumentál),
pers=osoba=p, "1.os=1","2.os=2","3.os=3",
stupňování u adjektiv a adverbií=d  "1.st-pozitiv", "2.st-komparativ",
                   "3.st-superlativ",
slovesný způsob, modus=m "indik"=I, indikativ (oznamovací způsob)
                         "imper"=R, imperativ (rozkazovací způs.)
                         "kondic"=C, podmiňovací způsob
příčestí, "participium"=part": minulé=M, trpné (mezera)
přechodník, transgresiv=trsg - "prech"=T,
čas, temp=t "preteritum"- minulý=M, "prézens"-přítomný=P,
    "futurum"-budoucí=F,
vid slovesný, aspekt=a  "perf"=P, perfektivní, dokonavý
                       "imperf"=I, imperfektivní, nedokonavý,
klad a negace=e, A=kladné - bez ne, ~ s ne,
adverbia= "jak"- způsobu=M, "kde"- místa=L, "kdy" -času=T,
```

```
         "mod"- modální=D, "proč" - příčiny=C, "kolik"=míry=Q,
 pády u předložek, prep = { "", "2", "3", "4", "6", "7", "4,6", "4,7"},
 spojky - conj =  "sour"-souřadicí, koordinační=C, "podr" -
        podřadicí, subordinační=S,
 částice - je připravena subklasifikace rozlišující podle funkce
       částice = k9xQ - měrové
               = k9xK - kontaktové
               = k9xR - rematizátory (omezovací)
               = k9xN - navazovací
```

Typické příklady rozvinuté a zkrácené notace:

```
k1: tvar "počítač"                k: 1  sl.druh:  substantivum
                                  g: I  rod: muž.neživotný
                                  n: S  číslo: singulár
                                  c: 1,4 pád: první nebo čtvrtý
výsledné značky (tags): k1gInSc1, k1gInSc4

k2: tvar adjektiva "rychlý"       k: 2  sl.druh: adjektivum
                                  e: A  klad (zápor N)
                                  g: M,I rod mužs.živ., muž.neživ.
                                  c: 1,4 pád - nom. nebo akuzativ
                                  d1: stupeň první - pozitiv
výsledné značky: k2eAgMnSc1d1, k1eAgMnSc4d1, k1eAgInSc1d1,k1eAgInSc4d1,

pozn.: adjektiva se shodují se svým řídicím substantivem, u něhož
       stojí a od něho přebírají tzv.shodové kategorie, tj. g,n,c

k3: tvar osobního zájmena "ty"    k: 3 sl.druh: zájmeno, osobní=P
                                  g: nevyjadřuje, tzv.bezrodé
                                  n: S  číslo: singulár
                                  c: 1 pád: první, nominativ
výsledná značka: k3xPnSc1

    tvar "ty" je však homonymní s tvarem ukazovacího zájmena, jemuž
    odpovídá značka               k: 3 sl.druh: zájmeno ukazovací
                                  g: M,I rod.mužs.živ.,než.,F žens.,N stř.
                                  n: P číslo: plurál
```

```
                                    c: 1,4 pád (homonymie)
výsledné značky: k3xDgMnPc4, k3xDgInPc1, k3xDgFnPc1, k3xDgNnPc1,
                 k3xDgInPc4, k3xDgFnPc4, k3xDgNnPc4
pozn.: ukazovací, demonstrativní zájmena se shodují se svým řídicím
       substantivem, u něhož stojí a od něho přebírají tzv.shodové
       kategorie, tj. g,n,c

k4: tvar číslovky "tři"           k: 4 slovní druh: číslovka
                                  x: C základní, kardinální
                                  g: X všechny rody
                                  n: P číslo: plurál
                                  c: 1,4,5 pád (homonymie)
výsledná značka: k4xCgXnPc145

k5 tvar slovesa "mluvíš"          k: 5 slovní druh: sloveso
                                  e: A kladný tvar
                                  p: 2 osoba: druhá
                                  n: S číslo: singulár
                                  t: P čas: přítomný
                                  m: I způsob: indikativ, oznamovací
                                  a: I vid: imperfektivní, nedokonavý
výsledná značka: k5eAp2nStPmIaI
značky pro tvar "mluvil": k5eApMnStMmPaI, k5eApInStMmPaI

k6 tvar adverbia "dobře"          k: 6 adverbium, příslovce
   značka k6xMeAd1                x: M způsobu, modi
                                  e: A kladné
                                  d: 1 pozitiv, první stupeň

     k6xTeA       "dnes"          k: 6 adverbium, příslovce
                                  x: T času, tempori
                                  e: A kladné

     k6xLeA       "tady"          k: 6 adverbium, příslovce
                                  x: L místa, loci
                                  e: A kladné

k7 předložka      "na"            k: 7 předložka, prepozice
```

```
                                    c: 4,6 pád

k8 spojka        "že"               k: 8 spojka, konjunkce
                                    x: S podřadicí, subordinační

k9 částice       "asi"              k: 9 částice, partikule
                                    x: P vyjadřuje pravděpodobnost

kX zkratka   "DOS", "NATO"          k: X zkratka, zkratkové slovo
```

4.2 Algoritmický popis (české) morfologie

Algoritmický popis českého tvarosloví, jak jsme už naznačili, zahrnuje deklinaci, konjugaci a stupňování a některé pravidelné derivační (slovotvorné) procesy.
K jeho vytvoření musíme najít způsob, jak formulovat formální pravidla popisující ohýbání slov – ta jsou základem, a jak je potom implementovat. Základní myšlenka spočívá v použití ohýbacích vzorů, jak je známe ze školských gramatik, ovšem pro algoritmický popis je nezbytné základní soubor vzorů značně rozšířit a zjemnit jejich klasifikaci. V klasických mluvnicích se to řeší uváděním výjimek – ovšem jen těch hlavních, vyčerpávající seznamy výjimek neexistují.

V algoritmickém popisu se problém výjimek dá elegantně vyřešit zavedením dostatečného počtu podvzorů zachycujících příslušné hláskové změny a alternace, např. *vlk – vlci*, *doktor – doktoři*, *medvídek – medvídka – medvídci, pes – psa, dívka – dívce, den – dne* apod (přehled všech alternací lze najít u Osolsobě, 1994).

Na naznačeném algoritmu je založen:

- program AJKA (Sedláček, 1999), který rozpoznává slovní tvary nebo je generuje, vstupnímu slovnímu tvaru přiřazuje jeho odpovídající gramatické kategorie, tj. slovní druh, pád, číslo, jm. rod (u substantiv, adjektiv, zájmen a číslovek), osobu, čas, číslo, způsob, sl. rod, vid (u sloves) a další u dalších slovních druhů. Na podobných principech je založen i dřívější morfologický program LEMMA (Ševeček, 1995).

- jeho výchozími datovými strukturami jsou vzory, jichž je nyní v programu AJKA zhruba 2000), kmeny (cca 155 tis.), intersegmenty (cca 460) a koncovkové množiny (počet koncovek cca 127), prefixy (cca 140).

Schéma, založené na vzorech použité nejprve v programu XANTIPA (Franc, Osolsobě, 1989) a posléze v programu LEMMA, je v současnosti úspěšně využito pro více jazyků, konkrétně – pro češtinu, slovenštinu, ruštinu, angličtinu, němčinu, francouzštinu. Základní údaje pro jednotlivé jazyky – počty vzorů, kmenů, velikost slovníku kmenů, jsou orientačně uvedeny v tabulce 1:

	Czech	Slovak	Russian	English	German	French
vzory (pocet)	830	488	1150	65	335	325
kmeny (tis.)	165	120	~120	120	130	37
vel.slov.(KB)	660	524	~600	386	665	156
rez.c1 (KB)	25	14	-	10	-	8
rez.c2 (KB)	7	4	-	35	-	55

Tabulka 2 uvádí početní zastoupení slovních druhů v českém slovníku kmenů a počty vzorů u každého slovního druhu.

	cz		vzory		
substantiva	76 400	(1 500 - ista)	376		
slovesa	36 200		180		
adjektiva	43 800		90		
adverbia	1 300		5		
pronomina	137		45	num	32
prepozice	93	spojky	81	partikule	81

– příklad tvaru *s–e–š––i–t––e–m*, ev. *nej–ne-u-věř-i-t-eln-ějš-ímu*, tedy:
1. krok: prefixy, *ne-, nej-, u-*,

2. krok: prohledávání kmenů, vyčlenění intersegmentů a pak koncovek, uplatnění vzorů a koncovkových množin.
Jednotlivých modifikací morfologického programu LEMMA se užívá v některých komerčních softwarových produktech jako samostatného modulu:

- v textových procesorech: – T602, WINTEXT 3.1, WP 5.1, 6.0, v českých lokalizacích Windows 9x, 2x (MS WORD v.7 a ostatní programy v souboru MS Office od verze 7 výše), Pragotext, MAT, v unixových editorech: WONDER WORD, WONDER EDIT a též EMACS a VIM.
  V uvedených programech se morfologický modul používá pro:
  – korekci překlepů
  – k nabídce možných tvarů (s ohledem na typy překlepů a chyb)
  – k nabídce synonym a antonym (synonymický slovník, thesaurus)
  – pro dělení slov – to však dělá samostatný dělicí program,

- v sázecích systémech:
  – Corell, Quark, TeX: zde se nejvíce se využívá dělení slov

- ve fulltextových aplikacích využívajících lemmatizace, tj. přiřazení základního tvaru k libovolnému vstupnímu,

- v OCR systémech:
  v překladových programech a překladových elektronických slovnících jako jsou např. oboustranné anglicko-české a německo-české slovníky Lingea Lexicon (Ševeček, 1998).

I když výchozí data (slovník českých kmenů a systém vzorů) pro program LEMMA byla vytvořena na akademické půdě (Osolsobě, Pala, 1990, Osolsobě, 1994), díky plně komerční orientaci autora programu (Ševeček, 1993?) vznikla v Laboratoři zpracování PJ na FI MU potřeba mít k dispozici komerčně nezávislý a samostatný morfologický analyzátor, který by plně sloužil výzkumným účelům, a to zejména při značkování rozsáhlých korpusových dat. Testování programu LEMMA na korpusových datech totiž ukázalo, že výchozí data týkající se vzorů v programu LEMMA obsahují poměrně hodně chyb. Zjištěné chyby byly vzaty v úvahu při budování nového morfologického analyzátoru

AJKA (Sedláček, 1999), takže ten je nyní v řadě ohledů kvalitnějším nástrojem (vykazuje lepší parametry, pokud jde o rychlost, modularitu, organizaci jazykových dat (tj. má lepší organizaci vzorů a propracovanější integraci slovotvorných procesů do struktury analyzátoru, mj. umožňuje vytvářet vazby mezi tvarotvornými a slovotvornými vzory) než výchozí LEMMA. Vedle toho vznikl v LZPJ další nástroj pro práci s tvarotvornými i slovotvornými vzory, který je do značné míry komplementární k analyzátoru AJKA – je to morfologická databáze

```
I_Par
```

, jejímž autorem je M. Veber (Veber, 2001). Tento program umožňuje snadnější doplňování vzorů a systematické přiřazování vzorů kmenům. Navíc je morfologická databáze

```
I_Par
```

propojena s dalším nástrojem s názvem CED (korpusový editor), jehož autorem je rovněž M. Veber a jenž dovoluje jednak bezprostředně vyhledávat potřebné gramatické značky přímo ve zvoleném korpusu a jednak podle potřeby vhodné údaje (nejčastěji právě gramatické značky) v korpusu upravovat. CED i

```
I_Par
```

lze kromě toho propojit s dalším samostatným nástrojem, jímž je prohlížeč slovníků GSLOV (Karásek, 2000) – ten v současnosti umožňuje pracovat s elektronickou verzí SSJČ (1960) a SSČ (1994), případně s jakýmikoli elektronickými slovníky ve formátu XML.

Programu AJKA se v současnosti využívá jako samostatného morfologického modulu v následujících programových nástrojích:

- v částečném syntaktickém analyzátoru pro češtinu DIS (Žáčková, 2002),
- v tabulkovém syntaktickém analyzátoru GT, jehož autory jsou P. Smrž a A. Horák (Smrž, Horák, 2001),
- v slovníkovém prohlížeči GSLOV pro práci s elektronickými verzemi SSJČ a SSČ, kde dovoluje libovolnému vstupnímu tvaru přiřadit kromě základního tvaru všechny příslušné gramatické informace (kategorie) podle povahy daného slovního druhu,

- samostatně pro gramatické značkování korpusových dat v první fázi značkování, kdy je slovnímu tvaru z korpusu přiřazeno odpovídající lemma (případně více než jedno) a možná gramatická značka (ev. více než jedna).

- v aplikacích typu korektorů překlepů a fulltextových vyhledávačích.

5 Reprezentace syntaktických struktur – gramatiky

5.1 Gramatiky pro popis PJ

Soubor pravidel, který slouží jako základní součást syntaktického analyzátoru pro daný jazyk je v jistém smyslu popisem syntaxe tohoto jazyka, ovšem takový popis zapsaný ve vhodném programovacím jazyce nebývá obvykle pro lidi příliš transparentní a čitelný. Často je závislý na konkrétní implementaci a implementace, i když jsou psány v některém z hlavních programovacích jazyků, se mohou od sebe podstatně lišit.

To byl mj. jeden z hlavních důvodů, který vedl badatele k tomu, že se postupně odvraceli od procedurálních definic sémantiky programovacích jazyků a svou pozornost obrátili k popisům deklarativním. Podobné úvahy jsou na místě i u programů pro NLP: to, co potřebujeme, je jak syntakticky, tak i sémanticky spolehlivý popis zpracovávaného přirozeného jazyka (nebo jeho aproximace), máme-li získat rozumnou představu o tom, jak se daný systém bude chovat v rozdílných podmínkách.

Jazyk lze chápat jako množinu, členství v níž lze přesně specifikovat konečným souborem pravidel (Chomsky, 1956). Množina složených jazykových výrazů není v PJ konečná, takže nelze podat jejich plný výčet. Pokud je v současnosti známo, žádný PJ není konečným jazykem. Okruh konstrukcí, které činí PJ jako čeština nekonečným, je dosti velký. Např. spojka *a* připouští v češtině spojení neomezeného počtu vět a podobně tak i vztažné věty mohou obsahovat slovesné skupiny, které mohou obsahovat jmenné skupiny, které mohou obsahovat vztažné věty, které mohou obsahovat slovesné skupiny, které ...

To, co potřebujeme, jsou tedy formální (tj. matematické) systémy, které umožňují definovat členství v nekonečné množině jazykových výrazů a každému členu této množiny přiřadit jeho strukturní popis, a to prostřednictvím

konečného souboru pravidel.

Gramatikami tedy budeme rozumět formální systémy, které vedle právě zmíněného kritéria splňují ještě tři další:

1. gramatiky jsou vyjádřeny v deklarativním formalismu obsahujícím pouze informaci o tom, které objekty se spolu kombinují a jaké jsou vlastnosti výsledného objektu, tj. tento formalismus neobsahuje žádnou vnější procedurální informaci o tom, jak dát tyto objekty k sobě (taková informace je např. implicitně obsažena v tzv. přechodových sítích).

2. gramatiky v prezentovaném pojetí transparentně spojují každý přípustný řetězec (výraz jazyka) s jeho implicitním strukturním popisem bez nutnosti uvádět explicitní informace pro budování struktur (jak to vyžadují např. ATN).

3. gramatiky přímo specifikují pořadí prvků v řetězu a tudíž se v nich nečiní pokusy rekonstruovat nějaký hypotetický podkladový slovosled.

5.2 Gramatika jako reprezentace znalosti

Gramatiky, jak se jimi budeme dále zabývat, mají deklarativní povahu a z největší části jsou založeny na dekompozici syntaktických kategorií (zhruba slovní druhy) na složky známé jako rysy. Takto pojaté gramatiky podporují kompozicionální přístup k významu, v jehož rámci každý dobře utvořený výraz jazyka má svůj vlastní význam, a to význam složený z významů podvýrazů, které jej tvoří. To je kontext, v němž syntaktická struktura vtisknutá výrazu je klíčovým prvkem pro určení jeho významu.

Z hlediska ZPJ lze zkoumání gramatik pokládat za součást výzkumů v oblasti reprezentace znalosti. Na gramatiku můžeme pohlížet jako na prostředek pro reprezentování jistých znalostí o jazyce, a to natolik explicitně a formálně, že tyto znalosti mohou být dostupné stroji.
V této souvislosti je však třeba zodpovědět několik podstatných otázek:

1. jaký formální systém je pro daný jazyk nejvhodnější, tj. jaký typ jazyka máme před sebou?

2. jaký notační systém zvolit? – toto rozhodování je závislé na přihlédnutí ke kritériím přirozenosti popisu jazyka, matematické síly zvoleného aparátu a výpočetní efektivity.

– Požadavek přirozenosti vede lingvisty k tomu, aby popis byl formulován přehledně a srozumitelně, byl snadno modifikovatelný a vyjadřoval relevantní generalizace.
– Poměrně nevelké notační modifikace mohou na jedné straně výrazně omezit třídu vyjádřitelných gramatik a na druhé straně mohou naopak vést k radikálnímu zvýšení potenciální matematické mohutnosti charakterizovaného systému.
– Formalismus gramatik vytvářený teoretickými lingvisty je obvykle předmětem pozornosti jen pro další teoretické lingvisty. Gramatické formalismy pro počítače musí být podobně jako programovací jazyky srozumitelné jak pro lidi, tak i pro stroje a navíc zvládnutelné v realistickém čase. Problémy, které vznikají při navrhování gramatických formalismů, jsou vskutku shodné s otázkami, které se objevují při návrzích deklarativních počítačových jazyků pro reprezentaci znalostí.

3. jak deskriptivně adekvátní má daný popis být? – např. jde-li nám o popis naprosto přesný či jen přibližně adekvátní.

Formalismy, k nimž obrátíme svou pozornost v dalším výkladu, budou reprezentovat v podstatě nekontextové frázové gramatiky a budou to gramatiky vymezených klauzulí (DCG) a případně i formalismus GT (Smrž, Horák, 2001).

Všechny druhy gramatik užívaných v počítačové lingvistice využívají v té či oné podobě:

- reprezentaci syntaktických kategorií nebo „slovních druhů“
- datové typy pro slova (slovní formy, tj. slovník)
- datové typy pro syntaktická (morfologická) pravidla
- datové typy pro syntaktické struktury.

Celou gramatiku lze pak chápat jako užití konkrétních datových typů složených z uvedených tří jednotek. Analyzátor je algoritmus, který bere gramatiku spolu s předloženým řetězem a snaží se vrátit jednu nebo více instancí datového typu syntaktické struktury. Úplný gramatický formalismus tedy poskytuje notaci pro specifikování syntaktických kategorií, slovníkových hesel, gramatických pravidel (ev. i více typů) a syntaktických struktur.

5.3 Formální gramatiky

Soubor formálních pravidel, která umožňují generovat nebo rozpoznávat české věty a současně jim přiřazovat popisy jejich struktury, nazveme formální gramatikou (přesná definice následuje v dalším oddíle).
Podívejme se nyní na větu:
Ukázali jsme už, že tato věta se skládá z větných členů, jimiž jsou podmět a přísudek nebo, jinými slovy, lze ji rozčlenit na část podmětovou a část přísudkovou. Jestliže pro větu užijeme označení `S`, pro podmět `Np1` a pro přísudek `Vp`, pak tvrzení, že „větu (v-1) lze rozložit na podmět a přísudek“, můžeme zapsat jako pravidlo:
(p-1) `S` → `Np1 Vp`,
Čtenář si právem může klást otázku, proč jsme nepoužili označení pomocí jiných symbolů, např. `V` pro větu, `Po` pro podmět a `Přís` pro přísudek a tedy i pravidla
(p-1a) `V` → `Po Přís`,
které by rovněž bylo správným zápisem našeho tvrzení.
Je pravda, že neterminální symboly lze volit různě, musí však být splněna jedna podmínka: vztahy mezi prvky věty musí být formulovány tak, aby výsledný popis adekvátně postihoval strukturu věty a byl ve shodě s naší lingvistickou intuicí.
V oddíle (Použitá definujeme symboliku, která vychází z konvencí zavedených v současných gramatikách češtiny, a opíráme se přitom především o mezinárodní (latinskou) gramatickou terminologii.

5.3.1 Definice gramatik

Od intuitivního vymezení gramatiky **g1** uvedeného výše přejdeme nyní k formální definici, kterou lze najít v literatuře, viz např. práci Češka a Rábová (1985), ale i Chomsky (1966).

Vedle formální definice pojmu gramatiky si připomeneme i klasifikaci gramatik. Je důležité uvědomit si, že tento přístup je neutrální vzhledem ke kterémukoli přirozenému jazyku, což znamená, že je také bezprostředně aplikovatelný nejen na češtinu, ale i třeba němčinu, angličtinu nebo francouzštinu a ruštinu a další. Lingvisticky orientovaný výklad uvedené problematiky je v klasické podobě podán u Chomského (1966), což je práce, kterou by si měl přečíst každý adept počítačové lingvistiky. Čtenáři, který se chce dovědět více o formální teorii jazyků a gramatik a vztazích k teorii automatů, doporučujeme věnovat pozornost

např. práci Novotného (1988) a také kapitolám Chomského a Millera z knihy $Handbook\ of\ Mathematical\ Psychology$ (Chomsky, Miller, 1965).
Gramatika v tomto chápání představuje formální prostředek, pomocí něhož můžeme vymezit jak konečné, tak nekonečné jazyky, přičemž gramatika sama je konečná.
Nejprve uvedeme potřebné výchozí pojmy: Prvním z nich je abeceda, jíž rozumíme neprázdnou množinu prvků – symbolů abecedy. Jako příklad lze uvést třeba latinskou abecedu čítající 52 symbolů (velká i malá písmena) nebo českou abecedu, která celkem obsahuje 82 symbolů.
Dalším je řetězec (ev. slovo). Řetězcem nad danou abecedou rozumíme nějakou posloupnost symbolů abecedy. Posloupnost, která neobsahuje žádný symbol, nazveme prázdným řetězcem a budeme ji značit e.
Přesněji řečeno, řetězec nad abecedou T definujeme takto:

1. prázdný řetězec e je řetězec nad abecedou T,
2. je-li x řetězec nad T a $a \in T$, pak xa je řetězec nad T,
3. y je řetězec nad T tehdy a jen tehdy, lze-li y získat aplikací pravidel (1) a (2).

Máme-li řetězce x a y a připojíme-li y za x, vznikne řetězec xy. Této operaci říkáme zřetězení (konkatenace).
Je dána abeceda T. Pak T^* je množina všech řetězců nad abecedou T včetně prázdného řetězce a T^+ je množina všech řetězců nad T kromě prázdného řetězce e, tj. $T^* = T^+ \cup \{e\}$. Množinu L, pro niž platí $L \subseteq T^*$ (případně $L \subseteq T^+$, pokud $e \neq L$), nazýváme jazykem nad abecedou T. Jazykem tedy může být libovolná podmnožina řetězců nad danou abecedou.
Budeme pracovat se dvěma disjunktními abecedami (množinami) symbolů:

1. abecedou N (množiny) neterminálních symbolů, které v popisu jazyka interpretujeme jako syntaktické kategorie,
2. abecedou T (množiny) terminálních symbolů, jež interpretujeme (nejčastěji) jako slova daného jazyka,
3. sjednocení obou abeced N a T, tj. $N \cup T$, nazýváme slovníkem gramatiky.

V dalším výkladu budeme pro zápis terminálních a neterminálních symbolů a z nich tvořených řetězců užívat následující konvence, jíž jsme se ostatně přidržovali již výše:

1. $a, b, c, d, ...$ – označují terminální symboly
2. $A, B, C, D, ...$ – označují neterminální symboly
3. $U, V, ..., Z$ – označují terminální nebo neterminální symboly
4. $\alpha, \beta, ..., \omega$ – označují řetězce terminálních a neterminálních symbolů
5. $u, v, ..., z$ – označují řetězce pouze terminálních symbolů

Nyní jsme připraveni definovat formální gramatiku $G1$.
Gramatika $G1$ je uspořádaná čtveřice

$g1 = \{N, T, P, S\}$,

- kde N je konečná množina neterminálních symbolů, které interpretujeme jako syntaktické kategorie,
- T je množina terminálních symbolů, jež interpretujeme jako konkrétní české slovní tvary, a platí, že $N \cap T = \emptyset$,
- P je konečná podmnožina kartézského součinu $(N \cup T)^* N \quad (N \cup T)^*$ x $(N \cup T)^*$,
- $S \in N$ je tzv. vyznačený počáteční symbol gramatiky G,
- prvek (α, β) množiny P nazýváme přepisovacím pravidlem a budeme jej zapisovat ve tvaru $\alpha \rightarrow \beta$. Řetězec α nazýváme levou stranou pravidla, řetězec β pravou stranou přepisovacího pravidla.

Jádrem gramatiky tedy je konečná množina přepisovacích pravidel. Každé pravidlo má tvar uspořádané dvojice (α, β) řetězců a stanovuje možné nahrazení řetězce α řetězcem β. Řetězec α obsahuje alespoň jeden neterminální symbol, řetězec β je prvek sjednocení $(N \cup T^*)$.
Nechť λ a μ jsou řetězce z $(N \cup T)^*$. Pak mezi nimi platí relace $\overset{G}{\Longrightarrow}$, která se nazývá přímá derivace, jestliže řetězce λ a μ můžeme zapsat ve tvaru

$$\lambda = \gamma\alpha\delta$$
$$\mu = \gamma\beta\delta,$$

kde γ a δ jsou libovolné řetězce z $(N \cup T)^*$ a $\alpha \rightarrow \beta$ je nějaké přepisovací pravidlo.
Dojdeme-li v posloupnosti přímých derivací k řetězci, který obsahuje pouze terminální symboly, pak již nelze aplikovat žádné přepisovací pravidlo a proces generování končí. Z této skutečnosti, která plyne z definice pravidla, je odvozen název množiny T jako množiny terminálních symbolů.

Jestliže existuje posloupnost přímých derivací $\nu_{i-1} \Longrightarrow \nu_i, i = 1, ..., n, n > 1$ taková, že platí: $\lambda = \nu_0 \Longrightarrow \nu_1 \Longrightarrow ... \Longrightarrow \nu_{n-1} \Longrightarrow \nu = \mu$, nazýváme ji derivace a značíme ji $\overset{+}{\Longrightarrow}$. Tuto posloupnost nazýváme derivací délky n.
Jestliže v gramatice G platí pro řetězce λ a μ relace $\lambda \overset{+}{\Longrightarrow} \mu$ nebo identita $\lambda = \mu$, pak píšeme $\lambda \overset{*}{\Longrightarrow} \mu$. Relace $\overset{*}{\Longrightarrow}$ je tranzitivním a reflexívním uzávěrem relace přímé derivace.

Důležitým prostředkem pro grafické vyjádření struktury věty (její derivace) je graf-strom, který se nazývá derivační nebo syntaktický strom věty. Přesněji řečeno, strom je orientovaný acyklický graf s následujícími vlastnostmi:

1. existuje jediný uzel, tzv. kořen stromu, do něhož nevstupuje žádná hrana,
2. do všech ostatních uzlů vstupuje právě jedna hrana,
3. uzly, z nich žádná hrana nevystupuje, se nazývají koncové (terminální) nebo také listy,
4. při kreslení se zachovává konvence, že kořen je nejvýše a všechny hrany jsou orientovány směrem dolů,
5. uspořádání hran zachovává slovoslednou relaci, tj. pořadí slov ve větě (zleva doprava).

Je-li G gramatika, pak řetězec $\alpha \in (N \cup T)^*$ se nazývá větná forma právě tehdy, když platí $S \stackrel{*}{\Longrightarrow} \alpha$, tj. řetězec α je generovatelný z počátečního symbolu S. Větná forma, která obsahuje pouze terminální symboly, se nazývá věta. Jazyk $L(G)$ generovaný gramatikou G je definován množinou všech vět:
$L(G) = \{w | S \stackrel{*}{\Longrightarrow} w \wedge w \in T^*\}$.
Množinu vět generovaných gramatikou nazýváme jazyk a dále rozlišujeme slabou generativní kapacitu gramatiky, jíž je jazyk $L(G)$ (množina všech vět generovaných gramatikou G), který je gramatika G schopna generovat, a silnou generativní kapacitu – což je množina syntaktických stromů (strukturních popisů) přiřazovaných větám jazyka L generovaného gramatikou G.

5.4 Typy gramatik

Gramatiky lze klasifikovat do typů podle tvaru přepisovacích pravidel. Je obvyklé vymezovat čtyři typy gramatik, které se nazývají typ 0, typ 1, typ 2 a typ 3.

5.4.1 Typ 0

Gramatika typu 0 obsahuje pravidla v nejobecnějším tvaru, kdy platí
$\alpha \rightarrow \beta, \alpha \in (N \cup T)^* N \quad (N \cup T)^*, \beta \in (N \cup T)^*$.
Protože se neklade žádné omezení na tvar pravidel a povoluje se přepisovat řetězce na řetězce, mluvíme také o neomezených přepisovacích systémech.

5.4.2 Typ 1

Gramatika typu 1 obsahuje pravidla tvaru
$\alpha A\beta \rightarrow \alpha\gamma\beta, A \in N, \alpha, \beta \in (N \cup T)^*, \gamma \in (N \cup T)^+$ nebo $S \rightarrow e$.
Gramatiky typu 1 se také nazývají gramatikami kontextovými, protože v kontextových pravidlech lze neterminální symbol A nahradit řetězcem γ pouze tehdy, je-li jeho pravým kontextem řetězec β a levým kontextem řetězec α.
Kontextové gramatiky neobsahují pravidla tvaru $\alpha A\beta \rightarrow \alpha\beta$, a tedy nepřipouštějí, aby neterminální symbol byl nahrazen prázdným řetězcem. Jinými slovy, při generování věty nemůže dojít ke zkracování generovaných řetězců.

5.4.3 Typ 2

Gramatika typu 2 obsahuje pravidla tvaru
$A \rightarrow \gamma, A \in N, \gamma \in (N \cup T)^*$.
Nazýváme je také gramatikami nekontextovými, protože nahrazení neterminálního symbolu A na levé straně pravidla řetězcem γ lze provést bez ohledu na jakékoli okolí, v němž by se neterminální symbol A mohl vyskytovat.
Pro popis syntaktické stavby přirozených jazyků jsou nejzajímavější právě nekontextové gramatiky. Gramatika **g1** popsaná výše je příkladem nekontextové gramatiky pro češtinu. Podobně gramatiky vymezených klauzulí v PROLOGU, o nichž bude řeč níže, vycházejí z formalismu nekontextových gramatik.

5.4.4 Typ 3

Gramatika typu 3 je tvořena pravidly ve tvaru
$A \rightarrow xB$ nebo $A \rightarrow x; A, B \in N, x \in T^*$.
Protože jediný možný neterminální symbol na pravé straně pravidla stojí zcela vpravo, mluvíme také o pravé lineární gramatice. Poznamenejme ještě, že gramatiky typu 3 se také nazývají regulárními gramatikami.
Pro práci s přirozenými jazyky, jak jsme prakticky ukázali výše, zůstávají východiskem gramatiky nekontextové. V literatuře věnované počítačové lincvistice se sice během posledních 20-30 let se sice spotřebovalo mnoho papíru na argumenty, které si kladly za cíl ukázat, že nekontextové gramatiky jsou pro popis přirozených jazyků nedostačující a že je potřeba zavést gramatiky silnější – transformační (viz již Chomsky, 1957), poslední práce (např. Gazdar, 1982, Gazdar, Mellish, 1989, Pereira, 1983) však obsahují jejich určitou rehabilitaci. Zejména se podařilo ukázat, že implementace nekontextových gramatik v PROLOGU v podobě tzv. gramatik vymezených klauzulí (definite clause grammars = DCG), o

nichž bude vzápětí řeč, umožňuje zachovat nekontextovou podobu pravidel a současně získat kontextovou citlivost tak potřebnou pro formální popis gramatické shody a dalších kontextově podmíněných gramatických jevů v přirozených jazycích.

5.5 PROLOG a popis PJ

Standardním nástrojem v oblasti ZPJ je programovací jazyk PROLOG, který umožňuje poměrně snadno vyjadřovat algoritmy užívané v počítačové lingvistice. Potřebujeme tu často manipulovat se symboly (slovy, morfémy, slovními druhy, různými druhy rysů) a strukturovanými objekty (seznamy, posloupnosti, stromy, grafy), které tyto symboly obsahují, – pro všechny tyto operace poskytuje PROLOG vhodné a dobře uchopitelné prostředky.

PROLOG je jazyk vysoké úrovně, v němž lze přímo vyjadřovat operace na symbolech (reprezentovaných jako atomy, řetězy a čísla) a strukturách (reprezentovaných jako seznamy a termy), aniž se musíme starat o to, jak jsou tyto koncepty vyšší úrovně skutečně reprezentovány v počítači. PROLOG umožňuje přesně specifikovat komplexní struktury v termínech abstraktních vzorců (schémat). Rovněž dovoluje prezentovat informace na značně abstraktní úrovni v termínech souboru faktů a vyjadřovat libovolně složité inference.

V ZPJ hraje jednu ze základních rolí koncept rekurze. Jazykové objekty jsou popisovány rekurzívními datovými strukturami a operace na těchto rekurzívních strukturách jsou přirozeně formulovány jako rekurzívní algoritmy. Podobně jako jiné vyšší programovací jazyky ani PROLOG neomezuje volání predikátových definic (funkcí) sebou samými (přímo nebo nepřímo), takže rekurzívní algoritmy lze v PROLOGU vyjadřovat přímo.

5.6 Gramatiky v PROLOGU

V nasledujícím ukážeme, jak lze přepsat výše uvedenou gramatiku **g1** tak, aby s ní bylo možno pracovat jako s gramatikou v PROLOGU. Nekontextovým gramatikám, jako je **g1**, v PROLOGU odpovídají gramatiky vymezených klauzulí – DC gramatiky.

5.7 Nekontextové gramatiky a DC gramatiky

Gramatická pravidla DC gramatiky jsou velmi podobná pravidlům **g1**, mají stejně jako ona levou a pravou stranu a operátor $\rightarrow$. Podstatný rozdíl je však v tom,

že jednotlivé neterminální symboly v **g1** musí být v DC gramatice zapsány jako predikáty s příslušným počtem argumentů.
Nekontextovou gramatiku **g1** přepíšeme tedy jako DC gramatiku se jménem `g1.pl`, tj. jako textový soubor s tímto jménem.
Při přepisování je třeba dodržovat následující konvence:

1. výraz označující konstantu v PROLOGU musí začínat malým písmenem,
2. výraz označující proměnnou musí začínat velkým písmenem,
3. za každým pravidlem píšeme tečku,
4. `/* tento text */` jsou pro PROLOG závorky, do nichž umisťujeme poznámky nebo údaje, které potřebujeme jen my sami, a PROLOG je ignoruje. To se týká např. číslování pravidel gramatiky nebo hlaviček oddělujících vlastní pravidla gramatiky od pravidel definujících slovník (viz níže).

Poznamenáváme, že očíslování pravidel v nekontextové gramatice **g1** a v DC gramatice `g1.pl` je shodné, takže čtenář může porovnávat snadno podobu pravidel v **g1** a v `g1.pl`. Princip přepisu pravidel z nekontextové gramatiky do DC gramatiky je následující:
Vyjděme z pravidla gramatiky **g1**
(p-1) `S` → `Np1 Vp`,
jež, jak víme, rozkládá větu na jmennou skupinu v nominativu a slovesnou skupinu, což je vyjádřeno příslušnými neterminálními symboly. V DC gramatice nemůžeme použít jednoduchých neterminálních symbolů jako v **g1**, ale musíme je nahradit příslušnými predikáty. Místo `S` budeme mít v `g1.pl` predikát `s(s(Np1,Vp))`, který má tři argumenty: z nichž dva jsou pro nás nedostupné a také v rámci DC gramatiky neviditelné a jeden – `s(Np1,Vp)` – zajišťuje vytvoření podstromu definovaného pravidlem (p-1) v grafu-stromu generované nebo rozpoznávané věty – (v-1). Predikát (neterminál) `s` je splněn, jsou-li splněny predikáty odpovídající neterminálům na pravé straně pravidla (p-1):
`NP1` tedy odpovídá `np1(Np1)` a `VP` odpovídá `vp(Vp)`, takže (p-1) odpovídá
`/*p-1*/ s(s(Np1,Vp))` → `np1(Np1),vp(Vp).`
Predikáty `np1` a `vp1` jsou stejně jako predikát `s` tříargumentové. Podobně budeme postupovat i u dalších pravidel gramatiky **g1**.
Nyní již můžeme uvést přepis pravidel **g1** do pravidel DC gramatiky:

```
/* gramatika g1.pl */
```

```
/*p-1*/    s(s(Np1,Vp))          →    np1(Np1), vp(Vp).
/*p-2*/    np1(np1(N1))          →    n1(N1).
/*p-2a*/   np1(np1(Pnd1,N1))     →    pnd1(Pnd1), n1(N1).
/*p-2b*/   np1(np1(A1,Np1))      →    a1(A1), np1(Np1).
/*p-2c*/   np1(np1,(Pos1,N1))    →    pos1(Pos1),n1(N1).
/*p-2d*/   np1(np1,(Num1,N1))    →    num1(Num1),n1(N1).
/*p-3*/    vp(vp(Adgm,V3,Np4))   →    adgm(Adgm),v3(V3),np4(Np4).
/*p-3a*/   vp(vp(V3,Np4))        →    v3(V3), np4(Np4).
/*p-3b*/   vp(vp(Adgm,V3))       →    adgm(Adgm),v3(V3).
/*p-3c*/   vp(vp(V3))            →    v3(V3).
/*p-4*/    adgm(adgm(Adm))       →    adm(Adm).
/*p-5*/    np4(np4(A4,N4))       →    a4(A4),n4(N4).


/* slovník */


/*p-6*/    pnd1(pnd1(ta))        →    [ta].
/*p-7*/    pos1(pos1(jeho))      →    [jeho].
           pos1(pos1(moje))      →    [moje].
/*p-8*/    num1(num1(první))     →    [první].
           num1(num1(druhá))     →    [druhá].
/*p-9*/    n1(n1(žena))          →    [žena].
           n1(n1(babička))       →    [babička].
/*p-10*/   v3(v3(miluje))        →    [miluje].
           v3(v3(nenávidí))      →    [nenávidí].
/*p-11*/   a1(a1(krásná))        →    [krásná].
           a1(a1(chytrá))        →    [chytrá].
/*p-12*/   a4(a4(rychlá))        →    [rychlá].
           a4(a4(silná))         →    [silná].
/*p-13*/   n4(n4(auta))          →    [auta].
           n4(n4(kuřata))        →    [kuřata].
/*p-14*/   adm(adm(vášnivě))     →    [vášnivě].
           adm(adm(bláznivě))    →    [bláznivě].
```

Čtenář si jistě povšimne, že proti **g1** obsahuje `g1.pl` několik pravidel navíc. Jejich užití lze snadno vyzkoušet, a tak si ověřit, v čem rozšiřují výchozí nekontextovou gramatiku **g1**.

5.8 Valenční rámce a jejich začlenění do formálních gramatik

Klíčovým prvkem ve formální analýze (české) věty je sloveso, resp. predikátový výraz, který může nabývat různých podob počínaje jednoslovnými tvary až po složené (víceslovné) výrazy skládající se v češtině maximálně z 5 elementů. Centrální role slovesa – predikátového výrazu plyne ze skutečnosti, že ve struktuře věty představuje relační prvek, který na sebe váže ostatní větné složky. Znalost těchto vazeb je proto výchozím předpokladem pro úspěšnou počítačovou analýzu vět, což prakticky znamená, že je potřeba mít datové zdroje, jež informace tohoto druhu ve vhodně formalizované podobě obsahují.

V oblasti počítačového zpracování češtiny se tedy nelze obejít bez dostatečně rozsáhlého seznamu českých sloves (měl by jistě čítat více než cca 30 000 položek) s jejich valencemi, který by obsahoval pokud možno všechna běžná česká slovesa a měl také dostatečně formální podobu. Protože takový slovník pro češtinu dosud neexistuje (Svozilová, Panevová, nověji viz též Straňáková, Žabokrtský, 2001), bylo potřeba tato data připravit a seznam českých sloves s jejich valencemi vytvořit. Ten nyní existuje v rozsahu cca 15 000 položek (Pala, Ševeček, 1998) a slouží jako mj. výchozí zdroj dat pro jednotlivé syntaktické analyzátory (Žáčková, 2002, VaDis).

Při jeho sestavování jsme mohli opřít o existující počítačový slovník českých kmenů, který je jádrem automatického morfologického analyzátoru a současně lemmatizátoru AJKA (Osolsobě 1996, Sedláček 1999) Tento slovník, v současnosti obsahující více než 30 tisíc slovesných kmenů, posloužil jako vhodné východisko k pokusu o vytvoření základního valenčního slovníku zahrnujícího v současnosti kolem 15 tisíc českých sloves. Jako další zdroj posloužil díky své elektronické podobě i *Slovník českých synonym* (Pala, Všianský 1995). Výsledkem je tedy elektronický Valenční slovník českých sloves (VSČS, Pala 2001, rkp.), který u vybraných sloves obsahuje i základní frazeologická spojení a některé kolokace. Takto lze získat přirozené východisko též pro vytvoření základního seznamu valencí i u českých substantiv a adjektiv: takový seznam představuje další chybějící článek formálního gramatického popisu češtiny a je nezbytným předpokladem jejího realistického počítačového zpracování.

Jsme si přirozeně vědomi, že dostatečně reprezentativní seznamy českých sloves užívaných v současné češtině budeme moci získat teprve z právě vznikajícího Českého národního korpusu (ČNK) i spolu s jejich frekvenčními charakteristikami. To ale bude vyžadovat ještě určitý čas (odhadem kolem 2 let) a navíc důležitou podmínkou, která musí být splněna, abychom dostali přesnější obraz o distribuci

slovních druhů včetně sloves v současné češtině, je spolehlivé gramatické označkování dostatečně velké části ČNK. V tomto směru je současnosti k dispozici jen korpus DESAM na FI MU, který je ovšem pro tento účel s rozsahem cca 1 mil. slovních tvarů nedostačující, resp. může sloužit jen jako základní východisko.

Na rozdíl od seznamu vytvořeného pod vedením N. Svozilové v ÚJČ (Svozilová et al, 1998?), který jednoznačně předpokládá uživatele – člověka, je VSČS primárně orientován na algoritmický popis české syntaxe a její počítačové zpracování – je proto zachycen pomocí formální notace. Abychom mohli dostatečně přesně zachytit české valence, navrhli jsme notační prostředky, které zachycují jak jednotlivé jednoduché valence, tak i jejich možné kombinace mající pak podobu konkrétních valenčních vzorců. Návrh notace valenčních vzorců svým způsobem navazuje na existující strojový slovník českých kmenů a algoritmický popis české morfologie (Osolsobě, 1996). Principy notace pro valenční vzorce jsou uvedeny a objasněny níže v odd.??, Horák, 2002.

Celkově byl materiál pro VSČS byl získán z následujících zdrojů:

1. Slovník českých synonym, NLN, Praha 1995,
2. Slovník spisovné češtiny, Academia, Praha 1994, 2.vyd.
3. počítačový slovník českých kmenů s celkovým rozsahem cca 160 000 jednotek (prefigovaná slovesa a pravidelně tvořená deverbativa, adjektiva a adverbia jsou však v tomto slovníku generována automaticky, takže skutečný rozsah tohoto slovníku je v každém případě větší než 300 000 položek, Sedláček, 2001).

Výchozí soubor získaný z uvedených zdrojů čítal kolem 10 000 tisíc českých sloves. Po jeho zpracování a postupném porovnání se SSJČ jsme dospěli k první verzi seznamu obsahujícímu cca 12 000 českých sloves, který byl ještě doplněn o slovesa získaná z korpusu DESAM na rozsah cca 15 000 položek, což je rozsah, který lze z hlediska současných potřeb pokládat za dostačující.

5.8.1 Výchozí pojmy

Ve shodě s Čermákem a Holubem (1991), jako výchozí koncept může sloužit kolokabilita, tj. obecná schopnost slova (a dalších jednotek) spojovat se v textu s jinými. S tímto vymezením by se pravděpodobně dalo vystačit, u sloves je však obvyklé mluvit o valenci zejména proto, že ji lze vyjadřovat morfologickými prostředky, tj. pády. Tuto schopnost sloves vázat na sebe gramaticky ostatní slova

můžeme symbolicky reprezentovat v termínech slovních druhů – substantiv a zájmen nebo pomocí specifických pronominálních výrazů jako *koho, co, čeho, komu, čemu, ...*

V literatuře se často diskutuje o tom, zda valence je jevem primárně syntaktickým nebo sémantickým. Většinou se setkáváme s názorem, že valence je záležitostí roviny syntaktické, což se primárně opírá o fakt, že je (např. v češtině) vyjadřována morfologickými prostředky – pády, které se vazebně pojí s jednotlivými slovesy. Tyto formální prostředky realizace valence by nám však neměly zakrýt podstatu věci, totiž skutečnost, že schopnost slova kombinovat se v textu s jinými slovy je primárně dána sémanticky, tj. významy spojujících se slov. Považujeme proto slovesnou valenci za jev primárně sémantický a chápeme ji jako významem determinovanou schopnost slova kombinovat se s jinými slovy. V dalším budeme usilovat o co nejúplnější významovou charakterizaci jednotlivých argumentů, i když v dané verzi slovníku zatím pracujeme zatím především s povrchovými pádovými příznaky. Je však jasné, že bez přihlížení k významu sloves nemůžeme rozumně vysvětlit kontextové elipsy typu
(v1) *Otec čte dětem před spaním.* (*pohádku*)
nebo významově blízké případy – synonyma jako
(v2a) *Matka mluví s otcem o těch penězích.*
(v2b) *Matka vykládá otci o těch penězích.*,
i když jejich valenční vlastnosti se povrchově liší (viz např. Leech, 1981).

5.8.2 Typy valencí

Při popisu valenci a pak i sestavování slovníku je nejobtížnější vyrovnat se s obligatorností a fakultativností jednotlivých argumentů u sloves, resp. klasifikovat je vzhledem k těmto kritériím. Obtíže, které tu vznikají, však podle našeho názoru signalizují, že čistě syntaktická kritéria obligatornosti a fakultativnosti nejsou dostatečně vymezena a často neumožňují dospívat ke konzistentním rozhodnutím. Vzhledem k rozsahu materiálu jsme proto zatím rezignovali na striktní rozlišení obligatorních a fakultativních doplnění a zaměřujeme se primárně na jejich zachycení hlavně v souladu s významem toho kterého predikátu. Jinak řečeno, jde nám hlavně o to, abychom na prvním místě zachytili, co k danému slovesu patří, a teprve na druhém, jak to k němu patří.

V tomto ohledu nejde ovšem jen o naši zkušenost, a proto např. ve shodě se Somersem (Somers, 1987) jsme se pokusili rozlišit následujících šest stupňů valenční vázanosti, pro něž zavádíme po řadě i příslušné notační konvence:

1. *integrální, lexikálně determinovaná, nevypustitelná* doplnění, nepřipouš-

tějící substituce argumentů blízkými synonymy a modifikace adjektivy, nevstupují do syntagmatických substitučních paradigmat (pronominalizace), frazeologická spojení, ev. idiomy, frazémy, např. *držet krok, hubu, mít šanci, mít koho—co po ruce* apod. Vyznačujeme je samostatným symbolem #, který signalizuje, že ve skutečnosti jde o samostatnou jednotku. Výše uvedené *držet hubu* a podobně i *držet na koho* zapíšeme tedy jako:

```
držet
# hubu
# <na koho>
# <s kým>
```

2. obligatorní, nutná doplnění mající pravidelně formu přímých a předložkových pádů a vedlejších vět uvozených např. spojkami *že, aby*. Obligatorní přímé i předložkové pády jsou vyznačeny symbolem & a větná doplnění symbolem $. Můžeme tedy mít:

```
rozkázat t
= komu & co
= $(aby, co) = inf
dokázat t
= komu & co
= $(že)
```

3. fakultativní, nepovinná doplnění formálně realizovaná podobně jako v předchozím případě přímými a předložkovými pády. Vyskytují se s příslušnými slovesy pravděpodobně dosti často (zde nám zatím chybí potvrzení tohoto odhadu na základě rozsáhlejších korpusových dat), ale jejich vypustitelnost nepochybně svědčí o jejich fakultativnosti. K označení těchto případů užíváme ?, takže můžeme mít např.:

```
dopisovat si
= s kým ? o čem,
```

kde lze mít jak *dopisovat si* bez doplnění, tak i *dopisovat si s kým*, *dopisovat si o čem* a nakonec rovněž *dopisovat si s kým o čem*.
Zařazujeme sem i případy jako

```
vyprovázet, vyprovodit t
= koho ? (z čeho, do čeho, na co),
```

v nichž první doplnění pokládáme za obligatorní, ale ostatní uvedená v závorce mohou a nemusí být přítomna. Lze namítnout, že mají adverbiální povahu (označují místo), je však třeba si uvědomit, že se pojí se slovesem

pohybu, u nichž lokální modifikátory nemají podle našeho názoru povahu naprosto volných doplnění.

4. střední doplnění – široce determinovaná sémantickou třídou (významem) slovesa. Nejtypičtějším představitelem tohoto typu doplnění, jak ukazují naše data, je obvykle přímý instrumentál s širokým nástrojovým významem. Dále sem mohou patřit i výrazy časové, místní a způsobové, pokud jsou široce predikovány významem odpovídajích sloves – to platí zejména pro doplnění [jak]. Doplnění tohoto typu jsou notačně zachycována pomocí hranatých závorek, např.:
   `dopovat t`
   `= koho [čím]`
   nebo
   `dosáhnout t`
   `= čeho, co [čím], [jak].`
   Příkladem široce chápaného lokálního modifikátoru tohoto typu může být třeba
   `dopít, dopíjet t`
   `= co [z čeho]` ,
   kde význam slovesa implicitně předpokládá doplnění typu "nádoby", které ovšem může a nemusí být přítomno, bývá však přítomno "obvykle".

5. volná doplnění – sem řadíme zcela volná doplnění časová, místní a způsobová určení spojitelná s každým normálním slovesem. Jsou volná do té míry, že nijak sémanticky nevyplývají z významu slovesa, proto je u sloves v současné verzi slovníku nijak nevyznačujeme a předpokládáme, že jsou v případě potřeby doplnitelná. Pokud jsou vyjadřována čistými adverbii jako *doma, tady* nebo *teď, dnes* nepředstavuje jejich rozpoznání nebo vygenerování zvláštní potíže, složitější je situace u adverbiálních předložkových pádů. Zde počítáme se zavedením vhodných sémantických rysů, které mohou pomoci indikovat, že např. *na ulici* ve spojení *plakala na ulici* má povahu volného lokálního modifikátoru. Po dopracování slovníku valencí do definitivní podoby počítáme s vyznačením volných doplnění u jednotlivých sloves pomocí speciálních rysů, které mohou v explicitní podobě vypadat např. takto:
   `platit t`
   `= komu & co [čím] [za co] <kdy=dnes> <kde=v obchodě, jak=hotově>`

6. periferní doplnění, k nimž nepochybně patří částice různého typu, zejména

pak částice mající hlavně pragmatickou povahu. Zatím zvolený způsob značení je v daném okamžiku celkem arbitrární a definitivně bude řešen až v průběhu času. Jako příklad uveďme třeba
poslat
= komu ? co |<asi, možná, patrně>|

Je vidět že použitá škála vede ke klasifikaci, která je širší než klasifikace obvyklé v českých gramatikách. Za její přednost pokládáme právě to, že umožňuje zachytit v jednom rámci jak frazeologická spojení na straně jedné, tak případně i různé typy partikulí zejména pragmatické povahy na straně druhé. Mezi nimi se pak nacházejí jednotlivá doplnění počínaje obligatorními až po volné.

Celkově tedy zachycujeme valenci českých sloves v popisovaném slovníku tak, že u každého slovesa uvádíme s ohledem na jeho význam jednotlivé přímé nebo předložkové pády, s nimiž se dané sloveso pojí. Jak lze vidět z příkladů uvedených výše, notačním prostředkem vyznačujícím jednotlivé valenční vzorce je = (také bychom mohli říci "významy", uvozovkami pak chceme naznačit, že ne vždy musí jít o významy, které by přesně odpovídaly členění, jež lze najít třeba v SSJČ, lze však očekávat, že míra shody bude dosti velká). Základní údaje v tomto ohledu poskytuje tab. 4 níže.

5.9 Vztah mezi slovesnými významy a valencemi

Použitelný popis slovesných valencí se neobejde pokud možno bez jasného rozlišení vztahů mezi jednotlivými valenčními vzorci a slovesnými významy. To samo o sobě představuje obtížnou úlohu, kterou lze v současnosti řešit jen s určitou mírou přesnosti a spolehlivosti.

Základní otázkou je rozlišitelnost významů, tj. do jaké míry lze dostatečně přesně rozlišit jednotlivé významy – v daném případě významy slovesných lexikálních jednotek. Obtížnost tohoto problému vyvstane v plném rozsahu, podíváme-li se na dosavadní pokusy o jeho řešení. Výsledky jsou k dispozici v současných slovnících, ovšem je vidět, že je nelze s dobrým svědomím prohlásit za přesné a spolehlivé, alespoň jistě ne z hlediska počítačového zpracování. Povahu problému lze dobře ilustrovat na prakticky libovolném víceznačném slovesném slovníkovém hesle – zde jsme zvolili heslo **držet**, jak je lze nalézt v SSJČ (1960)
držet
= =
Jak patrno, SSJČ rozlišuje u **držet** 12? významů. Podíváme-li se na jejich de-

finice, můžeme vidět, že jednotlivé významy se překrývají nebo naopak nejsou dostatečně přesně odlišeny, např. není dost jasné, v čem přesně spočívá rozdíl mezi významem ... a významem ... Dosvědčují to ostatně i příklady uváděné u jednotlivých významů, např. ... Uživatel – člověk si takto rozlišenými významy snad jakž takž poradí, ovšem pro počítačové zpracování jsou významy rozlišené (a definované) uvedeným způsobem prakticky nepoužitelné.

S podobnou situací se ovšem můžeme setkat i u anglických slovníků obecně považovaných za velmi kvalitní. Porovnáme-li např. jen počet významů slovesa **get** uváděných ve WordNetu 1.5 (1995) a v NODE (New Oxford Dictionary of English, 1998), zjistíme ke svému překvapení, že první uvádí pro **get** 19 významů, zatímco NODE jen 8. Tak velký rozdíl nemůže ovšem být náhodný a je zjevně způsoben použitím rozdílných technik budování slovníku. NODE – je budován na korpusových textech – poměrně rozsáhlé konkordance byly podrobeny pečlivé lexikografické analýze a jednotlivé významy byly získány tříděním a seskupováním podobných kontextů. WN 1.5 byl vytvářen skupinou nadšených laiků, kteří se zjevně nepřidržovali pevných rozlišovacích kritérií a jejich výsledky svědčí o tom, že převážně používali techniku, kterou lze charakterizovat jako "sense splitting", tj. snažili se rozlišovat jednotlivé významy co nejjemněji. Dá se však ukázat, že významy rozlišené ve WN 1.5 nelze vždy doložit korpusovými daty, např. WN 1.5 uvádí sloveso *sabre* ve významu *to kill with sabre = zašavlovat*. BNC však neobsahuje ani jeden výskyt tohoto slovesa a lze úspěšně pochybovat, že by šlo jen o rozdíl mezi britskou a americkou angličtinou. Co je horší, některé významy slovesa *get* uvedené ve WN 1.5 s obtížemi rozlišují i rodilí mluvčí angličtiny. Nepříjemné je to, že WN 1.5 včetně novějších verzí je velmi populární a mnozí badatelé opírají své výsledky o data, jak jsou k dispozici ve WN 1.5 – spolehlivost těchto výsledků musí být bohužel v nezanedbatelné míře pokládána za spornou.

Se zajímavou myšlenkou přišel ve své disertační práci (i jinde, citovat) P. Hanks, který do jisté míry zpochybňuje existenci významů jako takových a mluví o významových potenciálech – (Hanks, 2002).

... it makes sense to ask whether words do in fact have meaning at all. The question is a serious one, and it is being asked by lexicographers, of all people. Sue Atkins, for example, is quoted by Kilgarriff (1999) as saying, "I don't believe in word meanings". And this scepticism has a long and respectable history. To take just one example, Frege (1884), in introducing the principle of compositionality, argued that words only have meaning when they are put together in clauses or propositions.

This raises questions of fundamental importance to the enterprise of word sense disambiguation and dictionary making. If senses don't exist, then there is

not much point in trying to describe them in a dictionary, disambiguate them, or indeed do anything else with them. The very term disambiguate presupposes what Fillmore (1975) has characterized as a "checklist theory" of meaning. In this book, I argue, on the basis of recent work in corpus analysis, that words do have meaning (of a sort), but that meanings do not exist in isolation. Rather, meanings are contextually bound, in a way that is entirely compatible with Frege's principle of compositionality.

Do we want to say that the institution and the building that houses it are separate senses? Or do we go along with Pustejovsky (1995: 91), who would say that they are all part of the same "lexical conceptual paradigm (lcp)", even though the superordinate semantic types [[Institution]] and [[Building]] are different?

The lcp provides a means of characterizing a lexical item as a meta-entry. This turns out to be very useful for capturing the systematic ambiguities that are so pervasive in language. ... Nouns such as newspaper appear in many semantically distinct contexts, able to function sometimes as an organization, a physical object, or the information contained in the articles within the newspaper.

a. The newspapers attacked the President for raising taxes.
b. Mary spilled coffee on the newspaper.
c. John got angry at the newspaper.

Akceptujeme-li Hanksovy vývody, nemáme příliš na vybranou:
a) vyjít při rozlišování významů z podrobně analyzovaných korpusových dat – zde je potřeba vyvinout pokud možno přesné techniky analýzy a porovnávání kontextů, jak je získáváme v konkordančních seznamech. Podle našeho názoru je naznačená analýza kontextů jedinou dostatečně spolehlivou technikou, která umožní relativně spolehlivě rozlišit významy. Není jistě třeba zdůrazňovat, že tato cesta bude s vysokou pravděpodobností pracná i nákladná.
b) jestliže analýza naznačená v a) není zatím k dispozici, nezbývá podle našeho názoru nic jiného než pracovat nepřesnými daty, která však lze podrobit vhodné (manuální) kontrole tak, aby byla pro naše účely dostatečně spolehlivá.

Nejprve je tedy potřeba mít u jednotlivých sloves k dispozici jejich významy, což může být zachyceno podobně jako v českém WordNetu (ve vztahu k WordNetu 1.5, Miller et al., 1995). Mějme např. sloveso $rovnat$ (konkrétně symbol :1, obecně ":n" označuje číslo odpovídajícího ekvivalentního významu ve WN 1.5 ($eq_synonym$, viz též EuroWordNet 1, 2, Vossen et al., 1999)):
$rovnat$

=1

```
 ## vyrovnávat, činit rovným, planýrovat hřiště
 #+ level:8
=2
 ## urovnávat, uhlazovat vlasy
 #+ arrange:1
=3
 ## vyhlazovat látku, povrch
 #+ smooth:3
=4
 ## stavět do hranice (dřevo)
 #+ stock:6
=5
 ## pořádat, třídit knihy
 #+ sort:5
```

V takto uvedených datech ovšem chybí údaje o valencích: jestliže je doplníme, budou údaje pro sloveso *rovnat* v naší notaci vypadat takto – (k5 značí aktuální slovní druh – zde sloveso, zájmenné výrazy se symbolem V uprostřed tvoří konkrétní valenční vzorec s příslušnými pády charakteristickými pro dané sloveso a daný význam): *rovnat*

```
=1 (k5 kdo V co)
 ## vyrovnávat, činit rovným, planýrovat hřiště
 #+ level:8
=2 (k5 kdo V co komu)
 ## urovnávat, uhlazovat vlasy
 #+ arrange:1
=3 (k5 kdo V co)
 ## vyhlazovat látku, povrch
 #+ smooth:3
=4 (k5 kdo V co do čeho)
 ## stavět do hranice (dřevo)
 #+ stock:6
=5 (k5 kdo V co kde)
 ## pořádat, třídit knihy
 #+ sort:5
```

Posledním údajem, který potřebujeme u sloves mít, je informace o sémantické povaze jednotlivých slovesných participantů, které jsou v dosavadní podobě

charakterizovány jen příslušnými zájmennými proměnnými. Sémantickou povahou participantů míníme jejich zařazení pod kategorie typu sémantických pádů jako Agens, Patiens, Adresát a další: to lze vhodně provést využitím tzv. vnitřně jazykových vztahů (Internal Language Relations – ILI), jak jsou definovány ve EurowordNetu 1, 2 (Vossen, 1998). Sémantické role participantů, resp. jejich inventáře, jsou k dispozici v řadě teorií, např. u Fillmora, Hajičové a Sgalla a dalších.

V dané verzi slovníku pracujeme jen s pádovými příznaky vyznačenými pomocí pronominálních výrazů jako *koho, co, čeho, komu, čemu, ...*, které jsou jednak vhodné mnemotechnicky a jednak umožňují pohodlně rozlišovat opozici `životnost : neživotnost`. Lze však vidět, že uvedené příznaky je možno v případě potřeby celkem snadno konvertovat do jiné vhodné notace (Horák, ???), která se může bezprostředně využívat symboliky slovních druhů – pokud je slovník v elektronické, jde o snadnou záležitost. Subjektové argumenty jsou v dané verzi implicitní a samostatně jsme nezpracovávali ani aritu sloves (predikátů) tak, že bychom každému predikátu přiřazovali aritu pro jeho jednotlivé významy např. ve formě čísla umístěného před rovnítkem vyznačujícím jednotlivé valenční vzorce:

```
adresovat t
3= komu & co
3= co ? na koho|co
```

Je ostatně patrné, že aritu lze z uvedené notace celkem pohodlně odvodit, aniž bychom ji uváděli samostatným číslem. Příznaky jako *jak* a *kolik* uvádíme jen u sloves, u nichž mají v závislosti na významu jednoznačně valenční charakter. Podobně, jak jsme už naznačili, zacházíme i s adverbiálními pády jako *na čem, v čem, do čeho, z čeho, ...*, které uvádíme jen tam, kde jsou podmíněný význame slovesa – tak je tomu zjevně u sloves pohybu.

Příznaky typu *kam, kudy, kde, kdy, ...* v dané verzi u jednotlivých sloves neuvádíme a situaci kolem adverbiálních argumentů budeme řešit rozvinutím (generováním a rozpoznáním) adverbiálních doplnění s významem místa, času a případně i způsobu. Tento krok je založen na teoretickém předpokladu, že uvedená doplnění se obvykle mohou pojit se všemi běžnými slovesy (mimo např. některá slovesa pohybu apod.). Počítáme tu však s empirickým ověřováním tohoto běžně vyslovovaného předpokladu a porovnáváním s korpusovými daty.

5.10 Východiska pro třídy sloves

Popsaný seznam čítající téměř 12 tisíc českých sloves může posloužit jako východisko k získání slovesných tříd, u nichž klasifikačním kritériem jsou pádové příznaky (a jejich kombinace), s nimiž se jednotlivá slovesa pojí. Díky celkové složitosti notace a velkému počtu různých valenčních vzorců představuje třídění sloves s jejich valenčními vzorci dosti komplikovaný úkol, pro jehož úplné vyřešení je třeba napsat samostatný program a také v postupných krocích testovat konzistenci zápisu valencí v aktuální verzi valenčního seznamu. Jde o natolik komplexní problém, že zatím můžeme nabídnout jen svého druhu sondu poskytující jen předběžné údaje o základních typech valencí a valenčních vzorců. Učinili jsme zatím první pokus a pomocí valencí jsme se pokusili vytřídit z našeho seznamu slovesa pohybu. Použili jsme k tomu valencí `do čeho` a `z čeho`, které lze považovat za relativně spolehlivé signály místního doplnění. Takto získaný podseznam jsme ještě prošli manuálně a vyřadili některá slovesa, jež se sice vyskytují s valencí `do čeho`, ovšem označují velmi specifickou variantu pohybu jako např. *bít, bouchat do čeho*: výsledkem je seznam sloves pohybu, který zatím čítá cca 1700 sloves (z cca 12 tis. sloves). Tento seznam se ještě zjevně rozpadne na menší a sémanticky kompaktnější skupiny podle jednotlivých typů pohybu – k tomuto jemnějšímu třídění použijeme dalších valencí vyskytujících se u sloves v seznamu jako např. `na co` a `v čem` a dalších.

Již získaná data tedy jasně naznačují, že pomocí valenčních vzorců bude možno získat širší sémantickou klasifikaci českých sloves, která bude velmi užitečná pro různé softwarové aplikace.

První soubor údajů se týká tranzitivity a intranzitivity: chápeme je celkem formálně tak, že za tranzitiva pokládáme všechna slovesa, která mají ve svém valenčním vzorci akuzativ – i v kombinaci s jinými pády, zatímco mezi intranzitiva řadíme ta slovesa, u nichž se akuzativ nevyskytuje. Počítáme tu i s případy, kdy je sloveso víceznačné: např. .....,

K rozlišení možných variant slouží příznaky `t` a `i` uvedené u jednotlivých heslových slov.

Podobně je zachycena i reflexivita, a to tak, že u heslového slova je podle potřeby uvedeno *se* nebo *si*, které pak slouží jako rozlišující příznak. Takto lze opět rozlišit případy jako ...

První stručná tabulka tab. 0 tedy poskytuje představu o vztazích mezi tranzitivy a intranzitivy a o četnostech sloves se *si* a *se* na základě vzorku sebraných cca 12 000 sloves.

Tabulka 0 – tranzitiva, intranzitiva reflexiva

```
 -- i  : celkem 1700 sloves, tj.\,1700:119,42 = cca 15 \% \\
 -- t  : celkem 6471 sloves, tj.\,6470:119,42 = cca 54 \% \\
 -- se : celkem 2780 sloves, tj.\,2780:119,42 = cca 24 \%  \\
 -- si : celkem  572 sloves, tj.\,572:119,42  = cca 5 \% \\
-------------------------------------------------------------\\
celkem         11523
```

5.10.1 Předběžná statistika valencí (a pádů)

V následujícím textu uvádíme v tab. 1 předběžné údaje o četnostech jednotlivých přímých i předložkových pádů, jak se vyskytují u sloves v našem současném valenčním seznamu. Ve všech tabulkách jsou zatím jen absolutní četnosti, detailnější statistiky s ohledem na celkovou různorodost a komplikovanost valenčních vzorců budeme moci nabídnout až v dalším. Zatím nám počet různých valenčních vzorců v poměru k celému seznamu čítajícímu cca 12 000 sloves vychází na 4000, z nichž 2849 se vyskytuje s četností 1.

Tabulka 1 – souhrnné absolutní četnosti jednotlivých pádů

```
nominativ               11890
genitiv přímý             215
  "   předložkový         657
dativ přímý               295
  "   předložkový         193
akuzativ přímý           2341
  "   předložkový         589
lokál                    1003
instrumentál přímý        878
  "   předložkový         392
-----------------------------
```

Tab. 1 poskytuje základní a souhrný přehled o distribuci přímých a předložkových pádů, které se vyskytují s jednotlivými slovesy samy o sobě, tj. je to základní přehled dvoumístných valencí tvořených na levé straně nominativem, který se implicitně objevuje téměř u všech sloves, a na pravé straně příslušným pádem z tabulky. Tabulka potvrzuje očekávanou převahu akuzativu a lokálu, následuje instrumentál a genitiv a jako poslední vychází dativ, u něhož, jak se dalo čekat,

převažuje dativ přímý.

Tabulka 2 – Přehled výskytu konkrétních pádů

genitiv	
čeho	161
koho|čeho	54
do čeho,	286
do koho|čeho	38
z čeho	222
z koho|čeho	20
od čeho	13
od koho|čeho	24
celkem	818

dativ	
komu	195
čemu	19
komu|čemu	81
k čemu	104
ke komu|čemu	56
proti komu|čemu	33
celkem	488

akuzativ	
co	1461
koho|co	880
na koho	57
na koho|co	201
na co	217
o co	33
o koho|co	24
pro koho|co	28
za koho|co	19
přes co	10
celkem	2930

lokál	
v čem	595
v kom|čem	15
na čem	265
na kom|čem	16
po čem	23
po kom|čem	55
o čem	13
o kom|čem	21
celkem	1003

instrumentál	
čím	842
kým|čím	36
s kým	92
s čím	61
s kým|čím	128

větná doplnění	
$(co,jak,že)	98
$(že)	83
$(aby)	28

nad čím	18
nad kým|čím	39
před kým|čím	36
za kým|čím	18
celkem	1256

inf	77
celkem	77

koho $(aby)	13
komu $(že)	13
celkem	235

Tab. 2 nabízí v porovnání s tab. 1 přehled četností konkrétních přímých a předložkových pádů získaných vytříděním z našeho seznamu. Lze z ní tedy vyčíst aspoň základní tendence u variant jednotlivých předložkových pádů a také rozdíly u přímých pádů. Např. u akuzativu (ale i u ostatních pádů) je vidět, že co je preferováno proti $koho—co$, což ukazuje na rozdílnou distribuci vzhledem k opozici životnost : neživotnost. Navíc jsou v tabulce uvedeny i základní údaje o infinitivní valenci a dále o větných doplněních a spojkách, které je uvozují.

Tabulka 3 – nejčetnější trojmístné valence

genitiv přímý - předložkový	
koho ? do čeho	24

dativ - genitiv předl.	
komu & do čeho	20

dativ - akuzativ	
komu & co	322
komu & koho|co	22
komu ? co	256
komu ? koho|co	18
[komu] co	82
komu ? na co	19
celkem	719

akuzativ - genitiv př.	
co ? z čeho	100
co [z čeho]	57
co & z čeho	23
co ? do čeho	94
co [do čeho]	39
co & do čeho	24
koho|co ? do čeho	52
koho|co ? z čeho	22
koho|co [do čeho]	20
celkem	431

akuzativ - dativ	
co ? k čemu	30

dativ - lokál	
komu ? v čem	30

dativ - instrumentál	
komu ? čím	33

akuzativ - instrumentál	
co ? čím	250
co [čím]	207
koho ? čím	153
koho [čím]	85
koho|co ? čím	264
koho|co [čím]	256
co ? s kým	34
co [s kým]	18
celkem	1267

instrumentál - lokál	
s kým ? o čem	26

akuzativ přímý - předložkový	
co ? na co	57
co [na co]	24
co ? na koho	32
co & na koho	23
co ? na koho|co	22
celkem	158

akuzativ - lokál	
co [v čem]	84
co ? v čem	36
koho|co [v čem]	53
co ? (na čem, v čem)	22
celkem	195

Tabulka 3a – souhrn ternárních valencí

genitiv přímý - gen.předložkový	24
dativ - genitiv	20
dativ - akuzativ	719
dativ - lokál	30
dativ - instrumentál	33
akuzativ - genitiv	431
akuzativ - dativ	30
akuzativ - lokál	195
akuzativ - instrumentál	1267
akuzativ přímý - ak.předložkový	158

Tab. 3 a 3a poskytují základní představu o nejčetnějších trojmístných valencích včetně údajů o konkrétních kombinacích přímých i předložkových pádů. K tomu poznamenejme, že pořadí, v němž jsou jednotlivé pády uváděny, je dáno zvoleným způsobem notace, takže si lze představit, že s ohledem na volný slovosled v češtině by obě uvedené tabulky mohly vypadat poněkud jinak, ale podstatu věci by to neovlivnilo. Pracujeme tedy se zápisem `věnovat komu & co`, ale stejně tak bychom mohli mít `věnovat co & komu`, informace o valenci a (v daném případě) o její obligatornosti tím není nijak dotčena. Tab. 3a ukazuje jasnou převahu dvojice `akuzativ-instrumentál` vyplývající z vyšší četnosti sloves s obecným významem *dělat něco něčím*. Druhé místo kombinace `dativ-akuzativ` rovněž není překvapující a je nepochybně dáno nemalým počtem sloves s valencí typu dávání či poskytování v širokém slova smyslu.

Z notace použité v tab. 3 lze také vyčíst rozdíly v distribuci obligatorních a fakultativních doplnění, např. zápis valence `komu & co` vyjadřuje, že jde o valenci obligatorní, zatímco zápis `komu ? co` pro nás znamená, že obě valence jsou v dané kombinaci fakultativní – mohou se spolu vyskytovat obě nebo jen jedna z nich. Zápis `[komu] co` pak chápeme tak, že hranaté závorky vyznačují volné doplnění, které se u příslušného slovesa může a nemusí objevit a – v daném případě půjde s velkou pravděpodobností o volné dativy.

Tabulka 4 – počet významů u sloves

slovesa bez valence (rovnítka)	0:266
slovesa s jednou valencí (rovnítkem)	1:8429
se dvěma valencemi (rovnítky)	2:2196
se třemi	3:647
se čtyřmi	4:224
s pěti	5:73
s šesti	6:33
se sedmi	7:21
s osmi	8:6
s devíti	9:6
s desíti	10:3
s dvanácti	12:1
s patnácti	15:1
se sedmnácti: být	17:1
s padesáti osmi: jít (včetně frazémů)	58:1

5.11 Desambiguace – metody

1. techniky založené na pravidlech: DES a DES1
2. statistické techniky: bigramy, trigramy, Viterbiho algoritmus, probabilistické nekontextové gramatiky
3. využití neuronových sítí

6 Reprezentace významu

6.1 Lexikální význam – slova a slovní spojení

K významu obecně

Popis a definování významu představuje nejobtížnější oblast v rámci ZPJ. Přitom je zjevné, že bez vyřešení a zvládnutí této problematiky není možný další pokrok nejen v oblasti ZPJ, ale i v řadě oblastí AI – konkrétně se to týká reprezentace znalostí a inference.

Vezměme si např. sloveso *znamenat* – některá jeho užití se netýkají jazyka bezprostředně, tak např. ve větě
(v-v1) *Tyto stopy znamenají, že řidič začal brzdit pozdě.*
jde o to, že stopy na silnici jsou podkladem pro uvedený závěr. Na druhé straně ve větě
(v-v2) *"Ploužit se" znamená jít pomalu.*
je tohoto slovesa použito způsobem, který nás bude dále zajímat. Konkrétně jde o definování (popis) významu slova pomocí jiných slov, tedy pomocí nějakého jazyka či přesněji řečeno metajazyka.

Obecně vzato, jaké máme možnosti, když se pokoušíme popisovat (definovat) význam slov nebo význam vět přirozeného jazyka? Bohužel to lze udělat jen tak, že k tomu použijeme zase jiného jazyka – metajazyka, jímž může být:

- týž nebo jiný přirozený jazyk
- nějaký formální jazyk, např. vhodný matematický nebo logický kalkul nebo jazyk sémantických rysů (sémů)
- z toho se vymyká ostenzívní způsob definování významu výrazů přir. jazyka: *to je auto, toto jsou klíče.* Přitom na ostenzívním definování významů je založeno učení se jazyku u člověka, mělo by tedy být přeneseno i do oblasti AI.

Další potíž spočívá v tom, že v přirozeném jazyce se běžně vyskytují věty jako:
(v-v3) *Střílení poslanců ohrožuje naši křehkou demokracii.*, které ukazují, že jejich význam není nezávislý na kontextu. Otázka může být položena i jinak: lze popsat význam věty nezávisle na kontextu? Nebo má věta jen jeden význam, ale lze jí užít k různým účelům? Pokud by odpověď na první otázku byla kladná, mělo by to tu výhodu, že by bylo možno studovat význam věty detailně bez ohledu na veškeré komplikace spojené s jejich užíváním. Je-li tomu naopak a věty mají význam jen v závislosti na kontextu a komunikační situaci, pak zkoumání jazyka nelze oddělit od studia obecné lidské inference a situačního kontextu.

V dalším ukážeme, že významy slov lze zkoumat nezávisle na kontextu a že do jisté míry to platí i pro některé typy vět. Pokud nám půjde o kontextově nezávislý přístup, budeme mluvit o významu, jinak budeme pracovat s termínem užití. Zobrazení přiřazující větám PJ jejich sémantickou reprezentaci v podobě formulí PK1 nebo TIL budeme nazývat
– sémantickou interpretací,
zobrazení od sémantické reprezentace k finální reprezentaci znalostí (RZ) opět ve tvaru formulí PK1 nebo TIL předpokládá také zpracování deiktických, indexických výrazů a nazývá se
– pragmatická interpretace.
Je tedy rozdíl mezi normálními deskriptivními jmennými skupinami jako *chytrý student* a zájmennými skupinami typu *já, ty, on, my, tady, tam, ...* – u těchto jejich interpretace závisí na kontextu či komunikační situaci: ty určují, kdo je mluvčí a kdo posluchač. Jmenné skupiny s demonstrativy a posesivy typu *to auto*, *moje žena* či *ta moje žena* ovšem také závisí na kontextu, ale můžeme s nimi pracovat bez větších potíží stejně jako s deskriptivními jmennými skupinami (ev. je lze brát jako proměnné stejného typu.

Popis významů slov

Analogie se syntaxí – tam jsme zavedli slovní druhy a uvedli pravidla jejich kombinování do větších složek. Podobně to lze udělat se slovy a pokusit se je roztřídit významových tříd či sémantických polí, tj. nejprve si zavést vhodnou ontologii – tedy množinu tříd objektů, která představuje klasifikaci objektů universa U (podle Aristotela, 384-322 př.n.l.). Hlavní třídy objektů a jim odpovídajících jazykových výrazů podle Aristotela jsou:
– **substance**, tj. fyzické objekty
– **kvantity**, tj. např. čísla
– **vlastnosti**, tj. *červený, velký, krásný, milá*
– **relace** – typicky slovesa jako *milovat*, ale i *být otcem*

– **stavy**
– **události** – nejčastěji slovesa, stávají se, probíhají ve světě, poskytují strukturu pro interpretaci vět
– **akce** – to, co dělají agenti, činitelé, dá se na ně odkazovat zájmeny: (v-v4) *Zvedli jsme tu bednu. Byla* **to** *těžká práce.*
– **procesy**
– **situace** – jistý soubor okolností, situace v sobě subsumují události. Často jde o abstrakci úseku světa na určitém místě a v určitém čase: (v-v5) *Zuřili jsme a nadávali na fotbale,*
jak vidno, jde soubor akcí probíhajících na určitém místě a v určitém čase, např. fotbalový zápas. – **místo, locus** – *ve škole, tady, na rohu, doma*
– **pozice**
– **čas, tempus** – *teď, zítra, letos*
– **následek**
– **plány, záměry**
Naproti tomu ontologie, s níž se pracuje v PK1, zahrnuje jen individua a individuální proměnné, vlastnosti a relace – tedy entity prvního řádu.

Můžeme jít ještě dále a pokusit klasifikovat slova podle významu ještě detailněji – dobře je to vidět na slovesech, u nich lze mít:
– slovesa pohybu: *jít, kráčet, utíkat, letět, vznášet se, ...*
– slovesa modální: *chtít, mít, moci, muset, smět, dát, ...*
– slovesa dicendi (sentiendi): *mluvit, říkat, říci, povídat, vědět*
– slovesa označující zpracování informace: *informovat, sdělovat, ...*
– slovesa označující emoce: *smát se, plakat, tesknit, ...*
– slovesa označující finanční transakce: *prodávat, kupovat, ...*

Klasifikace sloves podle Levinové (Levin, 1995)

1. Slovesa tělesných funkcí a péče o tělo (275 syns.)
   - *potit se, třást se, omdlévat, bolet* - subjekt je neovládá, intransitivní.
   - *spát, chrápat, unavit se, mrznout*
   - *mýt se, holit se, utírat se, oblékat se*

2. Slovesa změny (750 syns.), odpadkový koš, to, co nejde dobře jinam
   - *(z)měnit, modifikovat, upravit, adjustovat, lišit se*
   - *magnetizovat, elektrizovat, zvlhčit*
   -*zkrátit, prodloužit, zesílit, zeslabit, posílit, oslabit*

3. Slovesa komunikace (710 syns.)
   - verbální: mluvit, koktat, blábolit
   - záměr mluvč.: prosit, žádat, nařizovat, děkovat, vyzývat, deklarovat
   - politika: vetovat, inaugurovat, omluvit
   - náboženské: kázat, modlit se
   - učit, přednášet, zkoušet, testovat
   - telefonovat, volat, faxovat, mailovat
   - zvířecí zvuky: řehtat, bučet, mňoukat, štěkat
   - hluky: skřípat, hrkat, vrzat, hučet, dunět

4. Slovesa soutěžení (200 syns)
   - sporty: běžet, skákat, vrhat, házet, bruslit, lyžovat
   - hry: kopat, servírovat, útočit, vyhrávat, prohrávat, porazit
   - pískat, závodit, soutěžit

5. Slovesa spotřeby, konzumace (130 syns)
   - požívání: jíst, pít, polykat
   - spotřeba: spotřebovávat, užívat, využít, použít

6. Kontaktová slovesa (820 syns)
   - přidělat, připojit, přidat, přivázat, přivařit, při/upevnit
   - přikrýt, dotknout se,
   - oddělit, odříznout, odseknout
   - uchopit, stisknout, zmáčknout
   - pohladit, udeřit, praštit, trefit, zasáhnout
   - nést, strčit, manipulovat

7. Kognitivní slovesa (? syns)
   - přemýšlet, uvažovat, usuzovat, pamatovat si, chápat, rozumět
   - dedukovat, inferovat, odhadovat, předpokládat

8. Slovesa tvoření (250 syns)
   - mentálně: tvořit, vytvářet, vymýšlet, vynalézat,
   - umělecky: kreslit, malovat, rýt, tisknout
   - ze suroviny: péct, šít, vařit

9. Slovesa pohybu (500 syns)
   - na místě: hýbat se, otáčet se, kroutit se

- v prostoru: pohybovat se, cestovat, běžet, utíkat, plazit se
- v prostředí: plavat, létat

10. Slovesa emocí (?syns)
    - milovat, zbožňovat, nenávidět, bát se, postrádat, pohrdat
    - bavit, těšit, povzbuzovat, strašit, rozčilovat
    - tesknit, těšit se
    - cítit smutek, pociťovat radost

11. Statická (stavová) slovesa (200 syns), blízkost k adjektivům
    - být, mít: významy tohoto typu a podobné

12. Slovesa vnímání (percepce) (200 syns)
    - vidět, dívat se, hledět, zírat, slyšet, poslouchat
    - pozorovat, sledovat, hlídat
    - čichat, cítit, vonět, páchnout, smrdět

13. Slovesa vlastnění (300 syns)
    - mít, držet, vlastnit
    - dávat, dostávat, brát, vzít, získávat
    - dědit
    - krást, loupit
    - věnovat, darovat, poskytnout, uplácet, podplácet, korumpovat (?)
    - dodávat, odebírat, převádět

14. Slovesa sociálních interakcí (400 syns) zahrnují různé oblasti: právo, politika, ekonomika, rodina, náboženství, vzdělání

15. Slovesa počasí (66 syns)
    - pršet, lít, sněžit, padat (sníh), mžít, mrholit
    - blýskat se, hřmít
    - mračit se, zatahovat se, jasnit se

Sémantické třídy českých sloves (na základě klasifikace Levinové, 1995)

`1.1 Slovesa kladení a polohy v prostoru (put)`

`2. Slovesa odstraňování`

3. Slovesa posílání a odesílání (odnášení, objekt mění své místo)

4. Pohyb působením síly na objekt (tlačení, strkání, tahání)

5. Změna vlastnictví

6. Slovesa učení

7. Slovesa držení a ponechání

8. Slovesa skrývání a ukrývání (utajování)

9. Slovesa házení a vrhání (odpalování)

10. Slovesa kontaktu způsobeného zasažením

11. Slovesa píchání

12. Slovesa kontaktu: dotyk 13. Slovesa sekání a řezání

14. Slovesa kombinování a propojování (míchání)

15. Slovesa oddělování a rozkládání

16. Slovesa barvení (color)

17. Slovesa vytváření obrazů (malování, kreslení, tetování)

18. Tvoření, změny a transformování

19. Slovesa plození, způsobování, vyvolávání (engender)

20. Slovesa vrhání mláďat

22. Slovesa vnímání (perception)

23. Slovesa psychických stavů

24. Slovesa přání (wish, desire)

25. Slovesa posuzování (judgment)

26. Slovesa hodnocení, odhadování

27. Slovesa hledání

28. Slovesa sociální interakce (sociálních vztahů)

29. Slovesa komunikace

30. Zvuky vydávané zvířaty

31. Slovesa požívání

32. Slovesa týkající se těla

33. Očista a péče o tělo

34. Slovesa zabíjení

35. Slovesa označující emise (vydávání záření, zvuků, substancí)

36. Slovesa ničení

37. Slovesa změny stavu (vlastností)

38. Slovesa bydlení

39. Slovesa existence

40. Slovesa objevení se, zmizení a výskytu

41. Vnitřní tělesné pohyby

42. Předpokládaná pozice

43. Slovesa pohybu

44. Slovesa vyhýbání se

45. Slovesa prodlévání a spěchání

46. Slovesa měření

47. Slovesa aspektuální -- inchoativní (počínací), ukončení

48. "Víkendová" slovesa

49. Slovesa počasí

V průběhu SI vyvstává problém víceznačnosti:
– u slov, mají-li více významů než jeden. To zní jednoduše, ale jak zjistíme, že slovo má více významů? Můžeme se pokusit o svého druhu test: mějme slova *štěně, hlava, kulky, koule, kůň* a větu
(v-v6) *Já mám dvě koule a Honza má tři.*
Tuto větu lze jiste chápat dvěma způsoby, ale nikdy ne tak, že by v ní výraz *koule* označoval pokaždé něco jiného.
Na druhé straně slovo *kůň* ve větě
(v-v7) *Mám dva koně a Honza má tři.*
se nezdá být víceznačné, i když při každém jeho užití nemusíme být schopni rozlišit, zda se jím míní *klisna* nebo *hříbě*. To je jeden možný způsob, jak testovat naši intuici týkající se významů slov. U výrazu *koule* jde o víceznačnost, tedy přinejmenším o význam
K1 = `geometrický objekt`
a význam
K2 = `varlata`,
zatímco u *kůň* jde spíše o jistý druh vágnosti, kdy nemusí být jasné, zda máme na mysli *klisnu* nebo *hříbě*. Přesněji řečeno, platí mezi nimi a výrazem *kůň* významový vztah hyponymie. K němu se řadí další významové vztahy:
– hyponymie – hyperonymie
– synonymie – antonymie, např. *dobrý : zlý* apod.
– meronymie – holonymie, např. *nos : tvář* aj.

K tomu – viz **WordNet 1.5** a několik slov této organizaci slovníku a tomto

typu slovníku obecně (instalace na FI, `aisa, add module langtools, wn`).

Podobný test lze navrhnout i pro slovesa, mějme větu:
(v-v8) *Měl jsem ji loni a Honza taky.*,
kde jistě můžeme rozlišit M1 = *vyspal jsem se tou slečnou* a proti tomu
M2 = *měl jsem chřipku.*
Je těžké si představit, že by tu mohlo o něco jiného než o plnou koordinaci. Proti tomu mějme:
(v-v9) *Políbil jsem Janu a Jirka taky.*,
i zde máme před sebou již zmíněnou vágnost, já jsem mohl *Janu* políbit na rty, kdežto *Jirka* jen na čelo. Místo, kam polibek přišel, není ve významu slovesa *políbit* explicitně specifikováno.

Souhrnně lze tedy říci, že v uvedeným případech jde o lexikální víceznačnost, ale situace může být ještě komplikovanější, víceznačnost může mít strukturní povahu, může být způsobena syntaktickou strukturou věty:
(v-v10) *Kočky a fenky jsou spokojené a hrají si na zahradě.*
(v-v11) *Každý kluk má rád psa.*
(v-v12) *Mnoho lidí vidělo tu bouračku.* (10, 20, 50, 1000, ...)
Ve větě (v-v11) je jedna syntaktická struktura, ale SI můžeme mít více – a týkají se rozsahu kvantifikátorů (zkusit zapsat).
Ve větě (v-v12) jde o vágnost výrazu *mnoho* vzhledem k počtu lidí, kteří bouračku viděli. Zde můžeme mluvit o sémantické víceznačnosti.
Dále jsou tu případy jako:
(v-v13) *Já mám žízeň.*
(v-v14) *Ty se podíváš na to kolo.*
(v-v15) *Opravíme to tady.*
V nich je víceznačnost způsobena výrazy *já, ty, to, tady, ...*, kterým říkáme deiktické či indexické. Jejich interpretace závisí na kontextu či na konkrétní komunikační situaci. Tento typ víceznačnosti můžeme charakterizovat jako víceznačnost pragmatickou. Lze pak uvažovat o pragmatické funkci, která vede od KS ke konkrétním hodnotám pro proměnné označené výrazy *já, ty, to, tady, ...* – jsou to patrně proměnné typu individuí (mluvčí, adresát, třetí osoba, ...).

6.2 Významy slov a slovníky

Významy slov a způsoby jejich popisu:
– pomocí synonym, např. v Oxfordském sl., SSJČ,
– pomocí definic, využití genu proximum, SSČ
– pomocí množiny vybraných primitivních výrazů daného přir. jazyka, např. *zabít*

$=$ způsobit, aby někdo zemřel – Hornby
– pomocí speciálního metajazyka: sémantických rysů, komponentová analýza – jednoduchý příklad:
$muž =$ HUM, MASK, ADU
$žena =$ HUM, FEM, ADU
$chlapec =$ HUM, MASK, -ADU
$dívka =$ HUM, FEM, -ADU
$dítě =$ HUM, NEUT, -ADU

Další a podrobnější příklad – soubor možných rysů, příznaků, sémů (ČAJ):

T - tempus, čas, u substantiv jako "den, rok, leden, soumrak"
L - locus, místo, u substantiv jako "dům, chrám, světadíl, břeh"
BYT(ost) - např. "víla"
HUM(an) - člověk, např. "strejda, rada, bača", + M - muž, + F - žena
ANIM(al) - zvíře "pes, slon, velbloud"
PLANT - rostlina, např. "strom, kosatec"
QUA - vlastnost, např. "nespokojenec, povýšenec" + HUM
FEN(omén) - třeba "úkaz, zázrak"
ENT(ita) - "protiklad, argument"
OBJ(ekt) - předmět, např. "stůl, krb", ale také "dům", takže OBJ + L
INF(ormace) - např. "telefonát, článek, vzkaz, telegram"
EMOC(e) - třeba "cit, radost, strach, neklid, úsměv"
INS(trument) - nástroj, např. "nůž, šíp, hřeben"
MACH(ine) - stroj, aparát, zařízení, např."počítač"
PROC(es) - např. "záže h, postup, pokrok"
MOT(tion) - pohyb, např."běh, let, pád"
AKT(ivita) - činnost, např. "boj, odboj, příchod"
MAT(eriál) - hlína, dřevo
B(ody) P(art), BP - prst, krk
ORG - organizace, instituce

Rysy lze kombinovat a jednomu výrazu jich přiřadit víc, viz třeba kombinaci "člověk" + "vlastnost", ev. i další. Lze zkusit i klasifikaci (hrubou) vlastností. Pokusme se zamyslet nad tím, že rysy mohou být hierarchické a že se díky tomu mohou dědit.
Typy slovníků:
– výkladové jednojazyčné, SSJČ, SSČ, Collins Cobuild, Webster, Oxford, jejich knižní a MRD verze.

– vícejazyčné, překladové (Č-A, A-Č)
– thesaury (Longman, WordNet 1.5, synonymické – SČS,
– frazeologické, idiomů (SČFI)
- jiné: dialektologické, etymologické, slangů, terminologické
Ukázat aspoň ty hlavní.

6.3 Lexikální databáze

6.4 WordNet a sémantické sítě

6.4.1 Motivace

Standardním způsobem organizace lexikálního materiálu ve slovnících je abecední řazení (lexikografické uspořádání). Hledání v abecedně řazených slovnících hledání je pomalé, i když počítače nyní umožňují prohlížení zrychlit. Je však zjevně neefektivní užívat počítačů jen jako "obracečů" stránek a má smysl hledat vhodnější způsoby organizace slovníku. Položme si otázku, zda v tomto ohledu existuje cesta vedoucí ke zlepšení dosavadních standardních slovníků? Příklady ukazují, že třeba u lexikální jednotky $strom$ s významem rostlina najdeme následující definici: dřevina s kmenem, který se nahoře větví v korunu: listnaté, jehličnaté, ovocné... (SSČ, 1994, s.419). Jako u většiny definic ve standardních slovnících je i zde použito základní schéma: genus proximum plus rozlišující příznaky popisující specifické rysy stromu (a obvykle mající formu vztažné věty). Z pohledu běžného uživatele v definici nic nechybí, ale nicméně nezmiňuje se o tom, že stromy mají kořeny, skládají se z buněk nebo že jsou to živé organismy. Informaci tohoto druhu ale můžeme najít u nadřazeného výrazu rostlina. Dále, definice výrazu $strom$ neobsahuje informaci o jiných podobných typech rostlin, tedy o třeba o keřích. Každý uživatel slovníku dobře ví, že najít ve standardním slovníku informace o lexikálních jednotkách stejného typu je časově velmi náročné. V podobné situaci je uživatel standardního slovníku, když se chce něco dovědět o jednotlivých druzích stromů, tj. které z nich jsou jehličnany – smrk, jedle, borovice, které z nich listnáče – buk, dub, javor, jasan, lípa, a které jsou třeba ovocné apod. Tyto informace ve slovnících obvykle jsou, ale vydolovat je by se mohl pokoušet jen opravdu velmi zarputilý uživatel. Prototypické definice ukazují vždy směrem nahoru k nadřazeným pojmům, ale nikdy do strany k výrazům stejného typu, sourozencům (coordinates) nebo směrem dolů k hyponymům. Každý z nás zná spoustu věcí o stromech, které by lexikografové nezačlenili do definice: víme, že

stromy mají kůru, rostou ze semen, poskytují stín a chrání před větrem, rostou volně v lesích, jejich dřevo slouží jako stavební materiál nebo palivo, energii pro svůj růst získávají fotosyntézou. Lexikografové uvádějí v definicích jen důležité distinkce, pouze připomínají uživateli něco, o čem se předpokládá, že to už zná, a nenabízejí mu souhrn encyklopedických znalostí. Poznamenejme tedy závěrem, že velká část těchto chybějících informací má spíše strukturní než faktuální povahu a že konvenční slovníky ani tak nestrádají nedostatkem informací, problémem je hlavně jejich organizace, která díky abecednímu uspořádání hesel odděluje od sebe spolehlivě věci, které by bylo užitečné mít pohromadě.

V poslední době se věnuje značná pozornost lexikální sémantice s cílem vytvořit lexikální zdroje, které by se popisovaly významy lexikálních jednotek a jejich vztahy formálně (algoritmicky) a díky tomu umožňovaly i systematické využívání v oblasti počítačového zpracování přirozeného jazyka (NLP). V jednom směru začaly vznikat tzv.strojově čitelné slovníky (Machine Readable Dictionaries) a práce na nich ukázaly, že dosavadní standardní slovníky trpí mnoha nekonzistencemi, z nichž uveďme aspoň jednu typickou: užití odlišných hyperonym v definicích tam, kde by bylo vhodné pracovat jen s jedním. Např. v SSČ (1994) nacházíme rozdílné definice u hesel stůl: kus nábytku tvořený vodorovnou deskou ..., židle: lehce přenosný kus nábytku (s opěradlem)..., křeslo: pohodlné sedadlo s opěradly ...), ačkoliv je zjevné, že křeslo je také kusem nábytku.

Poznamenejme, že pro češtinu žádný strojově čitelný slovník fakticky nemáme: současná elektronická verze SSČ na CD ROM (Leda, 1998) neprošla žádnými úpravami, které by vedly ke zkonzistentnění způsobu popisu významů lexikálních jednotek a k formalizovanější organizaci struktury hesel, ani není vybavena lepšími technikami vyhledávání, takže představuje právě jen pouhý počítačový "obraceč stránek". Dalším směrem, který se v poslední době prosazuje, je budování počítačových lexikálních databází či vytváření elektronických verzí již existujících thesaurů - zejména Rogetova, (Chapmanova revidovaná verze, 1977), dále vznik sémantických sítí WordNet (Miller et al., 1993) a EuroWordNet (Vossen et al.,1999) a systémů jako CyC (Lenat and Guha, 1990), ACQUILEX (Briscoe, 1991) a COMLEX (Grishman, Macleod, Myers,1994).

6.4.2 Lexikální databáze jako sémantická síť – WordNet

V dalším se budeme věnovat prvním dvěma zmíněným výše, tj. lexikálním databázím:
WordNetu, který již dospěl do verze 1.7 a je dílem G.A.Millera a jeho skupiny z Princetonu (viz též ftp server clarity.princeton.edu), a EuroWordNetu, jenž

vznikl v Evropě. Za zmínku stojí, že G. A. Miller byl zpočátku blízkým spolupracovníkem N. Chomského a podílel se s ním na dvou fundamentálních kapitolách v příručce Handbook of Mathematical Psychology, (Introduction to Formal Description of Natural Language, Finitary Models of Language Users) publikované v r.1967 (Chomsky, Miller, 1967). Zatímco Chomsky se více méně stále přidržuje svých názorů na primárnost syntaktické roviny v popisu jazyka, G. A. Miller obrátil plně svou pozornost k lexikální sémantice a jako psycholog a psycholingvista se pokusil o přístup, který charakterizuje jako psycholexikologii. V jejím rámci usiluje spolu s Johnsonem-Lairdem (Miller, Johnson-Laird, 1976) o poznání toho, jak je organizována naše lexikální paměť, na jakých principech jsou budovány naše mentální slovníky. Počátek psycholexikologie je spojen se studiem slovních asociací, s pokusy o modelování mentálního slovníku, výchozí myšlenkou bylo organizovat slovník konceptuálně spíše než abecedně. Tento výzkum ho přivedl k pokusu vytvořit právě WordNet.

6.4.3 Struktura WordNetu

WordNet čili slovní síť je slovník podle autorů založený na psycholingvistických principech. Např. ve verzi 1.5 obsahuje téměř 120 000 hesel - z toho cca 67 000 jednoduchých slovních tvarů a kolem 53 000 kolokací. To dává přes 91 000 slovních významů či synonymických řad (synsets). Nejvýraznější rozdíl mezi WordNetem a standardními slovníky je mj. v tom, že WordNet člení slovník do pěti kategorií: substantiva, verba, adjektiva, adverbia a funkční slova (synsémantika). Fakticky jsou synsémantika ponechána stranou, to se opírá o pozorované řečové projevy afatických pacientů, z nichž vyplývá, že funkční slova jsou s velkou pravděpodobností uložena odděleně od ostatní slovní zásoby a tvoří součást syntaktické složky jazyka.

Uvedené členění se opírá o asociační experimenty, které ukazují, že když informanti měli reagovat prvním slovem, které je napadlo, na předložená slova patřící k různým slovním druhům, reakce vypadaly následovně:
– na substantiva - substantivem : 79 – na adjektiva - adjektivem : 65 – na slovesa - slovesem : 43
Dále se WordNet liší od standardních slovníků v tom, že jednotlivé slovní druhy jsou v něm organizovány rozdílně – přihlíží se důsledně k jejich odlišné sémantické povaze:
- substantiva jsou ve WordNetu (modelu lexikální paměti) organizována jako tématické hierarchie,
- slovesa jsou organizována na základě různých vztahů vyplývání (entailment,

troponymie),
- adjektiva a adverbia jsou organizována jako n-dimenzionální hyperprostory (množiny n-tic).
Každá z těchto struktur reflektuje různý způsob organizování lexikální zkušenosti – pokusy nakládat jediný organizační princip na všechny syntaktické kategorie by znamenaly chybnou reprezentaci psychologické komplexnosti lexikální znalosti.

Výrazným rysem WordNetu je též pokus organizovat lexikální informace v termínech slovních významů, a nikoli slovních tvarů. V tomto ohledu se WordNet blíží více thesaurům než standardním slovníkům (viz např. Roget's International Thesaurus, 1977).

Výchozím bodem pro lexikální sémantiku ve WordNetu je zobrazení mezi formami a významy, jinak řečeno, mezi lexikalizovanými koncepty a formami, které je vyjadřují. Vychází se z předpokladu, že různým syntaktickým kategoriím slov (slovním druhům) odpovídají různé druhy zobrazení. Přiřazení forem a významů je víceznačné, tj. některým formám odpovídá více různých významů a některé významy mohou být vyjádřeny několika různými formami. Polysémii a synonymii lze pak chápat jako komplementární aspekty tohoto zobrazení, posluchač nebo čtenář rozpoznávající nějakou formu se musí vyrovnat s její polysémií, mluvčí nebo pisatel usilující o vyjádření významu se musí rozhodovat mezi synonymy.

Lexikální paměť lze tedy chápat jako organizovanou stromově (což umožňuje vyhnout se cirkularitám a smyčkám), kde základním vztahem ve stromové struktuře je transitivní a antisymetrický významový vztah ISA (is a kind of, je druhu) nebo jinými slovy vztah hypero/hyponymie vedoucí od specifického ke generickému, tj. vztah generalizace, k němuž opakem je vztah specializace. Substantiva mají obvykle jedno hyperonymum a řadu hyponym která se ve standardních slovnících zpravidla neuvádějí. Proto je vhodné navrhnout lexikální databázi tak, že v ní jsou zakódovány oba vztahy, jak vztah generalizace, tak i vztah specializace. Výsledkem pak je lexikální databáze typu WordNet, která se vyznačuje hierarchickou strukturou a umožňuje prohledávání shora dolů i zdola nahoru stejnou rychlostí. Uvedený princip je dobře znám v oblasti informačních technologií, kde se mluví o systémech s dědičností (Touretzky, 1986).

6.4.4 Sémantické vztahy ve WordNetu

Jak jsme už naznačili, ve WordNetu se pracuje s následujícími sémantickými vztahy:

- hyponymie/hyperonymie, který je chápán jako vztah významové podřazenosti a/nebo nadřazenosti (ISA-vztah). Je tranzitivní a antisymetrický a

generuje hierarchickou (stromovou) reprezentaci pro substantiva.

- *synonymie* je ve WordNetu nejzávažnějším vztahem: nevysvětluje sice, co jednotlivé významy jsou, ale vyznačuje, že existují a liší se od sebe. V podstatě je tu synonymie chápána v duchu Leibnizovy definice založené na pojmu substituovatelnosti, ale oslabené o vztažení ke kontextu. Výrazy spojené vztahem synonymie se seskupují do synonymických řad (synsets), které jsou základním organizačním prvkem sémantické sítě. Vztah synonymie si také vynucuje oddělení jednotlivých slovních druhů ve WordNetu, protože lexikální jednotky patřící k různým syntaktickým kategoriím nelze volně substituovat. To je v souladu s psycholingvistickou evidencí, která ukazuje, že jednotlivé slovní druhy jsou v sémantické paměti organizovány nezávisle.

- antonymie je zdánlivě jednoduchý symetrický vztah, který, jak se ukazuje, není snadné přesně charakterizovat díky jeho poměrně značné komplexnosti, i když uživatelé jazyka s ním potíží nemívají. Je centrálním organizujícím vztahem pro adjektiva a adverbia.

- *meronymie/holonymie*, jenž lze charakterizovat jako vztah část – celek. Je v zásadě tranzitivní a antisymetrický a rovněž vede k budování hierarchických struktur.

6.4.5 Hyponymie/hyperonymie

Tyto vztahy uskupují substantiva tak, že tvoří lexikální dědičný systém. Popis významu substantivních synsetů (celkem asi 60 000) je ve WordNetu (obvykle) založen na nadřazeném výrazu (termu) doplněném o rozlišující příznaky (differentia specifica). Vztah hypero/hyponymie generuje hierarchickou sémantickou strukturu (má formálně podobu grafu-stromu), v níž synsety (synonymické řady) jsou propojeny ohodnocenými ukazateli (pointry). Hierarchie mají omezenou hloubku, zřídka přesahují 12 úrovní. Rozlišující příznaky jsou zavedeny tak, že tvoří lexikální systém s děděním, tj. systém, v němž každé slovo dědí všechny rozlišující příznaky všech svých nadřazených výrazů. Pracuje se také s antonymií, ale ta se u substantiv nepokládá se fundamentální organizační princip. V původní verzi se rozlišovalo 25 tematických souborů a každý z nich byl spojen s jednou primitivní sémantickou složkou. Těchto 25 hlavních hyperonym ve WN 1.5 pak fungovalo jako generické koncepty, z nichž vycházejí jednotlivé hierarchie (sémantická pole). Díky tomu, že všechny příznaky, které charakterizují jednotlivé počátky, se dědí

na všechna hyponyma, lze jednotlivé začátky hierarchicky strukturovaných sémantických polí pokládat za primitivní sémantické příznaky všech slov v daném poli. To je dobře vidět v Tab.1, která obsahuje zmíněných 25 původních počátků - většina substantiv ve WordNetu 1.5 spadá právě pod ně. Zajímavé je, že uvedená sémantická pole jsou celkem mělká, zřídka hlubší než 10 úrovní, lidské výrobky jako dopravní prostředky mívají kolem 7-8 úrovní, např.: *sedan - vůz - motorové vozidlo - kolové vozidlo - dopravní prostředek - lidský výtvor - věc.* Lidské hierarchie mívají kolem 3-4 úrovní.
Tab.1 Vrcholová hyperonyma ve WordNetu 1.5

act, action, activity (činnost, aktivita)
animal, fauna (zvíře, fauna)
artefakt (výtvor, výrobek)
attribute, property (atribut, vlastnost)
body, corpus (tělo, těleso)
cognition, knowledge (znalost, poznání)
communication (komunikace, sdělování)
event, happenning (událost)
feeling, emotion (pocit, emoce)
food (potrava, jídlo)
group, collection (skupina, soubor)
location, place (umístění, místo)
motive (motiv)
natural object (fyzický objekt)
natural phenomenon (přírodní jev)
person, human being (osoba, lidská
plant, flora (rostlina, flora)
possession (vlastnictví)
process (proces)
quantity, amount (kvantita, množství
relation (vztah)
shape (podoba, tvar)
state, condition (stav)
substance (substance, látka)
time (čas)

Těchto 25 počátků odpovídá potom v EuroWordNetu položkám tvořícím vrcholovou ontologii, jichž je však o něco více - 63 (viz níže).

6.4.6 Adjektiva - atributy a modifikace

Celkem je ve WordNetu cca 16 000 adjektivních synsetů, které se člení na dvě rozsáhlé třídy: deskriptivní a relační. První připisují (obvykle) svým řídicím substantivům hodnoty bipolárních atributů a jsou tedy organizována v termínech binárních opozic antonymních (*velký: malý*) a podobných významů (synonym). K relačním adjektivům patří adjektiva jako *prezidentský, nukleární, zubní*, mají tedy vztah k určitému substantivu nebo jsou s ním nějak spojena, nerozlišují škály a neodkazují k vlastnosti svého řídicího substantiva, nemají přímá antonyma a nelze je stupňovat. Ve WordNetu je jich kolem 1700. Samostatně stojí malá a uzavřená skupina referenčně modifikujících adjektiv jako *předchozí* nebo *údajný*. Samostatnou skupinu představují také adjektiva označující barvy.

6.4.7 Slovesa

Ve WordNetu je nyní něco přes 11 000 slovesných synsetů. Díky své významové flexibilitě se slovesa obecně vyznačují vyšší polysémií – např. Collinsův slovník (1990) uvádí u substantiv 1,74 významu na substativum, u sloves to činí v průměru 2,11. Sémanticky se slovesa podstatně liší od ostatních slovních druhů svou predikátově argumentovou strukturou a vazbami na své aktanty, proto nejsou organizována na základě vztahu hypero/hyponymie, nýbrž na základě vztahu vyplývání (*prodávat : platit*) a jeho modifikací: troponymie (*chrápat : spát*) a kauzálních vztahů (*dát : mít*). Rozlišuje se 15 hlavních slovesných významových tříd (Levin, 1989), konkrétně slovesa tělesných funkcí, změny, poznání, komunikace, soutěžení, spotřeby, kontaktu, tvoření, emocí, pohybu, vnímání, vlastnění, sociální interakce a slovesa označující počasí.

6.5 Lexikální databáze EuroWordNet 1 a 2

WordNet 1.5 vytvořený G. A. Millerem a jeho skupinou pokrývá dostatečně (americkou) angličtinu a díky svým vlastnostem se stal impulsem pro podobné aktivity v Evropě, i když po lexikografické stránce vykazuje řadu chyb. V r.1997 se skupina lexikografů kolem P. Vossena z university v Amsterdamu rozhodla začít budovat sítě slov pro tři vybrané západoevropské jazyky, a to v rámci projektu EuroWordNet-1, v jehož průběhu byla zároveň doplněna vrcholová ontologie a vytvořen soubor základních konceptů. Na ten pak v r.1998 navázal EuroWordNet-2, do něhož byly zahrnuty další čtyři jazyky, z toho dva východoevropské.

6.5.1 EuroWordNet 1 - angličtina, holandština, italština, španělština

Projekt EuroWordNet (dále EWN) jako celek vychází z princetonského WordNetu 1.5 a jeho hlavním cílem bylo nejprve rozšířit budování sítě slov na tři evropské jazyky, tj. holandštinu, italštinu a španělštinu, a posléze na další čtyři - němčinu, francouzštinu, češtinu a estonštinu. Nově budované slovní sítě rovněž obsahují informace o substantivech, slovesech, adjektivech a adverbiích a opírají se o pojem synonymické řady (synsetu). Připomeňme, že každý synset zahrnuje jeden nebo více významů slov, které lze pokládat za významově totožné nebo blízké, spolu s glosou popisující daný význam. Jako příklad uveďme synset pro lexikální jednotku *soubor*:
soubor:2, datový soubor:1 - (množina záznamů vztahujících se k sobě a ukláda-

ných pohromadě)
Synset je tedy tvořen posloupností soubor:2, datový soubor:1, tj. soubor ve významu 2 je synonymní s výrazem datový soubor ve významu 1. Synsety mohou vstupovat do předem definovaných sémantických vztahů (0 nebo více), jako jsou hyponymie, hyperonymie, meronymie a holonymie a další. Daný synset může mít u sebe uveden vztah ke svým:
antonymům (dobrý : zlý)
hyperonymům (auto : dopravní prostředek)
hyponymům (pták : kanárek)
meronymům (dveře : zámek)
holonymům (ruka : tělo)
sourozencům (pes : vlk : kojot : hyena)
vyplývajícím výrazům (kupovat : platit)
kauzacím (rozbít : rozpadnout se).
V rámci projektu EuroWordNet se tedy nejprve budovala lexikální databáze EWN-1, která vedle WordNetu 1.5 (tj.angličtiny) zahrnovala i holandský, španělský a italský wordnet. Proti WordNetu 1.5 byly provedeny některé úpravy a změny, které spočívají v zavedení:
a) vrcholové ontologie (top ontology - TO), která je chápána jako hierarchie jazykově nezávislých konceptů a odráží význačné sémantické distinkce, např. předmět a substance, dynamický a statický. Zahrnuje celkem 63 základních sémantických komponent vybraných s přihlédnutím k různým sémantickým teoriím a paradigmatům. Výchozí rámcovou představu o konstruktech ve vrcholové ontologii poskytuje Tab.1 výše.
b) množiny základních konceptů (base concepts – BC) tvořené 1000 základními koncepty, které jsou vybrány na základě obecně sdíleného sémantického rámce, jímž je vrcholová ontologie. Základní koncepty reprezentují sdílená jádra jednotlivých sítí slov, na druhé straně se také od sebe liší v závislosti na povaze jednotlivých začleněných jazyků. Představují nejdůležitější významy převažující v jednotlivých lokálních wordnetech a tvoří jádro multilinguální databáze. Proto jsou také propojeny prostřednictvím vrcholové ontologie navržené speciálně k tomuto účelu. Aby se dosáhlo maximální shody, wordnety se budují shora dolů tak, že se začíná právě množinou základních konceptů zvolených na základě společného sémantického rámce.
c) jazykově nezávislého souboru indexů (interlingual index - ILI), který představuje hlavní novum ve vztahu k výchozímu WordNetu 1.5. ILI tvoří nestrukturovaný seznam významů, kde každý ILI-záznam se skládá ze synsetu a glosy a specifikuje význam a odkaz ke svému zdroji. Mezi jednotlivými ILI-záznamy jako

takovými se neudržují žádné vztahy. Budování úplné jazykově neutrální ontologie se pokládá za příliš komplexní a časově náročné vzhledem k časovým omezením projektu. Hlavní výhodou tohoto designu je, že jazykově specifické vztahy a vztah ekvivalence se nemusí uvažovat z hlediska více-víceznačného zobrazení mezi jednotlivými jazyky vstupujícími do databáze EuroWordNet.
d) vztahů ekvivalence (EQ-relations) – ty jsou zavedeny mezi ILI a jednotlivými sítěmi slov a umožňují vztahovat k sobě a porovnávat jednotlivé wordnety. Pomocí vhodných nástrojů (viz níže o Polarisu) lze pak automaticky vytvářet projekce z jedné sítě slov do druhé.

6.5.2 EuroWordNet-2 – francouzština, němčina, čeština, estonština

V návaznosti na EWN-1 hlavními cíli projektu EuroWordNet-2 (Vossen et al, 1998) jsou:
a) Definice obecné množiny základních konceptů (BC) pro všechny jazyky EWN-1 a EWN-2: je to soubor významů, jež hrají klíčovou roli v jednotlivých wordnetech. Stanovený rozsah čítá 1000 synsetů, z toho je 700 substantivních a 300 verbálních.
b) Zachycení vnitřně jazykových vztahů (ILR) a vztahů ekvivalence v rámci základních konceptů (BC) pro němčinu, francouzštinu, estonštinu a češtinu. Výsledkem budou – de facto již jsou, – jádra wordnetů, každé v rozsahu 7500 synsetů, z toho je 5 000 substantivních a 2 500 slovesných synsetů. Adjektiva a adverbia zatím zůstávají stranou, ale s jejich zpracováním se počítá.
c) Průběžná aktualizace jazykově nezávislého souboru indexů (ILI) o další významy, které je potřeba doplnit pro potřeby toho kterého jazyka a které nebyly v původním Wordnetu 1.5 obsaženy. Tím se dosáhne i lepší shody mezi jednotlivými sítěmi slov.
c) Integrace jednotlivých wordnetů do společné databáze EuroWordNet 2, jejich porovnání a ověření vzájemné kompatibility.

Můžeme tedy shrnout hlavní body, v nichž se EWN odlišuje od Wordnetu 1.5. Jsou to:

- multilingualita databáze EuroWordNet 2 – je jí dosaženo tím, že se rozlišuje mezi jazykově specifickými moduly a odděleným jazykově nezávislým modulem (ILI). Každý z jazykových modulů reprezentuje jedinečný jazykově specifický systém vnitřních jazykových vztahů mezi synsety. Každý synset rovněž obsahuje vztah ekvivalence k synsetu v jazykově nezávislém souboru

indexů (ILI). ILI-synset neboli ILI-záznam je částí jazykově nezávislého modulu a může být označen jako patřící do nějaké domény nebo mající vztah k nějakému jazykově nezávislému vrcholovému konceptu. Vrcholové koncepty reprezentují fundamentální sémantické distinkce jako např. předmět : substance nebo životnost : neživotnost a další. Synsety tvořící ILI jsou převážně odvozeny z WordNetu 1.5, ale budou rozšířeny použitím speciálního aktualizačního programu v případě, že specifické významy z jiných jazyků nejsou ve WordNetu 1.5 přítomny a vyžadují to. Konečný ILI tak bude nadmnožinou všech konceptů vyskytujících se v různých wordnetech. Skrze ILI lze mít přístup k dalším wordnetům tak, abychom našli synsety napojené na stejné synsety a verifikovali způsob, jak se k sobě vzájemně vztahují. Bylo navrženo speciální multilinguální rozhraní, které umožní srovnávat vztahy ekvivalence a struktury sémantických polí napříč jednotlivými wordnety.

- Dalším rozdílem je to, že u lexikální databáze EuroWordNet-2 se již počítá se systematickým využitím v oblasti strojového zpracování informací (Information Retrieval), konkrétně s multilinguálními aplikacemi pro internetové prohlížeče a pro lexikální zdroje použitelné v systémech strojového překladu nové generace.Dále se počítá s dosažením maximální kompatibility vzhledem k různým zdrojům a současně i s tím, že ve wordnetech se zachovají vztahy specifické pro jednotlivé jazyky.

Obr.1 Architektura databáze EuroWordNet 2 Na obr. 1, který ukazuje základní strukturu databáze EUWN 2, lze vidět vrcholový koncept Motion (pohyb), který je v tomto případě bezprostředně napojen na ILI-záznam drive (řídit) a díky tomu se nepřímo vztahuje také na všechny jazykově specifické koncepty spojené s tímto ILI-záznamem. Prostřednictvím vnitřně jazykových vztahů lze daný vrcholový koncept dále dědit na všechny další napojené jazykově specifické koncepty. Tak lze budovat jednotlivé wordnety na základě společného rámce, v němž se lexikalizace seskupené kolem daných základních konceptů mohou od jazyka k jazyku lišit. Ve schématu se také objevuje doménová hierarchie, která obsahuje znalostní struktury, jež seskupují významy v termínech témat nebo scénářů, např. sem patří silniční doprava, vzdušná doprava, sporty, nemocnice, restaurace apod., v rámci EWN 1,2 však zatím není implementována;

6.6 Budování české slovní sítě – českého WordNetu, dosavadní výsledky

Zatím je k dispozici český WordNet v rozsahu cca 8000 synsetů (asi 1200 slovesných, zbytek – 6 800 substantivních. Při jeho vytváření bylo použito následujících zdrojů:

1. Výkladový slovník češtiny, což je pracovní název postupně budované lexikální databáze češtiny, která má dnes přibližně 55 000 hesel a 65 000 významů. Od např. SSČ se podstatně liší v tom, že je systematicky budována jako důsledně formalizovaná textová databáze (na principech podobných SGML) a s důrazem na maximální vnitřní konzistenci.

2.) Lingea Lexicon 2.0 (Lingea s.r.o, 1998), což je oboustranný elektronický A-Č a Č-A slovník, který v současné podobě obsahuje ve směru Č-A asi 54 000 hesel a 58 000 významů a ve směru A-Č zhruba 78 000 hesel a 102 400 významů. Tento zdrojo mimo jiné zahrnuje i automatické morfologické slovníky angličtiny i češtiny a jádro programu LEMMA (Ševeček, 1996), díky nimž rozpoznává libovolné české i anglické tvary slov.

3. Slovník českých synonym, (Pala, Všianský, 1994), obsahující v aktuální verzi přibližně 20 000 hesel a 15 000 synonymických řad (synsetů), jichž bude po potřebných úpravách použito pro synsety začleněné do české sítě slov. Existuje v elektronické verzi a rovněž funguje s automatickou lemmatizací.

Pomocnými lexikálními zdroji jsou dále:

- Seznam českých kolokací obsahující nyní asi 18 000 položek, byl získán z textového korpusu ESO (viz níže), který je budován a udržován na Fakultě informatiky MU. Seznam kolokací byl získán statistickými technikami - výpočtem parametru vzájemné informace (Pala, Rychlý, 1998), a je dále tříděn podle četností a dalších syntaktických kritérií – slovosledu a slovních druhů. Seznam kolokací bude v blízké budoucnosti doplněn a rozšířen, jakmile budou spočítány parametry vzájemné informace (MI score) i pro aktuální verzi Českého národního korpusu.

- Gramaticky i strukturálně značkovaný korpus DESAM (Pala, Rychlý, Smrž, 1998), který vznikl na Fakultě informatiky Masarykovy university v průběhu posldních dvou let jako součást Českého národního korpusu. Jeho rozsah je něco přes 1 mil. českých slovních tvarů.

- extový korpus ESO budovaný na Fakultě informatiky v průběhu r. 1998 z novinových publicistických textů (1996-98), jeho aktuální rozsah činí 61 mil. českých slovních tvarů a jedna jeho verze je částečně lemmatizována.

6.7 Nástroje

Je zjevné, že popisovanou síť slov lze sotva budovat jen manuálně, má-li vzniknout v rozumném časovém úseku a s přijatelnými náklady. Při sestavování české sítě se tedy systematicky využívalo a využívá počítačů a vhodného softwaru, který se vyvíjí v průběhu budování databáze. Při vytváření českého wordnetu se nyní používají následující programové nástroje:

1. Polaris – specializovaný program založený na technologii FLAIM firmy Novell. Je uzpůsoben pro potřeby projektu EuroWordnet-1 a 2, umožňuje jednotným způsobem prohlížet současně sítě slov všech zúčastněných jazyků. Zobrazuje ve formě stromu hyperonyma i hyponyma zvoleného synsetu, v případě hyponym lze zobrazit buď nejbližší následníky, nebo tranzitivně všechna hyponyma. Také je možno provádět projekci vybrané množiny synsetů do jiného jazyka a tak konfrontovat zastoupení jednotlivých sémantických polí v různých jazycích. Program dále umožňuje importovat synsety z přesně definovaného textového formátu, případně exportovat zvolené části databáze do textové podoby.

2. EWN-tools je sada konverzních programů a filtrů umožňující dávkového zpracování dat českého wordnetu. V zásadě umožňují následující:

   (a) konverzi mezi externím textovým formátem programu Polaris a vlastním textovým (databázovým) formátem umožňující efektivnější dávkovou i editační práci s daty,

   (b) automatické doplnění možných českých ekvivaletů k vybraným synsetům Wordnetu 1.5,

   (c) automatické doplnění vztahů ekvivalence v těch případech, kdy uvedený literál anglického slova (resp. anglických slov) toto určuje jednoznačně,

   (d) automatické doplňování ILI-indexů podle symbolického označení vztahu ekvivalence libovolným prvkem synsetu,

   (e) automatické vytváření synsetů českého wordnetu na základě shodnosti ILI-indexů,

(f) třídění synsetů podle slovních druhů a některých dalších gramatických kategorií a opětovné slučování a zatřiďování hesel a synsetů.

3. Lingea Lexicon – program pro efektivní prohlížení anglicko-českého a česko-anglického slovníku firmy Lingea byl doplněn o možnost zobrazování hesel slovníku Wordnet 1.5 včetně všech vnitřně jazykových vztahů, zvláště pak hyperonym a hyponym. Dále umožňuje stejným způsobem prohlížet i český slovník synonym uvedený výše. Lexicon spolu s programem Polaris tvoří základní pomůcky pro interaktivní rozšiřování a zpřesňování databáze české sítě slov.

4. Lemmatizátor – nezbytnou pomůckou při práci je i český a anglický lemmatizátor s názvem LEMMA (Ševeček, 1996). Ten byl použit a používá se např. při zjišťování vhodných kandidátů pro české základní koncepty, pro značkování korpusu ESO (viz výše), ze kterého se získávají frekvenční informace o zastoupení jednotlivých hesel v současné češtině nebo informace pro výpočet pravděpodobnosti souvýskytu určitých hesel, tj. parametru tzv. vzájemné informace (Pala, Rychlý, 1998). Pomocí obrácené funkce lemmatizátoru, tj. generování tvarů, lze rovněž zrekonstruovat základní podobu potenciálních českých kolokací.

7 Sémantické reprezentace vět PJ

Zatímco pro popis syntaktické roviny existuje již v rámci počítačového zpracování přirozeného jazyka řada relativně propracovaných přístupů, jak jsme se snažili výše naznačit i pro češtinu, standardní techniky pro práci s významem vět a výpovědí prakticky neexistují. Následující úvahy budou proto mít poněkud volnější obrysy a půjde v nich spíše o mapování některých aktuálních směrů výzkumu.

Povšimneme si sémantických reprezentací, otázek reference a aplikace principu kompozicionality. Budeme věnovat pozornost algoritmu překladu syntaktických reprezentací na sémantické a případně i některým otázkám spojeným s víceznačností.

7.1 Sémantické reprezentace výrazů přirozeného jazyka

Máme-li vysvětlit schopnost uživatele jazyka rozumět výrazům přirozeného jazyka, musíme postulovat existenci nějaké vnitřní reprezentace významu výrazů

přirozeného jazyka. I když v současnosti nelze dost dobře odpovědět na otázku, jakou konkrétní podobu mají u člověka tyto vnitřní reprezentace významu, z povahy jazykové komunikace a na základě introspekce lze dospět k závěru, že bez postulování sémantických reprezentací se neobejdeme.
Mají-li SR splňovat svůj účel, měly by vyhovovat aspoň následujícím požadavkům:

1. SR by měly umožňovat jednoznačné zachycení významů výrazů přirozeného jazyka (dále PJ),

2. SR by měly umožňovat postižení synonymie (parafráze) výrazů jazyka, tj. situace, kdy různým větám odpovídá jeden význam – jedna SR. Máme tu na mysli např. situace, kdy následující otázky lze zodpovědět jedním způsobem:

   (a) *Kdo měl poměr s ředitelovou ženou?*

   (b) *Kdo spal s ženou ředitele?*

   (c) *Byl to údržbář.*

3. SR by též měly umožňovat přirozené postižení homonymie jazykových výrazů, tj. situaci, kdy jedné větě odpovídá více významů a tudíž jí bude přiřazeno více SR.

Při zkoumání vztahů mezi výrazy jazyka a jejich odpovídajícími SR lze postupovat ve dvou směrech:

1. od výrazů jazyka k hledaným odpovídajícím SR – tento přístup můžeme charakterizovat jako analýzu,

2. od SR (za předpokladu, že existují induktivní pravidla jejich formování) k výrazům jazyka – tento přístup charakterizovat jako syntézu.

V následujících úvahách se budeme zaměřovat spíše na syntézu, ačkoli na této úrovni výkladu není uvedená distinkce podstatná. Svého plného významu nabývá až v okamžiku, kdy se začneme zabývat implementovatelnými algoritmy.

Pokusíme se tedy vést paralelu mezi postulovanou uživatelovou vnitřní reprezentací významu výrazů přirozeného jazyka a tím, co budeme dále nazývat *sémantickou reprezentací* výrazů přirozeného jazyka. Zde bude klíčovou otázkou, jakých prostředků k budování sémantických reprezentací (dále SR) použijeme.

7.2 Formální aparát pro SR – charakteristika TIL

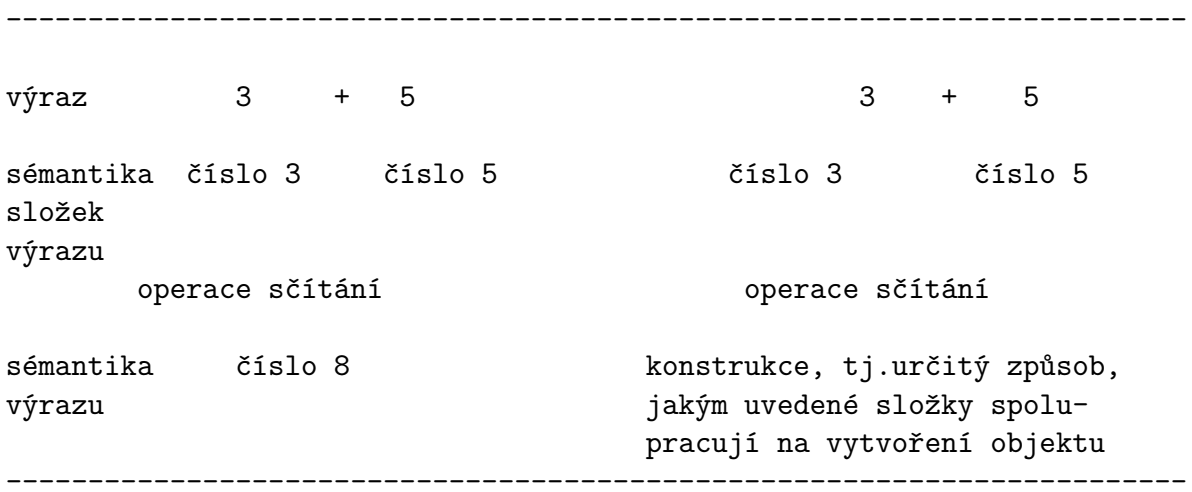
V současných lingvistických teoriích se významy výrazů (slov, slovních spojení, vět) přirozeného jazyka nejčastěji popisují na základě aparátu predikátové logiky 1. řádu (Winograd, 1972, Gazdar, Mellish, 1989). Podle našeho názoru lze však pokládat za dostatečně vyjasněné (viz např. Tichý, 1976, Svoboda, Materna, Pala, 1979, Materna, Pala, Zlatuška, 1989), že predikátová logika 1. řádu (dále PL1) není nejadekvátnějším nástrojem pro zachycení SR, neboť se jí nedostává potřebné vyjadřovací síly – řadu významů běžně vyjadřovaných v kterémkoli přirozeném jazyce nelze prostředky predikátové logiky 1. řádu dostatečně systematicky zachytit. Citované práce přesvědčivě argumentují, že vhodnější k těmto účelům a empiricky adekvátnější je aparát intenzionální logiky, který ve variantě, jíž budeme dále věnovat pozornost, bývá charakterizován jako tzv. transparentní intenzionální logika (dále TIL, Tichý, 1976, Tichý, 1988, Materna, Pala, Zlatuška, 1989[2]).
a) TIL je logický systém založený na určité modifikaci (viz zejména dále pod b)) typovaného lambda kalkulu. Lambda kalkul je logický aparát, který umožňuje manipulaci s funkcemi. Rozumná interpretace tohoto aparátu, který má obecně velké uplatnění v matematice a informatice, je umožněna principem teorie typů, který tvorbu funkcí omezuje na základě výstavby tzv. hierarchie typů a podle něhož funkce nemůže být aplikována např. na sebe samu. Typovaný lambda kalkul manipuluje s funkcemi v souladu s principem teorie typů. Tím, že je založen na neomezené hierarchii typů, je typovaný lambda kalkul vhodným aparátem k překonání nedostatečné expresivity, jaká je vlastní např. PL1.

I jiné systémy než TIL, zejména jiné intenzionální logiky, jsou založeny na aparátu typovaného lambda kalkulu. Pokud však modifikují tento aparát, pak nikdy ve smyslu b), resp. c) (viz dále).
b) TIL je transparentní systém, tj. pro TIL není formální aparát reprezentující způsoby, jakými jsou konstruovány objekty, předmětem studia, nýbrž pouze prostředkem ke studiu těchto *konstrukcí*.

Tímto rysem se TIL odlišuje od všech soudobých logických systémů: zatímco v TIL je formální výraz označením konstrukce, je pro stoupence formalismu tento výraz bezprostředním jménem konstruovaného objektu. Na triviálním příkladu lze tento rozdíl ukázat takto:

`formální pojetí` `TIL`

[2]V následujícím výkladu se budeme opírat o řadu formulací z této práce. Podrobnější charakteristika formálního aparátu TIL je uvedena v příloze v odd. 0.9.5



Vidíme, že pro formalistu neexistuje sémantický *mezistupeň* mezi objekty označenými složkami složeného výrazu a objektem *výsledným*. Pro TIL je sémantika výrazu dána tím, že způsob, jakým je tento výraz strukturován, zobrazuje strukturu konstrukce, jejímiž složkami nejsou složky jazykového výrazu, nýbrž objekty těmito složkami označené. Jak ukázal autor TIL v řadě statí (a zejména ve své monografii, Tichý, 1990), vede ignorování pojmu konstrukce k řadě chyb, nedorozumění i pseudoproblémů.

c) TIL nepreferuje jistá *vybraná* slova jako tzv. *logická slova*, jež by údajně určovala charakter logiky.

Také tento rys je specifický pouze pro TIL (souvisí s rysem b)). V ostatních, formálně budovaných systémech se vždy setkáváme s množinou vyčleněných *konstantních* výrazů, které jsou *logické* a které jedině zajišťují odlišení logicky pravdivých vět, logického vyplývání, logické ekvivalence od ostatních (zřejmě na empirii závislých) vlastností a vztahů. Tak ve výrokové logice jsou logickými slovy logické (výrokové) spojky, v PL1 k nim přistupují kvantifikátory, resp. identita. Tato *logická slova* jsou navíc chápána jako tzv. *nevlastní symboly*, tj. interpretací jim není přiřazován soběstačný význam; význam je přiřazován jen celým složeným výrazům, které je obsahují.

Z tohoto hlediska např. věta

(15) *Pavel je starší než Petr.*

není logicky ekvivalentní větě

(16) *Petr je mladší než Pavel.*,

protože analýza těchto vět v PL1 dává

(15') St(Pavel, Petr), resp.

(16') Ml(Petr, Pavel),

takže se nemůžeme opřít o žádné *logické slovo*, na jehož základě bychom mohli odvodit ekvivalenci (15) a (16). Samozřejmě, i PL1 odhalí logickou souvislost těchto vět tím, že zavede *významový postulát*

(17) $\forall$ xy (St(x,y) $\equiv$ Ml(y,x))

a prohlásí, že (15') je ekvivalentní s (16') za předpokladu (17). Ale (17) je z hlediska intuice logicky pravdivá věta, takže ji nepokládáme za zvláštní předpoklad. Jenže (17) nemůže být z hlediska PL1 logicky pravdivá věta: aby jí byla, musela by být pravdivá ve všech strukturách. Snadno však najdeme takovou strukturu, v níž (17) neplatí; stačí za U zvolit např. množinu přirozených čísel a za relace, jež budou interpretací přiřazeny St, resp. Ml, relace >, resp. $\geq$.

Další charakteristiky TIL se týkají aplikace TIL na analýzu přirozeného jazyka.

d) TIL aplikována na analýzu přirozeného jazyka se stává sémantikou založenou na pojmu možných světů (*possible worlds semantics*).

Tento rys sdílí TIL s nejrozšířenějšími aplikacemi logických systémů na analýzu přirozeného jazyka. Myšlenka využít možných stavů světa, popř. časových okamžiků k definování intenzí jako logicky manipulovatelných objektů se stala v soudobé logické sémantice převládající ideou.

Poznámka:

Termín *možný svět* byl převzat z Leibnize a poprvé v zárodečné moderní podobě použit R. Carnapem. Někdy se mluví i o *množině indexů* (Montague aj.), do níž jsou vedle možných světů a časových okamžiků zařazovány některé další parametry (ponejvíce pragmatické povahy). S kategorií možných světů pracuje i tzv. finská logická škola (J. Hintikka aj.).

e) Univerzum je v TIL chápáno jako množina společná všem možným světům. Tento rys je charakteristický zejména pro TIL; ve většině ostatních koncepcí se uvažuje vedle možných světů i o *možných individuích*, tj. populace individuí je obecně různá v různých možných světech. Tento zdánlivě samozřejmý předpoklad (v některém možném světě existuje Pegas, v jiném ne) byl koncepcí TIL přesvědčivě vyvrácen.

f) Fregeho (Churchovo) rozlišení vztahu denotace jakožto označování (reference) a vztahu vyjadřování *smyslu* je v TIL zrušeno a nahrazeno jiným schématem.

Také tento rys nalezneme u malého počtu jiných systémů; většinou je denotace (označení, pojmenování, reference) vztažena k extenzím a intenze jsou chápány jako výsledek způsobu vyjádření.

Vedle těchto rysů charakteristických pro TIL je třeba se zmínit o specifickém deduktivním aparátu, který je obdobou syntaktického důkazového aparátu v PL1, ale je přizpůsoben transparentní koncepci; neklade důraz na *axiómy*,

je generalizací Gentzenovy *přirozené dedukce* (s touto teorií se lze seznámit např. v Janákově práci, (1973)) na teorii typů a je velmi účinný. Nejjednodušší aplikace tohoto aparátu byla u nás realizována v systému ADAM pro reprezentaci znalostí na počítači CYBER 172. (Viz T. Chrz, 1984).

7.3 Formální aparát – TIL a teorie typů

Předchozí úvahy nás vedou k hledání formálního aparátu vhodného pro sémantickou analýzu výrazů PJ. Jak jsme už naznačili, za takový nástroj pokládáme zmíněný již TIL.
Základními rysy systému TIL jsou:

1. schopnost systematicky překračovat omezení platná v predikátové logice 1. řádu (extenzionální sémantice);

2. důsledný intenzionalismus a z něho vyplývající schopnost přesného definování intenzí a zacházení s nimi;

3. vzhledem k přirozenému jazyku disponuje TIL větší expresívní silou – což plyne z bodu 1.

Podrobnější charakteristiku systému TIL a jeho vlastností, díky nimž je tak zajímavý a vhodný pro sémantickou analýzu PJ, uvádíme samostatně v příloze **Teorie typů**. I zde primárně vycházíme z citované již práce Materna, Pala, Zlatuška, 1989.

7.4 Sémantická analýza výrazů PJ

Jedním z hlavních cílů sématické analýzy PJ je ukázat, jak význam složeného výrazu může být odvozen z významů jeho složek. Je patrné, že velmi vhodným nástrojem k tomu jsou konstrukce uvedené výše.

Analyzovat sémanticky výraz přirozeného jazyka (větu) znamená nalézt konstrukci, která je tímto výrazem vyjadřována. Tuto konstrukci můžeme pak pokládat za sémantickou reprezentaci analyzovaného výrazu. Pokud však výsledkem analýzy není jednoznačná konstrukce, vzniká potřeba konstrukci standardizovat, což se neobejde bez zavedení tzv. „linguistic constructions“ (Hajičová, Materna, Sgall, 1988).

Zajímá-li nás přirozený jazyk jako např. čeština a je-li dána epistémická báze B_L příslušející k tomuto jazyku, lze při budování konstrukcí vyjadřovaných větami tohoto jazyka – budeme jej značit L – postupovat zhruba následovně:

1. Mějme následující českou větu:
   (v18) *Studentka Alena si myslí, že ministr financí je hezčí než ministr zahraničí.*

2. Nejprve se pokusíme zjistit, která slova z (v18) označují atomy nad B_L. Můžeme to učinit tak, že nahlédneme do sémantického slovníku, v němž pro jednoduchost najdeme u příslušných slovních tvarů jejich odpovídající typové charakteristiky.
   – Musíme však počítat s tím, že některá slova v L mohou patřit současně do více kategorií, to platí např. o slovese *být* a dalších. Je potřeba přihlédnout i k okolnosti, že i některé gramatické kategorie (rysy) mohou označovat atomy nad $\mathbf{B}_L$ – gramatické časy, vidy, gramatické číslo.
   – To, co následuje, lze pokládat za minimální fragment takového slovníku. Samostatným problémem je stavba takového slovníku a způsob jeho vytváření – jeden pokus týkající se českých sloves lze nalézt v práci B. Podlezlové-Koželouhové (1974). Další velmi zajímavou analýzu týkající se českých sloves a slovesného času předložila J. Koukolíková (1988).

3. Víceslovné výrazy pokládáme pro jednoduchost za celky.
   studentka Alena: $\mathbf{A}/\iota$ – nálepka individua
   myslet si: $\mathbf{M}/(o\iota o_{\tau\omega})_{\tau\omega}$ – vztah mezi individuem a propozicí
   ministr financí: $\mathbf{F}/\iota_{\tau\omega}$ – individuální koncept
   hezčí než: $\mathbf{Hn}/(o\iota\iota)_{\tau\omega}$ – vztah mezi dvěma individui
   ministr zahraničí: $\mathbf{Z}/\iota_{\tau\omega}$ – individuální koncept.

4. Další krok spočívá v nalezení konstrukce vyjadřované větou (v18) a tabulky funkce, jež je touto konstrukcí konstruována. Protože (v18) je souvětí, začneme nejprve analyzovat vedlejší větu, která je uvozena spojkou *že*. $\mathbf{Hn}$ je vztah mezi individui, $\mathbf{F}$ a $\mathbf{Z}$ však nejsou individua. Budou-li ale aplikována na nějaký svět W v okamžiku S, mohou vytvořit ι-konstrukce, tj. hodnotou $\mathbf{F}$ ve světě W a okamžiku S může být ta určitá osoba, např. právě *Václav K.* a podobně hodnotou $\mathbf{Z}$ může být třeba *Jiří D.* Aplikace $\mathbf{F}$ a $\mathbf{Z}$ na svět W v okamžiku S se uskuteční prostřednictvím ω-proměnné w (možných světů) a τ-proměnné t časových okamžiků. Podobně postupujeme u atomu $\mathbf{Hn}$, což vede ke konstrukci:
   (K1) $(\mathbf{Hn}_{wt}(\mathbf{F}_{wt}, \mathbf{Z}_{wt}))$.

   Jak si lze bez větších obtíží ověřit, výsledná o-konstrukce není uzavřená, obsahuje výskyty volných proměnných w a t. Tato konstrukce v-konstruuje

pravdivostní hodnotu v závislosti na možném světě W a okamžiku S. Další krok spočívá nyní v tom, že použitím λ-operátoru se zbavíme volných výskytů proměnných w a t, a tak dostaneme konstrukci (K2), která již konstruuje propozici:

(K2) $\lambda w \lambda t\ (\mathbf{Hn}_{wt}\ \mathbf{F}_{wt}\ \mathbf{Z}_{wt})$.

Přidání atomů $\mathbf{M}$ a $\mathbf{A}$ vede již ke konstrukci (K3), která je vyjadřována naší větou (v18).

(K3) $\lambda w \lambda t\ (\mathbf{M}_{wt}\ (\mathbf{A}\ (\lambda w \lambda t\ (\mathbf{Hn}_{wt})\ \mathbf{F}_{wt}\ \mathbf{Z}_{wt}))))$.

Vidíme, že (K3) konstruuje objekt $o_{\tau\omega}$ – tedy propozici, což je funkce, která každému možnému světu W v okamžiku S přiřadí nejvýše jednu pravdivostní hodnotu. V těch možných světech a těch okamžicích, v nichž si studentka Alena myslí, že platí propozice konstruovaná konstrukcí (K2), je přiřazenou hodnotou $\mathbf{P}$, v ostatních světech a okamžicích je touto hodnotou $\mathbf{N}$. Konstrukce (K2) konstruuje propozici, v jejíž pravdivost studentka Alena věří a která nabývá hodnoty $\mathbf{N}$ v těch světech a okamžicích, v nichž individuum, které je ministrem financí ($\mathbf{F}_{wt}$), a individuum, které je ministrem zahraničí ($\mathbf{Z}_{wt}$), jsou v relaci, jež je hodnotou vztahu $\mathbf{Hn}$. V těch světech a těch okamžicích, v nichž zmíněná individua v této relaci nejsou, nabývá propozice hodnoty $\mathbf{N}$. Posléze v těch světech a těch okamžicích, ve kterých žádné individuum není ministrem financí nebo ministrem zahraničí (nebo obojí), je propozice nedefinována. Podotkněme k tomu, že v aktuálním světě je tato propozice v přítomnosti definována: české větě vyjadřující konstrukci (K2) lze přiřadit pravdivostní hodnotu. Dodejme ještě, že pravdivost propozice konstruované (K3) nezávisí na pravdivosti propozici konstruované (K2).

7.5 Nástin algoritmu sémantické analýzy

Nyní nás budou zajímat možnosti algoritmizace sémantické analýzy výrazů PJ popsané výše, a to s cílem dospět k sémantickému analyzátoru, který by v úzké návaznosti na již popsaný syntaktický analyzátor budoval pro vstupní české věty jejich odpovídající SR. Navazujeme tu na dřívější experimentální syntaktickosémantický analyzátor pro omezenou podmnožinu českých vět, který byl napsán v programovacím jazyce LISP (Pala, Materna, 1976, Palová-Vaníčková, 1978, Čihánek, 1978, nejnověji se o implementaci jednoduchého sémantického analyzátoru v PROLOGU pokusila Koukolíková, 1988).

Ať už zvolíme přístup $rule\text{-}to\text{-}rule$ (každému syntaktickému pravidlu je přiřazeno odpovídající pravidlo sémantické) či postup $sekvenční$, kdy se nejprve provádí syntaktická analýza, jejímž výsledkem je stromový graf reprezentující syntaktickou strukturu vstupní věty, v každém případě musíme počítat se dvěma okruhy vstupních dat:

1. s informacemi o syntaktické struktuře vstupní české věty v podobě vhodného stromového grafu, který např. může být výstupem z výše popsaného syntaktického analyzátoru. U přístupu $rule\text{-}to\text{-}rule$ by šlo o tytéž informace, z technického hlediska by se s nimi ovšem zacházelo poněkud jinak, neboť některé kroky by se prováděly prakticky současně;

2. s vhodnou formou sémantického slovníku, který v zásadě může obsahovat do značné míry stejné lexikální jednotky jako slovník syntaktický, ovšem s poněkud jinými údaji. Lze ovšem mít i slovník jeden, který při vhodném uspořádání může sloužit oběma částem analýzy, ale to je otázka do značné míry technická a implementační, kterou se zde nebudeme podrobněji zabývat. Zde budeme vycházet z toho, že lexikálním jednotkám jsou v sémantickém slovníku přiřazeny vhodné typové popisy a že tam jsou i další potřebné údaje týkající se např. kvantifikátorů, logických spojek, předložek, částic ap.

Vlastní sémantická analýza může začínat testováním uzlů syntaktického stromu a rysů v seznamech připojených k uzlům. Jak uzly tak rysy obsahují údaje předurčující celkový průběh sémantické analýzy, je v nich totiž obsažena informace, že např. věta je tázací, je v ní budoucí čas, hlavní sloveso je negováno apod.

Po provedení testů tohoto druhu lze standardním způsobem založit kořen sémantického stromu $(o\omega)$ a jeho obligatorní potomky λw a o. Od časových okamžiků τ budeme zatím odhlížet, i když jejich začlenění není spojeno s žádnými zvláštními komplikacemi.

Dalším význačným krokem je analýza slovesné skupiny ve větě. Začíná tím, že pro hlavní sloveso analyzované věty se v sémantickém slovníku najde jeho typová charakteristika. Poté je průběh analýzy do značné míry závislý na výsledcích syntaktické analýzy: dostaneme-li např. ze syntaktické analýzy údaje o tom, že slovesná skupina v analyzované větě je tvořena sponovým slovesem $být$ a jmennou skupinou v nominativu, je slovesné skupině bez dalšího testování přiřazen typ vlastnosti, tj. $(o\alpha)_{\tau\omega}$ (kde α je jakýkoli typ).

Poté se hledají adverbia míry a způsobu. Jsou-li nalezena, připojí se pod slovesnou skupinu a s použitím operace aplikace se vytvoří celkový typ slovesné

skupiny. Pokud jde o typy těchto adverbií, lze pro začátek vyjít z toho, že označují objekty, které mohou být charakterizovány jako vlastnosti vlastností, tj. mohou být spojovány s podobnými objekty jako níže zmíněná adjektiva. Je-li ve větě nalezena (při syntaktické analýze) adverbiální skupina s rysem místa nebo času, založí se pro ni v sémantickém stromu samostatný uzel. U adverbií času jako $včera,\ dnes,\ \ldots$ lze počítat s tím, že označují $(o\tau)\tau$-objekty, i když v této souvislosti se nevyhneme podrobné sémantické analýze gramatických časů a vidů u značného počtu českých sloves, jak je naznačena u Tichého (1980).

Následuje v podstatě nejobtížnější fáze analýzy, jíž je analýza jmenných skupin ve větě. Nejprve se testuje, zda počet argumentů indikovaných typem slovesné skupiny se shoduje s počtem jmenných skupin v syntaktickém stromu věty. Je-li výsledek testu negativní, analýza se vrací zpět ke slovesné skupině, u níž se v sémantickém slovníku snažíme najít další typ. Pokud uspějeme, výše popsaný proces se opakuje. Je-li výsledek testu na počet jmenných skupin ve větě pozitivní, přistoupí se již k analýze jmenných skupin, která u každé jednotlivé skupiny probíhá nejprve zdola nahoru, tj. ve slovníku se vyhledají typy složek tvořících jmennou skupinu (např. `A N` – $chytrý\ poslanec$).

Nejprve je potřeba vyrovnat se s typy adjektiv. Obecně lze počítat s tím, že adjektiva označují $((o\alpha)(o\alpha)_{\tau\omega)_{\tau\omega}}$-objekty pro nějaký typ α: jsou to tedy funkce, které každému stavu světa přiřadí funkci, jež každé vlastnosti α-objektů přiřadí určitou třídu α-objektů, což se uplatní při analýze výrazů jako
(v19) $Můj\ kamarád\ je\ chytrý\ poslanec.$
Druhou možností je, že adjektiva označují $(\iota(o\iota)_{\tau\omega)_{\tau\omega}}$-objekty, což se vztahuje např. k výrazům $nejdemokratičtější\ prezident$ nebo $ten\ chytrý\ poslanec.$

Poznamenejme však, že u výrazů (jmenných skupin) obsahujících demonstrativa či posesiva se nabízí možnost typovou analýzu minimalizovat, neboť tato zájmena vcelku spolehlivě signalizují, že jmenné skupiny, které je obsahují, lze bezpečně analyzovat jako výrazy označující individuální objekty.

Pak se postupem shora dolů (počínaje uzlem NP) činí pokus sestavit výsledný typ celé jmenné skupiny, jenž byl již predikován typovou charakteristikou slovesa získanou v předchozím průběhu analýzy.

Je-li výsledek analýzy všech příslušných jmenných skupin ve větě pozitivní, je sestaven sémantický strom analyzované věty spolu s jeho linearizací, která je hledanou konstrukcí, již analyzovaná věta vyjadřuje. Tuto konstrukci pak můžeme pokládat za sémantickou reprezentaci analyzované vstupní věty.
Po takto provedené analýze mohou nastat dvě situace:

1. Získaná konstrukce (SR) neobsahuje žádné volné proměnné a je tudíž uza-

vřená. V tom případě lze celou analýzu pokládat za definitivně a úspěšně ukončenou.

2. Výsledná konstrukce (SR) obsahuje volné proměnné a je tedy otevřená. Nastane-li tento případ, je nutno přejít k analýze pragmatické, která by měla poskytnout chybějící údaje potřebné k získání uzavřené konstrukce (SR) (viz dále).

Jak lze vidět z předchozího, naznačený algoritmus se přirozeně člení do čtyř modulů, které byly v Čihánkově programu (Čihánek, 1978) realizovány jako lispovské funkce:

1. přípravný modul I – v něm se analyzují slovesné časy, větná negace (spojená s finitním slovesným tvarem) a provádějí se přípravné akce pro analýzu slovesné skupiny;

2. slovesný modul – analyzuje slovesnou skupinu věty a adverbia patřící k hlavnímu (finitnímu) slovesu ve větě, též výrazy s významem místa a času a případně i další;

3. přípravný modul ii – provádí přípravné akce pro analýzu jmenných skupin (nastavení hodnot programových proměnných potřebných pro koordinaci činnosti slovesného a jmenného modulu);

4. jmenný modul – provádí sémantickou analýzu jmenných skupin ve vstupní větě, tj. sestavuje na základě syntaktických informací jejich výsledné typy a začleňuje je do typu získaného již dříve při analýze slovesné skupiny věty. Dokončuje celou analýzu, tj. vytváří výsledný sémantický strom a jemu odpovídající linearizaci hledané konstrukce – sémantické reprezentace vstupní věty a podle potřeby i jejich grafické podoby.

7.6 Poznámky k sémantické roli jmenných skupin

Typickou funkcí singulární `np` ve větě zhruba je označovat nějaký objekt univerza promluvy, který je relevantní v dané komunikační situaci. Z hlediska počítačové analýzy je problémem skutečnost, že `np` může být ve větě víceznačná nebo neurčená. Nicméně lze počítat s jistými základními regularitami, pokud jde o hlavní funkce `np`. (V těchto úvahách počítáme spíše s extenzionálním pojetím reprezentace objektů v reprezentaci daného výseku světa, i proto, že konkrétní počítačové reprezentace výseků světa zatím plné intenzionální pojetí neumožňují, neboť nejsou vybaveny koncepty (intenzemi) jako rozpoznávacími procedurami.)

1. neurčité np, např. *nové kolo*, *nějaké děti*, *tři docenti*, jsou obvykle extenzionálně chápány tak, že označují specifický objekt nebo jejich množinu, u nichž se předpokládá, že jsou pro adresáta nové. Z hlediska algoritmického popisu (a odpovídajícího počítačového programu) to znamená, že v dané reprezentaci světa se vytvoří nový vnitřní symbol, který bude označovat příslušný objekt, a přidá se do aktuální reprezentace daného výseku světu. Máme-li větu
   (v20) *Karel si koupil* nové kolo.,
   do aktuální reprezentace světa se poznamená něco jako
   `kolo(k1)`
   `nový(k1)`
   `vlastnit(karel, k1).`

2. dále se neurčitých np užívá v nespecifických kontextech pro označení objektů, které mohou nebo nemusí existovat, např. ve větě
   (v21) *Karel si* chce *koupit* nové Shimano.
   jde podle extenzionalistů o tzv. nepřímý (opaque, oblique) kontext, který je spojen se slovesy jako *věřit, chtít, myslet, doufat, přát si* aj.

3. neurčitých np lze též (extenzionálně vzato) užít genericky k označení třídy objektů jako např. ve větě
   (v22) Nové kolo *vyžaduje pravidelnou údržbu.*
   – Typické jsou konstrukce se slovesem *být* nebo *stát se*, jichž se často užívá k vyjádření skutečnosti, že (extenzionálně) daný individuální objekt patří do nějaké třídy (má nějakou vlastnost), např.
   (v23) *Ta hromádka zkrouceného kovu je* nové kolo.
   (v24) *Shimano XJ je* nové kolo.

4. určité np mají někdy užití, které je dosti podobné neurčitým np, např. np ve (v25) označuje konkrétní objekt, ve (v26) jde o užití generické
   (v25) *Karlovi se přestalo líbit* to nové Shimano*, co si koupil.*
   (v26) Jaguár *je příbuzným* leoparda*, který žije v Jižní Americe.*

5. Určité np nezřídka hrají roli deskripcí, které v terminologii intenzionální sémantiky označují individuální koncepty (tzv. offices), např.
   (v27) Výrobce tohoto kola *by měl být volán k odpovědnosti.*
   Np tohoto typu obvykle umožňují identifikovat denotát bez větších komplikací, pro extenzionální pojetí však představují nemalé potíže.

6. zájmena, resp. koncovky verba finita, odkazují zpět k individuálním objektům které byly v promluvě uvedeny předchozími np. Tak např.
   (v28) *Karel si v dražbě koupil* staré Shimano XJ.
   Bylo už pěkně ojeté.
   – O poněkud jinou situaci jde v následujícím případě, i když se tváří do jisté míry podobně jako předchozí
   (v29) *Karel si chtěl opatřit* láhev s džinem.
   Doufal∅, že mu *bude uklízet byt.*
   Zde se zájmenná a „koncovková" reference týká individuálního konceptu a individua, navíc np *láhev s džinem* je víceznačná, takže zjištění korektní reference prostřednictvím koncovky 3. os. sg. může být velmi nesnadné, jestliže daná reprezentace světa neobsahuje žádné údaje o pohádkových bytostech.

7. poznamenejme však, že np se objevují též v konstrukcích typu
   (v30) Žádný řidič *nepřipustí, že je horší než* nějaká ženská.,
   v nichž ovšem nelze mluvit o referenci jako takové – tyto np vyžadují jiný typ analýzy, neboť se vztahují k logickým kvantifikátorům (obecnému a existenčnímu) a navíc jsou ještě spojeny s operátorem negace.

8. V dosud uvedených příkladech jsme věnovali pozornost výlučně oznamovacím větám. U otázek a rozkazů lze očekávat interpretaci neurčitých np jako deskripcí objektů, které by adresát měl identifikovat v průběhu procesů tázání se a odpovídání a rozkazování a provádění rozkazů, např.
   (v31) *Je ta tvoje kniha* v pokoji na stole?
   (v32) *Dej tu jeho knihu* do pokoje na stůl!

Pokusili jsme se naznačit některé základní funkce np v oblasti reference a nyní vzniká otázka, jak se s těmito otázkami vyrovnat v rámci počítačového modelu porozumění PJ. Situace je o to nepříjemnější, že syntaktické prostředky neposkytují příliš často jasná vodítka pro rozpoznání příslušné funkce np (jako je tomu např. u konstrukcí se slovesem *být*. Adresát je většinou odkázán na znalost tématu konverzace a kontextu a z nich musí odvodit příslušnou funkci np. V počítačových modelech se však zjednodušeně počítá jen s np a zájmeny, které se vyznačují konkrétní referencí, dále s tím, že neurčité np jsou specifické nebo v případě otázek a rozkazů nespecifické. Přes tyto simplifikace jsou problémy s interpretací np v netriviálních kontextech značné.

7.7 Referenční role funkční perspektivy větné

Obvyklým cílem pronesení oznamovací věty je sdělit novou informaci, která adresátovi není dosud známa. Aby si adresát mohl integrovat tuto informaci do své zásoby existujících znalostí, může mu mluvčí poskytnout jisté množství známé informace, kterou již adresát disponuje (Sgall, Hajičová, 1985). Např. ve větě
(v33) *Posledně jsem mu vysvětloval principy českého slovosledu.*
adresát pravděpodobně ví, že výraz *mu* odkazuje k jednomu z mých studentů a že jsem to byl *já*, kdo vysvětloval. Nová informace se pak týká toho, co bylo vysvětlováno.

V jakém smyslu je distinkce nového (rématu) a známého (tématu) (Firbas, 1971, Sgall, Hajičová, Buráňová, 1980) relevantní pro (sémantickou) interpretaci jmenných skupin? Za předpokladu, že vedeme konverzaci s partnerem, který je kooperativní, může adresát očekávat, že nová a známá informace bude nějak vyznačena a známá informace bude vskutku odpovídat tomu, o čem je mluvčí přesvědčen, že adresát už ví.

Má-li počítačový systém korektně identifikovat známou informaci, měl by také testovat, že tato informace je konzistentní se základní bází znalostí, což mu umožní řešit případné víceznačnosti. Navíc, je-li jasně vyznačena i nová informace, systém může reagovat tím, že si ji doplní do svého modelu světa. Výraz *mu* tedy označoval mého studenta *Petra Nováka* a v tomto ohledu sotva může vzniknout nějaká nejednoznačnost.

Opozice určitosti–neurčitosti je často vodítkem pro rozlišení nového a známého. Např. ve větě
(v34) *Ten profesor zkoušel nějakého studenta.*
očekáváme (není-li k dispozici další kontext, který by naznačoval něco jiného), že *ten profesor* byl již zmíněn v konverzaci nebo je znám z kontextu, zatímco *nějaký student* se v konverzaci objevuje poprvé. Ne vždy je však situace tak jednoznačná a podobné jmenné skupiny často nesou i novou informaci. Jako příklad lze uvést
(v35) *Petr Novák nebyl včera ve škole.* Tento úspěšný student orientující se na otázky českého slovosledu *mě na dnešním semináři zklamal.*,
kde vyznačená jmenná skupina jednak odkazuje k již zmíněné osobě a jednak o ní přináší novou informaci.
Dovedeme-li ve větě identifikovat známou informaci, můžeme jí využít k omezení množiny možných referentů u jmenných skupin. Ve větě o Petrovi (v33), kterému profesor vysvětloval pravidla českého slovosledu, dativní pronominální skupina musí odkazovat k někomu, kdo je student. Kdyby daná jmenná skupina

byla víceznačná, mělo by smysl zjistit si implicitní presupozice potřebné k tomu, aby nová informace dávala smysl. Např. by nebylo konzistentní říci, že je něco lokomotiva, bylo-li již známo, že to je člověk nebo robot; podobně by bylo poněkud nekoherentní tvrdit o někom, že je předseda vlády, víme-li již, že jde o vysokoškolského studenta. Presupozice tohoto druhu lze ověřovat dopřednými inferenčními pravidly, která testují výskyt kontradikcí, např.:

dopravní-prostředek(X) **if** lokomotiva(X)
počet-nohou(X,2) **if** člověk(X)
počet-nohou(X,2) **if** robot(X)
kontradikce **if** dopravní-prostředek(X) & počet-nohou(X,2)
různé(X,Y) **if** uvnitř(X,Y)
kontradikce **if** různé(X,X)
Tato pravidla nám bezprostředně pomohou odhalit kontradikci, když se pokusíme zpracovat následující zájmenné referenty:
Robot předváděl nového Jaguára.
Byl *to* automobil.
(* "to" → robot)

Robot má dvě nohy.
Je *to* student.
(* "to" → robot)

Další způsob, jak testovat takové presupozice, představují zpětné inference. Kdykoli se chystáme doplnit do znalostní báze nějakou novou informaci, musíme testovat, zda je konzistentní s tím, co je již známo (uloženo v bázi). Postačující zpětná pravidla konzistence by mohla mít např. následující podobu:
konzistentní (lokomotiva(X)) **if** (dopravní-prostředek(X)) & ...
konzistentní (uvnitř(X,Y)) **if** (různé(X,Y)) & ...

Pravidla pro testování konzistence musejí přihlížet k pořadí, v němž bude pravděpodobně přicházet informace o objektech komunikace. Je možné, že zjistíme, jakého druhu objekt je, např. že to je dopravní prostředek, se dovíme dříve, než že jde o lokomotivu. Pak můžeme uplatnit předchozí pravidla, která potvrzují konzistenci – lokomotiva je typem dopravního prostředku.

Dovíme-li se však, že objekt je lokomotiva dříve, než je známo, o jaký typ objektu jde, pak první pravidlo ke stanovení konzistence nepostačuje. Naše pravidla konzistence (významové postuláty) ve skutečnosti nevyjadřují generalizace o světě, ale jsou to heuristická metalogická pravidla pro speciální případy, u nichž je nepravděpodobné, že by nová informace byla v kontradikci s tím, co je již známo.

Smysl jejich použití je v tom, že mohou produkovat kandidáty na referenty, a méně již vést k zamítnutí referentů nevhodných či vysloveně chybných.

Efektivnější ovšem je snažit se přímo vydedukovat (najít) množinu propozic, které by měly být pravdivé, aby daná věta dávala smysl. Pak můžeme zamítnout nebo nepreferovat možné interpretace, které nepodporují pravdivost těchto propozic.

V praxi se často vyskytují situace, kdy formulace presupozic umožňuje adresátovi přímo provádět jednoduché inference, např. :

Marie má dvě děti, kluka a holku.
Dcera *bude letos maturovat.*
Můj kamarád koupil auto z druhé ruky.
Motor *je v dobrém stavu, ale* karosérie je shnilá.

Vhodná inferenční pravidla, která by měla být součástí našeho modelu porozumění jazyku, by mohla vypadat takto:
dcera(X) **if** dcera(X,Y)
dcera(X,Y) **if** děvče(X) & dítě(X,Y)
motor(motor(X)) if dopr.-prostředek(X)
karosérie(karosérie(X)) if dopr.-prostředek(X)

Pravidla tohoto typu umožňují učinit závěr, že je-li dopr.-prostředek17 dopravní prostředek, pak existuje objekt motor(dopr.-prostředek17), který je motorem dopravního prostředku. Užito dopředně vytvoří toto pravidlo automaticky objekt – motor, kdykoli se na scéně objeví dopravní prostředky. Při zpětné inferenci uvede na scénu motory dopravních prostředků tak, aby cíl inference byl splněn.

Prezentovaný pohled na distinkci známé (téma) – nové (réma) vychází, jak patrno, především z pozice porozumění přirozenému jazyku. S problémy podobného typu se ovšem musí vypořádat i jazykový generátor, u něhož je potřeba, aby explicitně poskytoval dostatečné množství tématických prvků (formálně signalizovaných osobními a ukazovacími zájmeny, koncovkami verba finita – povšimněme si tu zajímavé koincidence – zmíněné prvky hrají dvojí roli: signalizují téma a současně hrají svou roli deiktickou –, částicemi a některými dalšími prostředky), takže nebude docházet k chybnému přiřazování mezi příslušnými výrazy a jim odpovídajícími referenty.

8 Pragmatická rovina

Podrobná analýza vět přirozeného jazyka přesvědčivě ukazuje, že ani detailní sémantická analýza vět PJ, jak byla naznačena výše, nevyčerpává ještě plně problém porozumění větám PJ. Věty lze dále zkoumat z hlediska uživatele jazyka a z hlediska postojů, které uživatel (dále UJ) může zaujímat k sémantickému jádru věty, jímž pro nás, jak jsme už naznačili, je konstrukce + funkce konstrukcí konstruovaná. Zkoumání těchto otázek konstituuje pro nás oblast, kterou budeme dále nazývat interní (vnitřní) pragmatika.

I když přihlédneme k postojům UJ, i tak značná část vět PJ ještě nebude umožňovat jednoznačnou sémantickou interpretaci, pokud navíc nebudeme respektovat skutečnost, že vět se užívá v konkrétních komunikačních situacích a kontextech. Samotná sémantická analýza ukazuje, že mnohé věty jsou sémanticky neurčité, neboť neoznačují určitou konkrétní konstrukci, jak bychom očekávali, nýbrž nějakou otevřenou konstrukci. Zkoumání tohoto okruhu problémů konstituuje pro nás externí (vnější) pragmatiku.

8.1 Interní pragmatika

Ukázali jsme výše, že z hlediska sémantiky věta vyjadřuje konstrukci a denotuje propozici. Taková analýza ještě není úplná a snadno se lze přesvědčit o tom, že věta obsahuje ještě další informaci, která se týká UJ. Ve větě vždy najdeme specifické formální prostředky, které signalizují, že:

1. UJ pokládá propozici, kterou daná věta označuje, za pravdivou v nějakém (obvykle aktuálním) světě W a okamžiku S, pak jde o tvrzení formálně signalizované např. indikativem,

2. UJ chce zjistit, jaká je pravdivostní hodnota dané propozice – pak jde o empirickou otázku, a to buď o otázku zjišťovací, nebo o otázku doplňovací,

3. UJ chce, aby propozice odpovídající dané větě byla v aktuálním světě a okamžiku S pravdivá – potom jde o rozkaz formálně signalizovaný imperativem,

4. UJ si přeje, aby propozice odpovídající dané větě byla pravdivá v aktuálním světě a okamžiku S – pak jde o přání.

Můžeme tedy říci, že mimo to, co vyjadřuje a označuje, věta demonstruje uvedené postoje UJ. Soubor demonstrovaných postojů tvoří to, co bychom mohli nazvat prostor postojů.

Výše uvedené postoje představují široké modality, tj. postoje které mohou být demonstrovány ve větách deklarativním, interogativních, imperativních, dezideretivních a dalších (např. typu nabídky, slibu, odmítnutí).

Dalším druhem postojů jsou jistotní modality, tj. postoje demonstrující subjektivní míru pravděpodobnosti toho, že daná propozice v aktuálním světě a okamžiku S platí. Formálními prostředky tu jsou modální slovesa ($muset$, $moci$, $mít$) a modální adverbia a částice typu asi, $snad$, $možná$, $jistě$, $určitě$. Lze uvažovat ještě o dalších druzích postojů, jak jsou naznačeny např. v práci Materna, Pala, Svoboda, 1979.

8.2 Externí pragmatika

Výsledkem sémantické analýzy vět jsou často tzv. otevřené konstrukce, tj. konstrukce, v nichž se vyskytují volné proměnné. V takových případech sémantická analýza nedostačuje k určení, o kterou konkrétní propozici jde, a proto je nutno přejít k analýze pragmatické. Otevřené konstrukce odpovídají vždy nějaké třídě propozic – jsou tudíž víceznačné. Volné proměnné se v konstrukcích objevují zpravidla tam, kde se v odpovídajících analyzovaných větách vyskytly výrazy v literatuře charakterizované jako deiktické (indexové). Patří k nim např. osobní zájmena $já$, ty, on, my, ..., ukazovací zájmena ten, ta, to, $tenhle$, $tamten$, ..., místní adverbia zde, $tady$, tam,...

Deiktické výrazy odkazují ke komunikační situaci, v níž je příslušná věta proslovena. Komunikační situace umožňuje určit, jaké konkrétní atomy (konstanty) mají být dosazeny za volné proměnné získané v průběhu sémantické analýzy při budování SR analyzované věty. Teprve tak získáme uzavřené konstrukce, jež konstruují konkrétní propozice.

Komunikační situaci můžeme charakterizovat jako vektor $(t, l, m, h, o_1, ..., o_n)$, kde

t – je časový okamžik

l – je nějaké místo (prostor)

m – je mluvčí

h – je posluchač

$o_1, ..., o_n$ – jsou objekty univerza, o nichž se právě (v dané větě) mluví.

Pro jednotlivé složky věty

(v36) *Ona je studentka.*
nechť máme v sémantickém slovníku následující typy:

být studentkou $\mathbf{S}/\ (o\iota)_{\tau\omega}$ – vlastnost individuí

ona x/ι – proměnná individuí

Větě (v36) pak odpovídá otevřená konstrukce
(K4) $\lambda w \lambda t(S_{wt}(x))$.
Abychom zjistili, která konkrétní propozice je konstrukcí (K4) konstruována, musíme vzít v potaz konkrétní komunikační situaci KS_3, jež určuje, kdo je individuum, o němž se mluví ve (v36).

Lze to učinit pomocí pragmatické funkce F_{ona}, jejímž oborem je množina komunikačních situací. Funkce F_{ona} určuje, jaká valuace má být vybrána pro větu (v36). Konstrukci (K4) můžeme s použitím funkce F_{ona} zapsat následujícím způsobem:
(K5) $\lambda w \lambda t\ (\mathbf{S}_{wt}(x[F_{ona}]))$.
Jestliže se v situaci KS mluví o individuu $\mathbf{AN}$, je $F_{ona}(S) = \mathbf{AN}$ a konstrukce (K5) pak vypadá takto:
(K6) $\lambda w \lambda t\ (\mathbf{S}_{wt}(\mathbf{AN}))$.
Ta již je uzavřená a konstruuje konkrétní propozici, jíž odpovídá např. věta
(v36a) *Alena Nováková je studentka.*
Tím jsme naznačili jeden možný průběh pragmatické analýzy vět, jako je (v36), v rámci externí pragmatiky, neodpověděli jsme tím však ještě na otázku, jak obecně budovat pragmatické funkce, tj. jak obecně budovat algoritmus přechodu od sémantiky k externí pragmatice.

Pokusme se aspoň stručně nastínit, jak by se v tomto směru dalo postupovat s ohledem na systémy pro porozumění přirozenému jazyku. V každém případě se lze opírat o deiktické výrazy a už při syntaktické a sémantické analýze se pokusit o vymezení komunikační situace jako celku. K tomu je potřeba určit hodnoty jednotlivých proměnných konstituujících komunikační situaci jako celek, tj.:

1. nalézt nebo stanovit hodnotu proměnné t, což může spočívat ve zjištění nebo zadání daného data včetně konkrétního časového okamžiku – zde jsou východiskem gramatické časy a další časové výrazy, ostatně všechny počítačové systémy (operační systémy zejména) jsou dnes vybaveny hodinami a kalendářem, takže potřebné informace o čase dané komunikace mohou být snadno k dispozici,

2. určit hodnotu proměnné l, tedy explicitně identifikovat místo, na němž

daná komunikace probíhá. Na rozdíl od časových údajů není tato informace vyjadřována gramatickými prostředky, ale jen lexikálně jistými typy adverbií, případně dalšími výrazy. V současných počítačových systémech není informace o místě pokládána za relevantní, nicméně pro komunikaci v přirozeném jazyce bude nevyhnutelné s ní počítat,

3. identifikovat hodnoty proměnných m a h, tj. zjistit, kdo je v dané komunikační situaci $mluvčím$ a kdo $posluchačem$ a jaký mají vztah k objektům $o_1, ..., o_n$, což je spolehlivě signalizováno prostředky vyjadřujícími gramatické osoby (osobní zájmena a koncovky verba finita),

4. určit, o kterých objektech univerza jde v dané promluvě řeč, znamená nalézt jejich referenci, tj. provést sémantickou analýzu dané promluvy. Tento krok je úzce spojen s přechozími body, ale na tomto místě je obtížné stanovit posloupnost jednotlivých akcí, které povedou nejen k získání sémantické reprezentace dané výpovědi, ale také zajistí provázání s komunikační situací, i když je zřejmé, že nejnadějnější řešení by mělo směřovat k paralelnímu zpracovávání předchozích tří bodů.

9 Dialogové systémy, inference

9.1 Analýza promluvy, promluvové objekty

9.2 Anafora, anaforické vztahy

9.3 Odkazovací výrazy, rozpoznávání antecedentů

9.4 Historie promluvy a promluvový zásobník

9.5 Segmenty v promluvě

10 Závěr

Pokusme se shrnout výše uvedené výsledky. V oblasti české morfologie se nám podařilo vytvořit algoritmický popis české deklinace a konjugace pokrývající odhadem 80 % české slovní zásoby – náš současný slovník českých kmenů kmenů čítá něco přes 170 000 položek. V algoritmickém popisu se dále propracovává systém vzorů, zejména u sloves dochází k propojení vzorů s prefixy včetně začlenění popisu vidů, což vede k výraznému zpřehlednění této části popisu zahrnující asi 70 000 českých sloves a také k jeho další optimalizaci (zkrácení o více než 50 %). K dispozici již je první verze lemmatizátoru, který byl začleněn do první varianty počítačového synonymického slovníku češtiny (v rozsahu kolem 20 000 hesel) a po dokončení potřebných úprav bude existovat i jako samostatný modul použitelný např. v rešeršních systémech a dalších vhodných aplikacích. Práce na algoritmickém popisu bude dále pokračovat zejména v oblasti slovotvorby, v níž bychom rádi dospěli k vytvoření slovotvorného automatu, tj. programu, který by modeloval hlavní slovotvorné procesy v češtině a měl by schopnost interaktivně se učit.

Jak jsme ukázali v další části práce, využili jsme příznivých vlastností PROLOGU a v programu KLARA naznačili integraci algoritmického popisu morfologie a syntaxe. V programu KLARA II je pak tento postup ilustrován na českých slovesech označujících komunikaci a je ho využito i pro vytvoření jednoduchého, avšak dostatečně zajímavého programu překládajícího věty se slovesy komunikace z češtiny do angličtiny. Naším nejbližším cílem v tomto ohledu je pokusit se o integraci české morfologie a syntaxe na kvalitativně vyšší úrovni dané velkým rozsahem slovníku, s nímž je již schopen pracovat morfologický analyzátor, a vytvořit syntaktický analyzátor (generátor) schopný pracovat se souvislými českými

texty (v aplikaci použitelný např. jako gramatický korektor).

Pokud jde o rovinu sémantickou, využili jsme dřívějších výsledků a pokusili jsme se naznačit jednu z možných cest, která může vést k integraci syntaxe a sémantiky a posléze i pragmatiky. Zde prezentovaný přístup se v daném okamžiku pohybuje více v oblasti teoretického hledání než přímých počítačově orientovaných aplikací, i když v dílčích úsecích jsou již docela dobře možné. Ukazuje se, že při práci na integraci morfologie a syntaxe bude vhodné a potřebné orientovat se současně i na začlenění sémantiky do takto naznačeného analyzátoru. Stejně tak je zřejmé, že v oblasti sémantiky se neobejdeme bez nemalé práce empirické, která se týká jednak otázek lexikálních včetně získávání dat ze strojově čitelných slovníků a jednak sémantické analýzy víceslovných výrazů a vět s využitím TILU.

V tomto bodě citelně pociťujeme nedostatek vhodného a uživatelsky „přítulnějšího“ programového vybavení pro práci s gramatikami a reprezentacemi znalostí, které by umožnilo zajímavé a k dalšímu poznání vedoucí experimenty v naznačené oblasti. Nevyhnutelná je jak těsná spolupráce s kvalitními odborníky v oblasti počítačové vědy a AI, tak i kvalitní technické vybavení, což je v současnosti především záležitost dostatečných finančních prostředků.

Literatura

Akademická mluvnice češtiny, ed. Petr, J., kol. autorů, Mluvnice češtiny 1,2,3, Praha 1986.

Benešovský, M., Šmídek, M., Testování programů, sb. semináře SOFSEM 1984, VUSEIAR Bratislava, 1984.

Bierwisch, M., Strukturelle Semantik, in: Deutsch als Fremdesprache 6, Heft 2, s.67, 1969.

Clocksin, W., Mellish, Ch., Programming in PROLOG, Springer-Verlag, Berlin, 1981.

Colmerauer, A., Metamorphosis grammars, in: *Natural Language Communication with Computers*, ed. L. Bolc, Springer Verlag, s.133-89, 1978.

Čermák, F., Králík, J., Pala, K., Počítačová lexikografie a čeština *(Počítačový fond češtiny)*, Slovo a slovesnost, 53, 41-48, 1992.

Čermák, F., Holub, J., Syntagmatika a paradigmatika českého slova I (Valence a kolokabilita), skriptum LŠSS, UK Karolinum, Praha 1991.

Čihánek, P., Sémantický analyzátor pro češtinu, rigorózní práce, Brno 1978.

Dahl, V., Abramson, H., On gapping grammars, in: Proceedings of the Second Int. Conference on Logic Programming, Ord & Form, Uppsala, Sweden, s.77-88, July 1984.

Daneš, F., Hlavsa, Z., Větné vzorce v češtině, Academia, Praha, 1981.

Dokulil, M., Daneš, F., *K tzv. významové a mluvnické stavbě věty*, in: O vědeckém poznání soudobých jazyků, Praha, s.231-246, 1958.

Fillmore, Ch., J., The case for case, in: *Universals in Linguistic Theory*, E. Bach and R. Harms, eds., Holt, Rinehart & Winston, New York, s.1-88, 1968.

Firbas, J., *On the Concept of Communicative Dynamism in the Theory of FSP*, SBPFFBU, A 19, Brno, s.135-144, 1971.

Frege, G., Über Sinn und Bedeutung, in: Zeitschrift für Philosophie un philosophische Kritik (Halle) 1892, NF 100, s.25-50.

Gazdar, G., Mellish, Ch., Natural Language Processing in: PROLOG, Addison Wesley,, Wokingham, 1989.

Grepl, M., Karlík, P., *Skladba spisovné češtiny*, SPN, Praha, 1987.

Grosz, B., J., The representation and use of focus in dialogue understanding, PhD. dissertation, University of California at Berkeley, 1977.

Hajič, J., Drozd, J., Spelling-Checking for Highly Inflected Languages, sb. konference COLING'90, Helsinki, 1990.

Hajičová, E., Sgall, P., Towards an automatic identification of topic and focus, *ACL Proceedings, Second European Conference*,s.263-7, 1985.

Havránek, B., Jedlička, A., *Česká mluvnice*, Academia, Praha, 1960.

Church, A., Introduction to mathematical logic, Princeton 1956.

Katz, J., J., Fodor, J., A., The structure of a semantic theory, Language 39, 1963, 170-210.

Komárek, M., Ke dvěma koncepcím stavby jednoduchých slovesných tvarů v češtině. Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Studia Bohemica IV. Praha 1987.

Konečná, D., Algoritmické popisy českých slovesných tvarů, disertační práce, FF UK Praha, 1964.

Koskenniemi, A general computational model for word form recognition and production, COLING-84, s.178-81, 1984.

Kulagina, O., S., Mel'čuk, I., A., Mašinnyj perevod s francuzskogo jazyka na russkij, Voprosy jazykoznanija 5, Moskva, 1956.

Machová, S., Havel, I., M., Pala, K., Komunikace s počítačem v přirozeném jazyce, Materiály semináře SOFSEM 1978, VUSEIAR Bratislava, 1978.

Machová, S., Říha, A., Computer testing of generative grammar, PBML 29, Praha, s.43-58, 1978.

Materna, P., An Intensional approach to questions, *Kybernetika* 15, s.161-192, 1979.

Materna, P., Pala, K., *Theoretical framework for syntax and semantics*, Sborník celostátní konference o kybernetice, Praha, 1976.

Materna, P., Pala, K., Svoboda, A., Externí a interní pragmatika, Otázky slovanské syntaxe IV/1, 53-60, Brno, 1976.

Materna, P., Pala, K., Svoboda, A., The ordered-triple theory continued, Brno Studies in English 13, 119-165, 1979.

Materna, P., Sgall, P., Hajičová, E., „Linguistic constructions" in transparent intensional logic, in: Categorial Grammar, ed. by W. Buszkowski, W. Marciszewski and J. van Benthem, John Benjamins Publishing Co., Amsterdam/Philadelphia, s.283-300, 1988.

Mel'čuk, I., A., Avtomatičeskij sintaksičeskij analiz, Novosibirsk, 1964.

Minsky, M., A framework for representing knowledge, in: *Mind Design*, ed. J. Haugeland, MIT Press, Cambridge, 95-128, 1981.

Montague, R., Formal Philosophy, ed. by R. H. Thomason, Yale University Press, New Haven and London, 1974.

Osolsobě, K., Algoritmický popis české formální morfologie substantiv a adjektiv, rukopis pro SBPFFBU, Brno 1988.

Osolsobě, K., Model vybraných slovotvorných typů (v jazyce PROLOG), rukopis, Brno 1990.

Osolsobě, K., Popis systému českých substantivních a slovesných vzorů, rukopis disertační práce, Brno, 1991.

Osolsobě, K., Pala, K., Czech Stem Dictionary for IBM PC XT/AT, Conference on Computer Lexicography, Balatonfüred, September 1990.

Osolsobě, K., Pala, K., Základy počítačové lingvistiky, vš. skriptum, FF MU, Brno 1992.

Pala, K., O procedurální gramatice (pro češtinu), SBPFFBU, A 30, 103-122, Brno 1982.

Pala, K., O sémantických reprezentacích, SBPFFBU, A 32, 24-35, Brno 1984.

Pala, K., Osolsobě, Franc, S., Česká morfologie a syntax v PROLOGU, SOFSEM 1987, VUSEIAR. Bratislava 1987.

Páleš, E., SAPFO – systém pre komunikáciu v prirodzenom jazyku, dipl. práce, MFF UK, Bratislava, 1988.

Palová-Vaníčková, I., Syntaktický analyzátor pro češtinu, rigorózní práce, Brno 1977.

Panevová, J., *Random generation of Czech Sentences,* Proceedings of COLING 82, ed. by J. Horecký, Academia, Praha 1982.

Panevová, J., *Verbal frames revisited*, PBML 28, s.55-72, 1978.

Pereira, Fernando, C., N., Warren, David, H., D., 1980, Definite clause grammars for language analysis – a survey of the formalism and a comparison with ATN, *Artificial Intelligence*, 13, 231-78.

Piťha, P., *On the case frames of nouns*, PSML 7, Academia, Praha, s.215-224, 1981.

Podlezlová-Koželouhová, B., Sémanticky orientovaný generativní popis českých sloves nepřechodných, diplomová práce, FF MU Brno, 1974.

Quillian, M., R., Semantic memory, in: *Semantic Information Processing*, ed. by M. Minsky, MIT Press, Cambridge, Mass., s.227-270, 1968.

Sgall, P., Soustava pádových koncovek v češtině, AUC – Slavica Pragensia 2, s.65-84, 1960.

Sgall, P., Generativní popis jazyka a česká deklinace, Academia, Praha 1967.

Sgall, P., a kol., Úvod do syntaxe a sémantiky, Academia, Praha, 1985, s.9.

Sgall, P., et al, The Meaning of the sentence in its semantic and pragmatic aspects, Academia, Prague, 1986,

Sgall, P., Hajičová, E., Buráňová, E., Aktuální členění věty v češtině, Academia, Praha, 1980.

Schank, R., Conceptual dependency: a theory of natural language understanding, *Cognitive Psychology*, 3, 552-631, 1972.

Slovník spisovného jazyka českého, Academia, Praha, 1960, 1989.

Ševeček, P., Morfologické programy pro češtinu: analyzátor a lemmatizátor, rkp., 1992.

Šmilauer, Vl., *Novočeská skladba*, SPN, Praha, 1969.

Tichý, P., Introduction to intensional logic, rukopis, University of Otago, 1976.

Tichý, P., The Semantic of episodic verbs, *Theoretical Linguistic* 7, s.263-296, 1980.

Tichý, P., The foundations of Frege's Logic, de Gruyter, Berlin – New York, 1988.

Wampler, B., E., and the RSI Software Engineering Staff, GRAMMATIK IV, v. 1, Software International, 1989.

Winograd, T., *Understanding Natural Language*, Academic Press, New York, 1972.

Woods, W., 1973, Progress in natural language understanding: an application to lunar geology, *AFIPS Conference Proceedings*, 42, 441-50.

Osolsobě, K., Algoritmický popis české formální morfologie, disertační práce, Brno 1996.

Panevová, J., On Verbal Frames in Functional Generative Description, Part I, II, The Prague Bulletin of Mathematical Linguistics 22, pp.3-39.

Pala, K., Všianský J., Slovník českých synonym, NLN Praha, 1995,

Petr, J., a kol., Mluvnice češtiny I, II, Academia Praha, 1986,

Slovník spisovného jazyka českého, Academia Praha, 1.vyd. 1960, 2.vyd. 1989

Somers, H., L., Valency and Case in Computational Linguistics, eds. S. Michaelson and Y. Wilks, Edinburgh Information Technology Series, Edinburgh University Press, 1987, pp.4-29

Svozilová N. a kol. Valenční slovník vybraných českých sloves, ÚJČ ČAV, Praha, 1997 ???

Ševeček, P., Morfologický analyzátor a lemmatizátor pro češtinu – implementace v jazyce C, Brno, 1995