

Modely usudzovania

Ján Šefránek¹

Abstrakt. Načrtnutý je pojmový rámec, v ktorom podstatnou súčasťou mysle je usudzovanie a modely² usudzovania sú jadrom modelov mysle. Pozornosť sa sústreďuje na rôzne prístupy k štúdiu (modelovaniu) usudzovania. Prezentujú sa modely usudzovania, ktoré možno konštruovať s využitím prostriedkov logiky (matematickej, neklasických, nemonotónnych), pozornosť sa venuje otázke, nakoľko je logika o usudzovaní. Ďalej sa pozornosť prepína na alternatívne modely usudzovania, ktorých ambíciou je pracovať aj s inými reprezentáciami (grafickou, heterogénnou, rozlišovacími kritériami, ktoré možno predpokladať aj v živočíšnej ríši) a so zodpovedajúcimi spôsobmi usudzovania.

1 Úvod

Najprv si vymedzme hraciu plochu (základné predstavy). Predmetom záujmu budú *kognície* (budem ich nazývať aj *agentami*). Čo pod kogníciou rozumiem, budem postupne skladať v tomto úvode. Každá kognícia pôsobí v nejakom *prostredí*. Súčasťou prostredia je aj organizmus daného agenta. O *organizme* sa bude predpokladať iba toľko, že sa môže nachádzať v rôznych stavoch. Táto predstava pripúšťa aj netelesného agenta - napríklad program s množinou jeho možných stavov.

Kognícia (agent) je v priamom kontakte s prostredím cez senzory a aktuátory. Pomocou *senzorov* zbiera informácie o tej časti prostredia, ktorá je v ich (limitovanom) dosahu v danom čase. Podotýkam, že senzory môžu zbierať informácie o stave vlastného organizmu. Kognície zasahujú do prostredia pomocou *aktuátorov* (menia prostredie alebo menia svoju polohu v ňom).

Dôležitým komponentom navrhovanej predstavy o kognícii je *energia a reprezentácia*.

K pojmu energie najprv príklad. Agent (kognícia) A chce zistiť, či pri montáži keramického obkladu vane sa myslelo na potrebu prístupu k sifónu a odtokovému kanalizačnému potrubiu v prípade poruchy. Agent B poradí: “poklep, či niektorá obkladačka neznie duto”. Agent B začne preklepávať od stredu. Agent A: “skús pri odtoku”. Agent B okamžite: “no jasné, ja som blbec”.

Príklad ukazuje, že niektoré kognície sú živšie, iné pasívnejšie, lenivejšie. Niektoré z tých lenivejších, ak dostanú impulz, dokážu usu-

¹ Fakulta matematiky a informaiky, Univerzita Komenského, e-mail: sefranek@ii.fmph.uniba.sk.

² Slovo model sa v texte používa v dvoch významoch. Jednak v technickom – tak, ako sa používa v logickej sémantike. Jednak v neformálnom – ako teória, poňatie nejakej domény, abstrakcia takejto domény. Verím, že čitateľ obe použitia ľahko rozlíši.

dzovať približne tak ako tie živšie. Samozrejme, táto “živost” alebo “lenivosť” závisí na kontexte (čase, objekte záujmu, stave organizmu a podobne). Spomínaná živost alebo pasívnosť je jedným z prejavov *energie*. Ďalšími dôležitými (a súvisiacimi) sú emócie (emotívne stimuly pre aktiváciu a zacielenie kognície), motivácia, vytrvalosť, schopnosť zamerať pozornosť, schopnosť koncentrovať sa, schopnosť nájsť vhodný uhol pohľadu atď. atď. V tomto texte nebudem venovať pozornosť energii. Neznamená to však, že si neuvedomujem jej dôležitosť, dokonca si myslím, že konštrukt energie môže mať miesto aj v modeloch usudzovania. Na dôležité aspekty kognitívnych schopností, ktoré tu pokrývam konštruktom energie, upozorňuje vo svojich originálnych prácach Ladislav Kováč, pozri napríklad (2006, 2004)

Prejdime ku konštruktu *reprezentácie*. Podstatnou schopnosťou organizmov, ktoré niečo *vedia*, je schopnosť *rozlišovať* (čo je jedlé, čo je nebezpečné, kde môže byť nejaká potrava, v akej situácii použiť nejakú frázu, aký argument je korektný, čo je riešenie danej diferenciálnej rovnice atď.).

Je rozumné predpokladať: ak agent (kognícia) niečo vie, opiera sa o nejakú (mentálnu)³ štruktúru, v ktorej má tú znalosť zakódovanú. V kontraste k tomu, ak agent niečo náhodne dosiahol, zaobídeme sa bez takéhoto predpokladu. Ak agent čosi nevie, je neprimerané predpokladať, že chýbajúcu znalosť má nejakou zakódovanú. Napríklad: ak robot dokáže (vie) zbierať prázdne plechovky od coca-coly, ale nie tie od piva a iba raz sa prevrátil, je zrejme, čo doňho konštruktéri zakódovali a čo nie.

Schopnosť rozlišovať (vedenie, poznanie, rozumenie) preto môžeme vysvetliť konštruktom reprezentácie. *Reprezentácia* je tá zakódovaná štruktúra, o ktorú sa agent opiera, keď niečo vie. Ak agent disponuje reprezentáciou toho, čo je jedlé, potom dokáže rozlišovať jedlé veci od nejedlých; ak agent nedisponuje reprezentáciou toho, čo je nebezpečné, nedokáže rozlišovať nebezpečné udalosti atď. Keď máme pojem, s použitím ktorého dokážeme vysvetliť, prečo nejaký agent niečo vie a iný to nevie, naša schopnosť opisu kognícií sa zosilňuje. Pojem reprezentácie používame práve preto, aby sme dokázali kognície opisovať detailnejšie.

V tomto texte sa používajú rôzne úrovne opisu reprezentácií. Za základnú však považujem úroveň rozlišovacích kritérií, abstrakcií schopnosti rozlišovať, podrobnejšie pozri v (Sefránek 2002) alebo (Takáč 2006a-c.2007a,b). Nad touto úrovňou dokážeme nadstavovať ďalšie.

³ Bez predpokladu, že ide o mentálnu štruktúru sa pohodlne zaobídeme. Argumentáciu pozri v (Sefránek 2002).

Teraz je čas na podstatný krok - odlišiť reaktívnu kogníciu a myseľ.

Reprezentácia, ktorou disponujú *reaktívne kognície*, iba sprostredkuje prenos informácie medzi senzormi a aktuátormi. Niektoré (nie nutne všetky) signály, registrované senzormi, aktivujú nejaké rozlišovacie kritériá. Aktuátory sa aktivujú (alebo neaktivujú) v závislosti na výstupoch rozlišovacích kritérií (opäť zdôrazňujem, že, niektoré rozlišovacie kritériá zaznamenávajú vnútorný stav kognície). Podstatné je, že reprezentácia (rozlišovacie kritériá) umožňuje prepojiť stav prostredia, v ktorom sa vyskytuje agent, sprostredkovaný senzormi s konaním agenta. Gärdenfors (1995) charakterizuje takúto reprezentáciu prívlastkom *cued*. Agent prostredníctvom takejto reprezentácie iba reaguje na momentálny stav tej časti prostredia, ktorú snímajú jeho senzory a na ktorý (stav) sú senzitivne jeho rozlišovacie kritériá. O možnostiach modelovania na báze reaktívnych agentov pozri (Lúčny 2007).

Ideový konštrukt reprezentácie v tomto prípade potrebujeme iba na to, aby sme opísali prepojenie senzorov a aktuátorov. Bez takéhoto (alebo podobného) konštraktu by sme mali problémy rozlíšiť, na aké podnety sú kognície senzitivne do tej miery, že reagujú na ne akciami a vysvetliť túto schopnosť (ako kognitívnu schopnosť).

Kogníciu budeme považovať za *mysleľ* vtedy, keď disponuje rozlišovacími kritériami, ktoré reagujú na stav (jej) iných rozlišovacích kritérií. Inými slovami, ak sa v reprezentácii spracúva aj momentálny stav vlastnej reprezentácie. Pre myslenie (ako proces a schopnosť), ale aj myseľ (ako stav a produkt) je charakteristické práve spracovávanie vlastnej reprezentácie, operácie na reprezentáciách. Operácie na reprezentáciách budeme nazývať aj *usudzovaním*. Dostali sme sa k hlavnej téme nášho textu a bude nás zaujímať akými rozmanitými spôsobmi možno usudzovanie opisovať (modelovať, charakterizovať).

V ďalšom sa najprv budeme baviť o logike ako modeli usudzovania. Kým sa dostaneme k detailom, jednu zásadnú poznámku: Nedomnievam sa, že pri analýze a opise reprezentácie a usudzovania je potrebné prijímať predpoklady a záväzky ontologickej povahy. Ak predpokladáme reprezentáciu pomocou rozlišovacích kritérií, príliš nás nemusí zaujímať, či nejaké rozlišovacie kritéria skutočne existujú v kognitívnom systéme (napr. človeka). Podobne si nemyslím, že je potrebné predpokladať existenciu nejakých syntakticky štrukturovaných logických reprezentácií v kognitívnom systéme.

Model, charakterizujúci kogníciu ako výpočty nad syntakticky štrukturovanými reprezentáciami, ilustruje Fodor (2000) takto: “The main idea of rationalist psychology is that beliefs, desires, thoughts,

and the like have logical forms, and that their logical forms are among the determinants of the roles they play in mental processes. For example *John swims and Mary drinks* is a conjunctive belief, and that is why having it can lead one to infer that *John swims ...*". Predstava o existencii konjunktívnych elementov v reprezentácii (takto treba kvalifikovať *conjunctive beliefs*) je minimálne v rozpore s Ockhamovou britvou. Ak máme v reprezentácii uvedený konjunktívny element, mali by sme mať aj niečo také ako *John swims and Jack sleeps and Mary drinks*, ale aj *Jack sleeps and Mary drinks* a tak podobne do nekonečna. Okrem toho a hlavne, tvrdenie o tom, ako z uvedenej konjunkcie (v reprezentácii) odvodzujeme konjukty (mentálnymi procesmi na základe logickej formy) sa prieči introspektívnej evidencii. Aby sme prešli od introspekcie k náčrtu spoľahlivejších metód: Možno si predstaviť experimenty, pri ktorých experimentálne subjekty do protokolu zaznamenávajú detailne priehy svojich myšlienok. Okrem toho, máme k dispozícii bohatý materiál – publikované polemiky, protokoly zo súdnych pojednávaní a pod. Neverím, že by sme v nich našli odvodenia konjunktov z vyslovených konjunktív. Neverím ani, že by sa podobné kroky odvodenia vyskytli v dôkazoch "pracujúceho matematika". Zhrniem a zopakujem: logický model (a žiadny iný model) usudzovania netreba považovať za opis s ontologickou záväznosťou. Stačí, keď nám slúži ako užitočný nástroj. V texte budem pri jednotlivých modeloch formulovať predstavy o ich funkcii. Na tomto mieste iba prvý komentár k účelu modelu rozlišovacích kritérií. Dajú sa použiť na vyjadrenie hypotéz o evolúcii kognície v prírode, u individua, u kooperujúcich individuí a dajú sa nad nimi nadstavovať iné modely. V neposlednom rade, tento model bol využitý vo viacerých zaujímavých simuláciách evolúcie a akvizície jazyka (významov), pozri (Takáč 2006a-c, 2007a, b).

2 Logika a usudzovanie

V európskej kultúre sa už po tisícročia kultivuje(ú) model(y) usudzovania v termínoch logiky. Tieto modely explicitne alebo implicitne rozvíjajú predstavy o korektnej argumentácii (rozvíjajú rozlišovacie kritérium korektnej argumentácie). V podstate ide o poňatie korektnej argumentácie, s ktorým pracoval (napríklad) už Sokrates. V Platónových dialógoch vystupujúci Sokrates ukazoval svojim partnerom (oponentom) v dialógu v hlavných rysoch toto: ak by som uvažoval o doméne (probléme) X presne tak, ako vy uvažujete o doméne (probléme) Y, dospel by som k očividne nepravdivým záverom; teda – spôsob. ako uvažujete, nie je korektný, nezaručuje pravdivé závery, a preto ani vaše závery o doméne (probléme) Y nemožno akceptovať.

Takéto rozlíšenie korektnej argumentácie sa opiera o pojem kontrapríkladu⁴. Upresnenie pojmu kontrapríkladu sa dá pohodlne urobiť v jazyku, ktorý abstrahuje od konkrétností obsahu rozmanitých domén a fixuje iba *formálnu kostru* jazykov, vhodných na opis ľubovoľnej domény. Jazyk tohoto typu budeme bez ďalšieho upresňovania nazývať jazykom logiky (iba poznamenáme, že ich je veľa).

Ak teda chceme opisovať usudzovanie (operácie nad reprezentáciami) tak, aby sme mohli využívať konštrukt kontrapríkladu, je celkom prirodzené uvažovať o reprezentáciách sformulovaných, zaznamenaných v jazyku logiky. Tak sa nad bazálnou kognitívnou vrstvou reprezentácie, reprezentácie pomocou rozlišovacích kritérií (do tejto úrovne patrí aj rozlišovacie kritérium korektného argumentu) dá nastaviť poňatie reprezentácie v logickom jazyku (kde sa kritérium korektnej argumentácie nejakým spôsobom upresňuje). Kvôli pohodlnému vyjadrovaniu môžeme hovoriť o logickej reprezentácii (s poznámkou, že ide o triedu reprezentácií).

Logická reprezentácia umožňuje (okrem iného) spojiť v jednom rámci poznatky reprezentované explicitne s poznatkami, reprezentovanými implicitne (vďaka sile úsudku, opísanej presnými kritériami logického odvodzovania). Sémantickú verziu takejto reprezentácie vytvoril/dotiahol Tarski (1933) do tvaru, ktorý sa používa dodnes.

2.1 Matematická logika ako model usudzovania

Matematická logika je kánon ako robiť logiku. Každý seriózný pokus o príspevok do nejakého druhu logiky sa opiera o štandardy a metódy, vyvinuté v matematickej logike od konca 19. storočia. Usudzovanie je v matematickej logike modelované formalizáciou pojmu dôkazu. Alebo presnejšie: ak niekto chce matematickú logiku považovať za model usudzovania, jadrom toho modelu je pojem formalizovaného dôkazu.

Jednou z takýchto formalizácií sú hilbertovské systémy. Dôkaz je v nich postupnosť formúl (jazykových výrazov, vyhovujúcich jednoznačným syntaktickým kritériám), pričom každá z týchto formúl je buď axiómou alebo sa získala z predchádzajúcich formúl pomocou pravidiel odvodenia. Pravidlá odvodenia sú formulované čisto syntakticky: z výrazov určitého, presne definovaného, tvaru možno odvodiť výrazy presne definovaného tvaru. Každá formula, dokazateľná z axióm lo-

⁴ V matematike patrí hľadanie kontrapríkladov do základnej metodologickej výbavy, medzi základné spôsoby matematickej argumentácie: ak nájdeme kontrapríklad k nejakému matematickému tvrdeniu, toto tvrdenie je nepravdivé. Podľa Stenninga a van Lambalgen (2007, str. 33) to však nebolo vždy takto. V osemnástom a devätnástom storočí sa stávalo, že objavený kontrapríklad k nejakému tvrdeniu sa považoval za prípad, ktorý je mimo domény daného tvrdenia. Odvolávajú sa pritom na (Lakatos 1976).

giky, môže slúžiť ako pravidlo odvodenia matematických (alebo akýchkoľvek) tvrdení z iných matematických (akýchkoľvek) tvrdení. K čisto syntaktickému konceptu dôkazu (odvodenia) existuje sémantický (teoreticko-modelový) pojem vyplývania. Popri hilbertovských systémoch existujú aj iné typy prístupu k formalizácii pojmu dôkazu (prirodzená dedukcia, sekventy, tablá), pozri napr. (Kvasnička 2007), kde čitateľ môže nájsť aj diskusiu z hľadiska kognitívnej vedy.

Nemá veľký zmysel priesa o to, či matematická logika poskytuje model usudzovania. Tento model však nemodeluje ani usudzovanie matematikov (v dostatočnom rozsahu). Matematickú logiku možno považovať za idealizáciu (model) prezentácie/komunikácie matematických výsledkov (Barwise, Etchemendy 1998). V tomto modeli je v centre pozornosti ideálny koncept dôkazu, kontrolovateľného mechanicky. Popri mechanickej kontrolovateľnosti treba spomenúť aj to, že tento model umožňuje aj metódy automatického dokazovania.

Zastavme sa pri tom, že v modeli usudzovania, ktorý ponúka matematická *logika*, sa dajú formulovať pravidlá korektného usudzovania. Každý teorém logiky (vždy pravdivej formule logiky) zodpovedá nejaké pravidlo korektného usudzovania. Takýmito pravidlami sú napríklad modus ponens (z výrokov tvaru A, ak A tak B možno odvodiť výrok tvaru B) alebo odstránenie konjunkcie (z výroku tvaru A a B možno odvodiť výrok tvaru A).

Podobne aj rôzne neklasické logiky (mnohohodnotové, intuicionistická, modálne, epistamické atď.) formulujú a dokazujú teorémy, platné v ich systémoch a tieto teorémy môžu slúžiť ako pravidlá usudzovania. Nechcem tvrdiť, že takéto pravidlá človek vôbec nepoužíva (vedome či nevedome). Nevie si však dobre predstaviť, že by nejaký človek usudzoval napríklad s použitím pravidla odstránenia konjunkcie (samozrejme, pokiaľ nie je na cvičení z logiky).

Na druhej strane, človek veľmi často (možno spravidla) usudzuje tak, že sa to nedá charakterizovať pomocou nejakej logickej formule. Môj mladší vnuk Michal niekedy v treťom roku jeho života prekvapil protiotázkou: “Načo sa pýtaš, keď to vieš?”. Určite nevychádzal z nejakých premís a neodvodil záver podľa nejakého pravidla. Podstatné je však to, že sa jeho usudzovanie ani nedá zrekonštruovať takým spôsobom. Bez akýchkoľvek pochybností ho však k tejto otázke viedol nejaký úsudok, ktorý pozostával z implicitnej a intuitívnej formulácie nejakého princípu (povedzme, že pravidla racionálnej komunikácie), ďalej zo zistenia nesúladu medzi týmto princípom, otázkou, ktorú dostal a jeho znalosti o tom, že pýtajúci sa pozná odpoveď na otázku. Preto protiotázkou vyjadril, že na neracionálnu otázku nemieni odpovedať.

Veľmi by sme ochudobnili poznanie ľudského usudzovania, keby sme odmietli venovať pozornosť rozmyšľaniu takéhoto (a ďalšieho) druhu. Inými slovami, keby sme odmietli hľadať ďalšie modely usudzovania.

Častým typom usudzovania je približne tento: Máme dve neoverené domnienky. Tieto domnienky sú nekonzistentné s ostatnými našimi znalosťami, ak by mali platiť súčasne. Ak niektorú z týchto domnienok preferujeme, akceptujeme ju a druhú nie (aspoň predbežne). Opäť, tento úsudok nie je založený na nejakom pravidle, kopírujúcom nejaký vždy pravdivý výrok logiky. Tomuto spôsobu usudzovania sa budeme venovať nižšie, v časti o nemonotónnych logikách.

Uvedené príklady ukazujú, že výskum (modely) usudzovania možno a treba robiť rozmanitým spôsobom, často veľmi odlišným od prístupu kanonizovaného matematickou logikou. Mnohé z týchto spôsobov sú zaujímavé aj z hľadiska široko poňatej logiky, pozri napr. Makinson (2003), sú tu však aj ďalšie možnosti.

2.2 Nemonotónne logiky ako modely usudzovania

Matematická logika je monotónna v tomto zmysle slova: ak k nejakej množine axiém (predpokladov) pridáme ďalšie axiémy (predpoklady), z rozšírenej množiny odvodíme všetko, čo sme odvodili z pôvodnej (a v typickom prípade aj niečo navyše).

Ľudia však zvyknú rozmyšľať (usudzovať) aj inak – ak získajú novú informáciu⁵, odmietnu niekedy niektoré závery, ktoré odvodili z pôvodnej (pod)množiny informácií. Takéto usudzovanie je nemonotónne: závery z podmnožiny informácií netvoría podmnožinu záverov z nadmnožiny informácií.

Nemonotónnosť je charakteristická pre hypotetické usudzovanie. Ak závermi usudzovania sú nejaké hypotézy, sme pripravení hypotézy odmietnuť, ak sú v rozpore s faktami alebo lepšie overenými (viac preferovanými) hypotézami. Niektoré druhy takéhoto usudzovania (prirodzene súvisiaceho s revíziami) študujú nemonotónne logiky. Nemonotónne logiky predstavujú zaujímavý a dôležitý prístup k reprezentácii znalostí a usudzovaniu. Azda dominantným nemonotónnym formalizmom súčasnosti sú logické programy so sémantikou stabilných modelov (answer set). Tento formalizmus nie je iba predmetom teoretického záujmu, ale slúži aj ako implemetačný nástroj (v rámci paradigmy answer set programming). V nemonotónnej logike nie je v centre pozornosti dôkaz, ale sémantika. Nemonotónne usu-

⁵ Používam tu slovo informácia, ale mám na mysli stále nejaké výroky, dokonca nimi môžu byť aj formuly akéhosi logického jazyka.

dzovanie sa neopiera o pravidlá, kopírujúce dokázané tvrdenia. O čo ide pri súčasných formalizáciách nemonotónneho usudzovania si ilustrujeme na príklade stabilnej sémantiky.⁶

Logický program je množina pravidiel tvaru

ak platí ... potom platí ...,

pričom medzi predpokladmi takýchto pravidiel môžu byť aj takzvané defaultové negácie tvaru $\text{not } A$ (intuitívne, $\text{not } A$ je pravdivé, ak nie je známe, že by bolo pravdivé A). Vidno, že defaultové negácie majú fakticky status hypotéz. Kvôli jednoduchosti budeme uvažovať iba o normálnych logických programoch – používajú iba také pravidlá, kde dôsledkom je jeden atóm daného jazyka.

Pojem stabilného modelu logického programu P si môžeme priblížiť takto: Pridajme k P množinu defaultových negácií (hypotéz) H . Zo zjednotenia H a P odvodíme množinu dôsledkov (atómov) D . Nech N je množina všetkých atómov, ktoré nepatria do D . Ak do H patria presne tie $\text{not } A$, kde A patrí do N , potom D je stabilným modelom programu P . Intuitívne, vtedy možno H považovať za maximálne nasýtenú množinu hypotéz, ktoré spolu s programom P dávajú zmysel.

Formálne sa takéto sémantiky definujú tak, že sa skonštruuje nejaký operátor a sémantická charakterizácia daného nemonotónneho formalizmu (napríklad stabilný model) je pevným bodom takéhoto operátora (takýmto sémantikám sa hovorí fixpointové).

Nemonotónne logiky určite predstavujú nové a zaujímavé modely usudzovania. Keďže týchto modelov je viac, nemožno jedným dychom charakterizovať ich funkciu. Vo všeobecnosti však možno povedať, že vytvárajú idealizované modely s využitím prostriedkov, kultivovaných matematickou logikou. Tieto modely majú ambíciu dať buď nejaký globálny pohľad na množiny všetkých vzájomne zlučiteľných hypotéz a faktov alebo charakterizovať nejaký vzťah nemonotónneho (minimálneho, preferenčného apod.) vyplývania.

Konkretizujme si to na príklade stabilnej sémantiky. Stabilný model je produktom nejakej konštrukcie, ktorá je globálna v tomto zmysle slova: o každom atóme je rozhodnuté, či je pravdivý, o každej hypotéze je rozhodnuté, či môže byť pravdivá vzhľadom na daný stabilný model.

Idealizované modely nemonotónnych logík sa líšia od toho, ako človek rozmýšľa. Človek, keď rozmýšľa hypoteticky, rozmýšľa viac lokálne, neobsiahne celé spektrum možných hypotéz a faktov.

⁶ samozrejme, nemonotónne logiky nie sú jednoliaty, nediferencovaný celok, preto si na tomto priestore nemôžem dovoliť všeobecne platnú charakterizáciu. Sémantika stabilných modelov však predstavuje dôležitú, nie okrajovú, paradigmu.

3. Alternatívy k logike

Budeme sa teraz venovať pokusom o *znovupochopenie* usudzovania, inými slovami niektorým neštandardným modelom usudzovania.

3.1 Heterogénne usudzovanie

Zaujímavá skúsenosť získali Barwise a Etchemendy, logici zo Stanfordu, pri používaní softvéru⁷ ako didaktického nástroja pri kurzoch logiky. Práca s ním výrazne zlepšila efektívnosť vyučovania logiky a výkon študentov. Najväčší a neočakávaný prínos však spočíval v tom, že študenti používali rôzne netradičné (z hľadiska logiky) postupy, ktoré viedli designérov toho softvéru Barwisa a Etchemendyho k zmene pohľadu na povahu logiky. Počítač zrevolucionizoval ich chápanie najzákladnejších pojmov logiky (Barwise, Etchemendy 1998).

Softvér (Turing's world, Tarski's world) používa popri propozícnej aj grafickú reprezentáciu, vizualizáciu. Možno hovoriť o heterogénnej reprezentácii. Barwise a Etchemendy (1998) konštatovali, že vďaka nej sa študenti pri usudzovaní, riešení problémov viac sústredili na obsah než na syntaktickú stránku. Navyše a podstatne, ich usudzovanie (vtedy, keď bolo korektné i vtedy, keď bolo nekorektné) prebiehalo inak, než by ich učitelia očakávali. Teória usudzovania, ktorú chceli študentov učiť, sa ukázala byť neadekvátnou na vysvetlenie a postihnutie toho, ako študenti v skutočnosti usudzovali. Pokus o transformáciu grafickej reprezentácie do reprezentácie v tvare viet vedie k zmene jednoduchého dôkazu v dôkaz pozostávajúci zo stoviek krokov a v ktorom sa hlavná myšlienka pôvodného dôkazu zatemi. Pod vplyvom týchto skúseností si Barwise a Etchemendy začali hlbšie uvedomovať význam všeobecne známeho (ale v modeloch usudzovania nedostatočne zohľadňovaného) faktu, že ľudia v každodennom i vedeckom usudzovaní používajú a kombinujú informácie vyjadrené v mnohých formách (množiny viet nejakých jazykov, tabuľky, rôzne grafy, náčrty, vizualizácie, mapy atd.).

Výsledkom tohto prehodnocovania a premýšľania bol tretí softvérový produkt (courseware), nazvaný Hyperproof (pozri citovanú linku na web), pomocou ktorého začali učiť študentov metódy heterogénneho usudzovania, kombinujúceho operácie na vetnej (propozicnej) a grafickej reprezentácii.

Ešte je predčasné hovoriť o uzavretej teórii (modeli) heterogénneho usudzovania, predsa však Barwise a Etchemendy načrtli isté základné črty. Kľúčovými pojmami tradičného modelu usudzovania, založeného na logike sú pojmy dôkazu a protipríkladu. Tieto pojmy sa

⁷ Pozri <http://www-csli.stanford.edu/hp/>

však vzťahujú na výsledky (závery) usudzovania, nie na samotný proces usudzovania. V modeloch založených na logike nie je postihnutá kľúčová zložka procesu usudzovania – získavanie evidencie/argumentov v prospech/proti nejakému záveru.

Ambíciou modelu heterogénneho usudzovania je poskytnúť metódy usudzovania aj pre tie prípady, keď usudzovanie neskončí dôkazom alebo vyvrátením nejakého tvrdenia, dokonca aj pre tie prípady, keď nie je známe, k akému záveru usudzovanie dospeje (tak to býva často pri každodennom i vedeckom usudzovaní). Dôležitým komponentom tu sú metódy zisťovania relevantných informácií (exploration of a space of possibilities).

3.2 Model zvieracieho usudzovania

Jedným z priekopníkov logického modelovania nemonotónneho usudzovania bol John Mc Carthy (1980), Výzvu modelovať toto usudzovanie prostriedkami, charakteristickými pre modernú logiku spojil so sloganom „Jumping to conclusions“. Vyjadril tým nádej, že posun od modelovania dôkladnej dedukcie k modelovaniu takého usudzovania, pri ktorom sa neberú do úvahy všetky možné interpretácie jazyka, umožní vytvoriť systémy (modely usudzovania), ktoré sú z výpočtového hľadiska efektívnejšie a obrazne umožnia skákať k záverom. Žiaľ, systematická formalizácia nemonotónneho usudzovania viedla k problémom, ktoré sú z výpočtového hľadiska ešte ťažšie ako výpočtové prolémy, spojené s dokazovaním a splniteľnosťou v rámci matematickej logiky.

Stále však ostáva výzvou opísať/modelovať ľudské usudzovanie, ktoré skutočne „skáče k záverom“ (Šefránek 2007). Človek, keď usudzuje, málokedy robí dlhé reťaze odvodení. Veľmi často po pár krokoch „vidí“ správny záver, niekedy sa však mylí. Model kombinujúci takéto rýchle, ale omylné usudzovanie s logicky korektným, ale výpočtovo náročným usudzovaním možno považovať za (zatiaľ nedosiahnutý) cieľ, ktorý môže prispieť k hlbšiemu pochopeniu usudzovania i k jeho efektívnym výpočtovým implementáciám.

Dá sa predpokladať, že analýza zvieracieho usudzovania pomôže priblížiť sa k tomu cieľu. Domnienka, že schopnosť rýchleho usudzovania má evolučné korene a že jej opísanie a pochopenie by sa mohlo opierať o opísanie a pochopenie zvieracieho usudzovania, sa zdá byť sľubná, hodna preverenia. Pochopenie a opísanie nejakého javu v tej najjednoduchšej podobe je z metodologického hľadiska dôležité pre pochopenie a opis jeho komplikovanejších variant.

Samozrejme, ako základnú otázku možno postaviť, či má zmysel hovoriť o zvieracom usudzovaní. Mnohé experimenty a pozorovania

(minimálne) naznačujú, že usudzovanie možno pripísať aj vyšším živočíchom. Úsilie nájsť také sémantické pojmy, ktoré umožnia zmysluplne hovoriť o usudzovaní zvierat možno považovať za produktívne. Ak nájdeme takýto sémantický opis, mohli by sme ho aplikovať na jednoduchých (abstraktných) agentov bez toho, že by sme u nich predpokladali mentálne procesy.

Autori experimentu opísaného v (Bräuer 2006) testovali schopnosť zvieratá (šimpanza a domestikovaného psa) rozpoznať, kde je ukrytá potrava. Toto rozpoznanie mohlo využívať tri typy podnetov: komunikatívne, kauzálne a behaviorálne. Zameriame sa na prvé dva typy, ktoré sú pre tento experiment podstatné.

Úlohou pokusného zvieratá bolo vybrať si z dvoch nádob obrátených hore dnom tú, pod ktorou sa nachádza potrava. Ako komunikatívne podnety sa použili ukazovanie na nádobu s potravou a pohľad smerom na nádobu. Kauzálne podnety boli realizované fyzickou manipuláciou (napríklad hrkaním nádobou). Ak zviera rozumelo kauzálnym vzťahom medzi lokalizáciou zvuku a umiestnením potravy, mohlo na tom základe usudzovať.

Šimpanzy veľmi dobre reagovali na kauzálne podnety, no nevenovali veľkú pozornosť ukazovaniu. Psy naopak spoľahlivo nasledovali komunikačné podnety, ale umiestnenie potravy neboli schopné odvodiť na základe kauzality.

Podľa citovanej práce (a mnohých ďalších) má zmysel hovoriť o tom, že zvieratá **rozumejú a usudzujú, odvodzujú dôsledky z toho, čo pochopili**. Opice rozumejú kauzálnym podnetom, psy komunikačným.

Vedy, ktoré sa tradične venujú skúmaniu usudzovania, chápania (a súvisiacich fenoménov ako je *poznanie* a *význam*) sa sústreďujú na poznatky a úsudky, sformulované v *jazyku*. Veľkou výzvou (aj pre tieto vedy) je skúmať, čo je usudzovanie a pochopenie ako *biologický fenomén*, ktorý sa vyskytuje v prírode v *predjazykovom štádiu*.

Verím, že takto postavený cieľ pomôže hlbšie, mnohotvárnejšie a v inom svetle pochopiť ľudské usudzovanie, poznanie, reprezentáciu poznania a významov.

V (Retová et al. 2007) sme načrtli pojmovú aparatúru, v ktorej sa dá upresniť (modelovať) predstava o usudzovaní a chápaní agentov s predjazykovým správaním. Použili sme sémantiku rozlišovacích kritérií.

Pochopenie stotožňujeme s *rozpoznávaním* a *tvorením významov (rozlišovacích kritérií)*. Ak organizmus (agent) dokáže používať nejaké rozlišovacie kritérium pri rozpoznávaní objektov, vlastností (atd.), alebo keď vytvára nové rozlišovacie kritériá, aby sa zoriento-

val v prostredí, môžeme hovoriť, že chápe (vlastnosť, vzťah, situáciu, udalosť, závislosť, pravidlo atd.).

Experimenty z (Bräuer et al. 2006) sme teda analyzovali v sémantickom rámci rozlišovacích kritérií. Definovali sme rozlišovacie kritériá situácií, udalostí, typov situácií, typov udalostí. problémov a pravidiel.

Pravidlá sú špeciálne rozlišovacie kritériá, ktoré sa používajú pri usudzovaní. Nejakým rozlišovacím kritériám typov situácií alebo udalostí (významom predpokladov pravidla) priradia nejaké rozlišovacie kritériá (významy záveru).

Zaviedli sme dva druhy pravidiel – akčné a situačné. Dôsledkami prvého z nich sú rozlišovacie kritériá akcie, u druhých rozlišovacie kritériá typu situácie. Intuitívne, prvé vedú agenta ku konaniu, druhé k rozpoznaniu stavu prostredia.

Pri tejto sémantickej konštrukcii sa ukazuje, že usudzovanie je špeciálnym prípadom chápania: ak niekto alebo niečo dokáže produktívne usudzovať, v istom zmysle slova chápe vzťahy (napríklad medzi udalosťami).

Ako možno predpoklad o tom, že opice (alebo iné vyššie živočíchy) usudzujú, potvrdiť pozorovaním, t.j. ako možno operacionalizovať hypotézu o usudzovaní opíc (alebo iných živočíchov)? Inú možnosť ako cez pozorovanie správania nemáme. Pozorujeme správanie opíc (alebo ľubovoľných agentov v predjazykovom štúdiu) v určitých (takmer) konštantných podmienkach počas udalosti toho istého typu. Predpokladajme, že za týchto podmienok má opica na výber z rôznych možných správání. Ak v štatisticky významnej miere si vyberá jedno z nich a jej rozhodovanie sa zmení pri určitej zmene daných podmienok, môžeme prijať, že daný výber správania sa deje na základe usudzovania. Dôležité je dodať, že presnejšia špecifikácia bude s najväčšou pravdepodobnosťou závislá na konkrétnej doméne a konkrétnom rozhodovaní (podobne sú aj defaultové pravidlá doménoovo špecifické; mimochodom, v (Retová et al. 2007) sme použili aj trochu komplikovanejšie typy pravidiel, ktoré úplne zodpovedali defaultovým pravidlám).

Konceptuálny aparát rozlišovacích kritérií je flexibilný a možno ho použiť od opisu veľmi jednoduchých prípadov rozlišovania až po rozlišovanie, opreté o používanie syntakticky bohato štruktúrovaného jazyka, charakterizovateľného teoreticko-modelovou (alebo komplikovanejšou) sémantikou. Domnievame sa, že analýza, formalizácia a implementácia rýchleho (odlišného od logicky korektného, ale zdĺhavého) usudzovania v jazyku môže významne ťažiť z pokusov pochopiť zvieracie usudzovanie. Na rozlišovacie kritériá typov situá-

cií, udalostí pravdepodobne možno naviazať rozmanité, heterogénne typy reprezentácií (od propozičných po grafické vizualizácie). Od dôkladného štúdia zvieracieho usudzovania možno urobiť dôležité kroky pre pochopenie špecificky ľudského usudzovania (a predpokladáme, že tak možno dosiahnuť podstatne mnohotvárnejšie charakterizácie, než sú tie, ktoré dnes študuje logika).

Jednou z dôležitých okolností, ktoré pravdepodobne umožňujú rýchle usudzovanie, sú evolúciou zakódované preferencie pre rozhodovanie a usudzovanie. Takéto preferenčné usudzovanie (ktoré sa, mimochodom, študuje aj v kontexte nemonotónnych logík) možno založiť aj na reprezentácii pomocou rozlišovacích kritérií, menovite pomocou pravidiel, ktoré sú “pridrátované”, nejakým spôsobom pripojené, k rozlišovacím kritériám situácií a udalostí. Takto poňaté preferenčné usudzovanie môže realizovať aj dynamické preferencie – k rôznym fázam priebehu nejakej udalosti môžu byť pripojené iné pravidlá.

4. Závery

Pokúsil som sa v istom náčrte opísať niektoré modely usudzovania. Všetky boli opreté o akýsi typ reprezentácie. Domnievam sa, že tieto (a ďalšie reálne alebo možné) modely a ich reprezentácie, ukazujú, že hlbší zmysel má uvažovať a skúmať celé spektrum typov reprezentácií, než hovoriť o protipóloch symbolovej⁸ a subsymbolovej reprezentácie.

Napriek tomu, že hlavný dôraz som položil na pojednanie o modeloch usudzovania, ktoré sa líšia od klasického modelu logiky, som presvedčený, že logika (a sémantika) v širokom zmysle je fundamentálna disciplína kognitívnej vedy. Charakteristickou črtou kognícií je totiž (viac či menej) úspešná adaptácia na prostredie (poznávanie prostredia). Preto pre opis kognícií treba zamerať pozornosť aj mimo nich (externalisticky) a používať konceptuálny aparát, vhodný na pochopenie kognitívnych schopností, potrebných pre poznávanie prostredia. Tento pojmový aparát v tej či onej podobe potrebuje pojem pravdy a potrebuje opisovať operácie pravdu objavujúce alebo zachovávaajúce. V inej terminológii sa dá hovoriť, že sú potrebné pojmy na opis spracovania informácií kognitívnymi systémami (Sterling, van Lambalgen 2007). Mimochodom, Sterling a van Lambalgen vo svojej knihe ukazujú, ako pomocou pojmového aparátu logiky možno adekvátnejšie opisovať dáta, získané psychológmi (v porovnaní s tým ako to niekedy robia psychológovia).

⁸ Osobne viac rozumiem označeniu **propozičná** reprezentácia, než mnohovýznamovému “symbolová reprezentácia”.

Pod logickými metódami a pojmovým aparátom nemám na mysli nejakú konkrétnu logiku, ale tendenciu vytvárať formálne, schematické modely (teda, matematický opis) usudzovania a reprezentácie. Tieto modely podstatným spôsobom používajú pojmy pravdy, významu, korektnosti (alebo im blízke). Tieto metódy a tento pojmový aparát treba používať pri úsilí pochopiť kognície aspoň v tom rozsahu ako modely (pojmy a metódy), ktoré sú založené na istých typoch automatov, sietí, mechanizmov evolúcie a ktorých výstupom sú simulácie.

PodĎakovanie: Tento príspevok vznikol za podpory grantovej agentúry VEGA v rámci grantovej úlohy 1/3112/06.

Literatúra

Barwise, J., Etchemendy, J. (1998) : Computers, visualization, and the nature of reasoning. In: *The Digital Phoenix: How Computers are Changing Philosophy* (T.W. Bynum, J.H.Moor, eds.), pp. 93–116

Bräuer, J. et al. (2006): Making Inferences about the Location of Hidden Food: Social Dog, Causal Ape. In: *Journal of Comparative Psychology*, vol. 120, No. 1, 38-47

Gärdenfors, P. (1995) : Cued and detached representations in animal cognition. In *Behavioural Processes*, Volume 35, Issues 1 – 3, December 1995, Pages 263-273

Fodor, J. (2000): *The mind doesn't work that way*, The MIT Press.

Kováč, L. (2004): Komentovaný úvod do kognitívnej biológie. Zborník seminára *Kognice a umelý život IV*.

Kováč, L. (2006): Princípy molekulárnej kognície. Zborník seminára *Kognice a umelý život VI*.

Kvasnička, V. (2007): Mentálne modely logiky v kognitívnej vede. *Kognice a umelý život VII*.

Lakatos, I. (1978): *Proofs and refutations*. Cambridge University Press.

Lúčny, A. (2007): Modelovanie na báze reaktívnych agentov. In Kvasnička, V., Trebatický, P., Pospíchal, J., Kelemen, J.: *Mysel, inteligencia a život*, Vydavateľstvo STU, Bratislava.

Makinson, D.(2003) : Ways of doing logic. What was different about AGM 1985. *Journal of Logic and Computation*.

McCarthy, J. (1980) : Circumscription-A Form of Non-Monotonic Reasoning. In: *Artificial Intelligence*, vol, 13, pp. 27-39

Retová, D., Šilliková, J., Šefránek, J. (2007): Opice, psy. símantika a logika. In: *Kognice a umelý život VII*.

Stenning, K., van Lambalgen, M. (2007): *Human reasoning and cognitive science*. To be published by MIT Press.

Šefránek, J. (2002) : Kognícia bez mentálnych processov. In J.Rybár, L. Beňušková, V. Kvasnička (eds.): *Kognitívne vedy*. Kaligram, Bratislava.

Šefránek, J. (2007) : Kognitívna teória usudzovania. In Kvasnička, V., Trebatický, P., Pospíchal, J., Kelemen, J.: *Mysel, inteligencia a život*, Vydavateľstvo STU, Bratislava.

Takáč, M., (2006a) : Cognitive Semantics for Dynamic Environments. In: Hitzler, P., Schärfe, H., P. Øhrstrøm (eds.): *Contribution to ICCS 2006 - 14th International Conference on Conceptual Structures*. Aalborg University Press, Aalborg, Denmark, pp. 202-215.

Takáč, M. (2006b) : Kognitívna sémantika rozlišovacích kritérií. In: Kelemen, J., Kvasnička, V. (eds.): *Kognice a umělý život VI*. Slezská univerzita, Opava, pp. 363-372.

Takáč, M. (2006c) : Categorization by Sensory-Motor Interaction in Artificial Agents. In: Fum, D., Del Missier, F., Stocco, A. (eds.): *Proceedings of the 7th International Conference on Cognitive Modeling*. Edizioni Goliardiche, Trieste, Italy, pp. 310-315.

Takáč, M. (2007a) : Autonomous Construction of Ecologically and Socially Relevant Semantics. *Cognitive Systems Research* (in press).

Takáč, M. (2007b) : Kognitívna sémantika komplexných kategórií založená na rozlišovacích kritériách. In: Kvasnička, V., Trebatický, P., Pospíchal, J., Kelemen, J.: *Mysel, inteligencia a život*, Vydavateľstvo STU, Bratislava.

Tarski, A. (1933): *Pojęcie prawdy w językach nauk dedukcyjnych*. Warszawa: Nakładem Towarzystwa Naukowego Warszawskiego.