

Filosofická fakulta Univerzity Palackého v Olomouci
Katedra filosofie

Turingův test a problém expresivity
Turing test and the expressivity problem
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



Autor bakalářské práce: Tereza Wittichová
Vedoucí bakalářské práce: PhDr. Martina Číhalová, Ph.D.

OLOMOUC 2016

Podklad pro zadání BAKALÁŘSKÉ práce studenta

PŘEDKLÁDÁ:	ADRESA	OSOBNÍ ČÍSLO
WITTICHOVÁ Tereza	Výškovická 56, Ostrava - Zábřeh	F120128

TÉMA ČESKY:

Turingův test a problém expresivity

NÁZEV ANGLICKY:

Turing test and the expressivity problem

VEDOUCÍ PRÁCE:

PhDr. Martina Číhalová, Ph.D. - KFI

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Studentka zpracuje problematiku Turingova testu ve vztahu k vyjadřovací (expresivní) síle formálního jazyka.

1. Stručné představení problematiky Turingova testu

2. Definice pojmu expresivní síla formálního jazyka a porovnání expresivní síly následujících formálních jazyků:

a. Výroková logika

b. Predikátová logika prvního řádu

c. Transparentní intenzionální logika

3. Úvahy o vztahu Turingova testu k vyjadřovací síle formálního jazyka.

4. Zaměření se na určitá specifika přirozeného jazyka, jako je např. problematika presupozice, supozice de dicto/de re apod., s nimiž by se měla každá formalizace vyrovnat ve vztahu k odvozování.

SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY:

Duží, M. (2012): Logika pro informatiky (a příbuzné obory). Vydavatelství VŠB-TU Ostrava, Ostrava. ISBN 978-80-248-2662-2

Duží, M., Materna, P. (2012): TIL jako procedurální logika. Průvodce zvědavého čtenáře Transparentní intenzionální logikou. Bratislava, aleph. ISBN 978-80-89491-08-7

Tvrdý, F. (2014): Turingův test. Filozofické aspekty umělé inteligence. Praha, TOGGA. ISBN: 978-80-7476-043-3

Materna, P. (1995): Svět pojmů a logika. Filosofía, Praha. ISBN 80-7007-078-1

Materna, P., Štěpán, J. (2003): Filozofická logika: Nová cesta? Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc. ISBN 80-244-0109-6

Turing, A. (1950): Computing machinery and intelligence, Mind, vol. 49, 433-460.
<http://www.csee.umbc.edu/courses/471/papers/turing.pdf>

Podpis studenta:

Datum:

Podpis vedoucího práce:

Datum:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: **Turingův test a problém expresivity** zpracovala samostatně pod vedením PhDr. Martiny Číhalové, Ph.D. a uvedla jsem veškerou použitou literaturu.

V Olomouci dne

.....

Tereza Wittichová

Děkuji paní doktorce Martině Číhalové za odborné vedení mé bakalářské práce, trpělivost, čas a cenné rady, které mi vždy byly velkým přínosem a pokaždé mi pomohly se posunout kus vpřed. Dále děkuji své rodině a přátelům, kteří mě po celou dobu psaní podporovali.

Obsah

Úvod.....	2
1. Představení Turingova testu	3
1.1 Imitační hra.....	3
1.2 Popis Turingova stroje.....	4
1.3 Stručné představení námitek.....	5
a) Matematická námitka	5
b) Argument z různých neschopností	7
c) Argument z neformálnosti chování	8
2. Nároky na umělý jazyk.....	10
2.1 Logika.....	14
a) Pravděpodobnostní úsudky.....	17
b) Jazyk logiky.....	20
2.2 Výroková logika	21
2.3 Predikátová logika prvního řádu	27
2.4 Porovnání výrokové logiky a predikátové logiky prvního řádu z hlediska expresivní síly...	30
2.5 Transparentní intenzionální logika	33
2.6 Porovnání predikátové logiky prvního řádu a transparentní intenzionální logiky z hlediska expresivní síly.....	40
Závěr.....	48
Anotace.....	49
Použitá literatura.....	50
Dodatky	52

Úvod

Alan Mathison Turing se prací *On Computable Numbers with an Application to the Entscheidungsproblem* (1936-7) dostal nejen do povědomí mnoha lidí jako vynikající matematický logik, ale také jako zakladatel moderní počítačové vědy. Všimla si jej i britská vláda, pro kterou od roku 1939 do roku 1945 pracoval na rozluštění kódu šifrovacího stroje Enigma. Enigmu v té době využívaly německé ponorky ke komunikaci a Turingova práce se zasloužila o urychlení konce války v Evropě a Atlantickém oceánu.

Přestože byly jeho přínosy v té době málo oceněny, Turingův zájem o matematickou logiku, zkušenost v kryptologii a praktická znalost v elektronice vedly k ambicím o vytvoření počítače v pravém slova smyslu, který by byl schopný konkurovat lidskému mozku, a napsání eseje *Computing Machinery and Intelligence*.

Právě z poslední uvedené eseje tato práce vychází. V první řadě se práce zaměří na Turingův test, který leží v centru eseje *Computing Machinery and Intelligence* i této práce. Turingův test však bude pojat z jazykového hlediska a budou vybrány především ty pasáže, které jsou relevantní z hlediska jeho nároků na umělý jazyk.

Nárokům na umělý jazyk bude věnována zvláštní pozornost, kdy budou uvedeny a porovnány tři formální systémy. Jedná se jmenovitě o výrokovou logiku, predikátovou logiku prvního řádu a v neposlední řadě o transparentní intenzionální logiku. Každý z těchto systémů bude představen a následně budou mezi sebou porovnány z hlediska jejich vyjadřovací síly, tedy míry podrobnosti, do nichž jsou schopny analyzovat přirozený jazyk. Na konkrétních příkladech bude demonstrováno, jak může být vyjadřovací síla formálního jazyka důležitá z hlediska odvozování znalostí.

Právě na tomto porovnání se promítne vztah umělého jazyka k Turingovu testu. Jedná se zároveň o myšlenku, která prostupuje celou práci a vrcholí zdůvodněním, proč bychom měli, mimo jiné i vzhledem k výzvě, kterou Alan Turing položil právě formulováním jeho testu, používat vhodný logický systém, který umožňuje podrobnou analýzu přirozeného jazyka.

Pro svou práci budu využívat příspěvků v českém i anglickém jazyce. Pasáže, které jsou přeložené z původního anglického znění, budou vždy uvedeny v poznámkách pod čarou ve své originální podobě. Pokud k anglickým textům neexistují česky psané ekvivalenty, uchýlím se k vlastním překladům, avšak věřím, že na kvalitu práce tato skutečnost nebude mít vliv.

1. Představení Turingova testu

Vtíravou otázkou: „Mohou stroje myslet?“, položil roku 1950 Alan Mathison Turing, když pod záštitou časopisu *Mind* vyšla jeho esej *Computing Machinery and Intelligence*. Cílem otázky mělo být nalezení kritéria, pod kterým by stroje mohly být považovány za takové, jež správně imitují chování člověka. Samotná otázka ale Turingovi přišla zavádějící, neboť naváděla k hledání odpovědi nikoliv pomocí vědeckého bádání, ale pomocí běžných metod jazykové analýzy, začínajíc definicí slov „stroj“ a „myslet“. Kdybychom se slova snažili vyložit podle jejich běžného použití, mohlo by se stát, že bychom odpověď hledali spíše v průzkumech veřejného mínění. To by nám zajisté k objektivní odpovědi moc nepomohlo.

„Místo toho, abych se pokoušel o takovou definici, nahradím tuto otázku jinou, která je s ní úzce spojená, ale je vyjádřena relativně jednoznačně.“¹

Turing se proto rozhodl nahradit otázku „Mohou stroje myslet?“ něčím, co nazval *imitační hrou*. Ve stručnosti se jedná o situaci, ve které počítač napodobuje odpovědi na otázky lidského tazatele tak, aby si tazatel myslel, že mluví s člověkem, nikoliv se strojem. Tímto původní otázku, která sváděla převážně k filozofickým debatám a domněnkám o možnostech myšlení pro stroje, přesunul na hledání způsobů zprostředkování přirozeného jazyka strojům tou nejlepší možnou cestou. Tato nová verze otázky dává prostor pro vědecké bádání a nabádá k podrobné jazykové analýze. Hned v následující kapitole se s *imitační hrou* seznámíme podrobněji, ale na úvod si musíme uvědomit, co nám *imitační hra* přináší. Jednoduše se dá říci, že *imitační hra*, nebo též tzv. Turingův test, připisuje myšlení pouze takovým strojům, které adekvátně napodobují lidské verbální projevy. Tedy jedná se o schopnost adekvátně reagovat na mluvené nebo psané slovo.

1.1 Imitační hra

Imitační hra má tři účastníky. Muže (A), ženu (B) a tazatele (C), u kterého pohlaví nehraje roli. Tazatel sedí v oddělené místnosti od muže a ženy. Jeho úkolem je poznat, s kým při komunikaci mluví. Aby však nebyl ovlivněn tónem, výškou nebo zbarvením hlasu a jinými biologickými znaky, komunikace mezi dvěma místnostmi probíhá zprostředkovaně (pomocí dálkopisu, terminálu apod.).

Tazatel účastníkům postupně pokládá řadu zjišťovacích otázek, které mají určit jejich pohlaví. Turing předpokládá, že pro ženu je nejlepší strategií pravdomluvnost a že muž musí

¹ Turing (1950) s. 433, vlastní překlad anglického originálu:

„Instead of attempting such a definition I shall replace the question by another, which is closely related to it and is expressed in relatively unambiguous words.“

nutně lhát. Ačkoliv se otázky mohou zdát genderově předpojaté, tak mají sloužit jasnému úkolu, kterým je rozlišení pohlaví.

Zamění-li se totiž jeden z účastníků počítačem (v Turingově testu se jedná o záměnu hráče A, tedy muže), dojde i ke změně typů kladených otázek. Tazatel začne přizpůsobovat otázky tak, aby zjistil, zda je ve hře člověk, nebo stroj. Genderové rozlišení není důležité. Hlavní úkol tazatele je zjistit, jestli mluví se strojem, nebo člověkem (je proto také prakticky jedno, jestli zaměníme hráče A či hráče B). Jelikož test nemá žádné omezení, co se týče výběru konverzačních témat, je důraz kladen na kvalitu odpovědí. Kvalitou se myslí přirozenost, smysluplnost, vtipnost a jiné vlastnosti, které běžně připisujeme svým konverzačním protějškům při běžné komunikaci.

V první variantě hry, kdy proti sobě stáli pouze příslušníci lidského rodu, a kdy se osoba A snažila imitovat osobu B, tak aby osoba A uspěla ve zmatení tazatele C, musí zvolit správná slova a správnou formulaci řeči.

V druhé variantě testu, kdy za osobu A dosadíme počítač, podmínky se lehce modifikují, ale princip zůstává stejný. I když nám v této variantě nejde o identifikaci pohlaví, ale o správné rozlišení mezi strojem a člověkem, stroj musí řádně imitovat „lidský“ způsob řeči.

1.2 Popis Turingova stroje

Stručný popis, jaký druh počítače se účastní imitační hry, nalezneme ve třetí a čtvrté části eseje. Turing vymezuje stroje na jakýkoliv lidmi vytvořený stroj, přičemž zahrnuje i lidi, kteří však nepřišli na svět „běžným způsobem“.² Tímto rozlišuje mezi *lidským* a *digitálním* počítačem a povoluje použít pouze *digitální* počítače v imitační hře.

Techničtější popis *digitálního* počítače, který se má účastnit imitační hry, se skládá z přiřazení tří esenciálních částí ke stroji. Jsou to paměť, řídicí jednotka a kontrola. Paměť se má na mysli nejen úschova dat, ale i tzv. „tabulka instrukcí, což je vestavěný program, který určuje chování počítače ve všech myslitelných situacích.“³ Pod řídicí jednotkou si můžeme představit dnešní procesory, které vykonávají úkoly na základě instrukcí. Poslední součástí je kontrola, která má za úkol dohled na správné fungování řídicí jednotky.

² Turing (1950) s. 435.

V anglicky psaném originálu: „men born in the usual manner“.

Běžným způsobem se zde myslí klasická pohlavní reprodukce. Naopak člověk stvořený, nebo lépe „vypěstovaný“, v laboratorních podmínkách za pomoci např. klonovací metody, by už toto vymezení nesplňoval.

³ Tvrđý (2014) s. 27.

Dodatkem k definici je výčet vlastností, jaké by měl stroj obsahovat. Respektive, jaký druh počítačů by byl teoreticky možný se hry účastnit.

Autor nám představuje tzv. *stroje nespojitých stavů*, které přecházejí z jednoho konečného stavu do druhého. Nejedná se o kontinuální pohyb, ale skokový. V binárním kódu by to byl přechod z 1 do 0 a naopak.

Turing předpokládal, že počítače v jeho době selhávají na nedostatečné paměťové kapacitě. Proto ve svém popisu navrhuje stroj, jehož kapacita by byla teoreticky neomezená. Kdyby to vypadalo, že by někdy mohlo dojít k vyčerpání kapacity, dala by se paměť kdykoliv rozšířit o další a další konečné části.

Poslední funkcí stroje je, že „jsou schopné imitovat jakýkoliv *stroj nespojitých stavů*“, což je činí, jak Turing nazval, „*univerzálními stroji*“.⁴ Takový stroj je víceúčelový a je možné jej naprogramovat, jakkoliv je potřeba. Není tak třeba nových strojů, které by měly pouze singulární účel.

1.3 Stručné představení námitek

Protože esej mohla vyvolat (a jistě se tak i později stalo) vlnu námitek, rozhodl se Turing předejít své odpůrce a uvedl sadu devíti potenciálních námitek, které měly více či méně pokrývat všechny možné budoucí námitky.

Jelikož se Turingův test zabývá problémem myšlení, tak i většina námitek se týká této roviny. Pro účely této práce se však budu věnovat jen těm námitkám, které se zabývají jazykovou stránkou. Konkrétně se jedná o *matematickou námitku*, o *argument z různých neschopností* a o *argument z neformálnosti chování*.

a) Matematická námitka

V matematické námitce nás Turing seznamuje s významným omezením, které se vztahuje na počítače. Toto omezení, jak sám říká, vychází z poznatků matematické logiky, respektive z Gödelova teoremu. Abychom lépe chápali, o čem Turing mluví, pojdme se podívat, co nám Gödelův teorem vlastně říká.

⁴ Turing (1950) s. 441, vlastní překlad anglického originálu:

„This special property of digital computers, that they can mimic any discrete state machine, is described by saying that they are *universal machines*.“

„V každém dostatečně silném logickém systému můžeme formulovat tvrzení, která nemohou být v daném systému dokázána ani vyvrácena, pokud sám systém není nekonzistentní.“⁵

Výše uvedená citace souvisí s logickým odvozováním. Pokud jsou pravdivé všechny předpoklady a závěr z nich vyplývá, pak je také nutně pravdivý. Z pravdivých předpokladů tedy odvodíme pomocí korektních logických pravidel pravdivé závěry. Poznámka o nekonzistentnosti systému je důležitá z toho důvodu, že v nekonzistentním systému odvodíme jakékoliv tvrzení, neboť ze sporných předpokladů vyplývá, a tedy i odvodíme, cokoli. Nemůže se totiž z definice logického vyplývání stát, že by všechny předpoklady byly současně pravdivé (protože jsou sporné).⁶ Gödelův teorém blíže souvisí s problematikou úplnosti teorie. Teorie je charakterizována svými axiomy. Axiomy jsou taková tvrzení, která jsou považována za pravdivá. Z těchto formalizovaných axiomů, které jsou tak jistými předpoklady, pak můžeme pomocí logických pravidel odvozovat další dokazatelná tvrzení, tedy tzv. teorémy. Protože pravidla jsou ve shodě s logickým vyplýváním a zachovávají tedy pravdivost, tak z pravdivých axiomů odvodíme taky pravdivé teorémy. Gödel dokázal, že v některých teoriích existují dobře formulovaná pravdivá tvrzení, která z axiomů neodvodíme. Takovým teoriím říkáme neúplné. Například aritmetika přirozených čísel je neúplná teorie.

Přestože Turing problematiku vztahující se ke Gödelovu teorému přibližuje pouze povrchově (a rozebírat ho zde podrobněji by přesahovalo rámec práce), využívá jej za účelem ukázání, že taková tvrzení, o nichž byla řeč výše, neodvodí ani počítač.

Ještě jednou se tedy podívejme na problém, který Turing řeší. Turing vztahuje omezení dané Gödelovým teorémem na digitální počítače. Respektive na takové, které se mají účastnit imitační hry, a taky takové, kterým se přirozený jazyk zprostředkuje právě pomocí jazyka umělého (tedy určitého formálního systému, který se skládá z jazyka a odvozovacích pravidel). Má-li tedy počítač pracovat s formálním systémem, pak budou existovat situace, ve kterých si počítač nebude „vědět“ rady a věty neodvodí jako výstup.

Problém se samozřejmě netýká pouze vět jako takových, ale i odpovědí na „ano/ne“ otázky a jak Turing sám napsal, jsou „otázky, na které [počítač] dá buď špatnou odpověď, nebo nezvládne odpovědět vůbec.“⁷

⁵ Turing (1950) s. 444, vlastní překlad anglického originálu:

„... in any sufficiently powerful logical system statements can be formulated which can neither be proved nor disproved within the system, unless possibly the system itself is inconsistent.“

⁶ S logickým vyplýváním se podrobněji seznámíme na str. 16.

⁷ Turing (1950) s. 444, vlastní překlad anglického originálu:

„... there will be some questions to which it will either give a wrong answer, or fail to give an answer at all“

Samotná námitka byla napsána bez ohledu na fungování lidské mysli. Respektive, funkci lidské mysli opomíjí. Autor nás varuje před kladením příliš velké důvěry v námitku bez ohledu na to, jak sami lidé fungují. Určitě si moc dobře vybavíme, že i my často dáváme špatné, nebo dokonce žádné odpovědi na kladené otázky, právě proto, že jsme špatně zanalyzovali otázky a věty mířené na nás samotné.

b) Argument z různých neschopností

„Být milý, duchapřítomný, krásný, přátelský, iniciativní, mít smysl pro humor, odlišit dobro od zla, dělat chyby, zamilovat se, pochutnávat si na jahodách se smetanou, být milován, učit se ze zkušenosti, používat správně slova, přemýšlet sám o sobě, mít mnoho různých druhů chování jako člověk, dělat něco skutečně nového“⁸ je výčet činností, které podle Turinga počítače nemohou mít. Z tohoto chaotického výčtu nás budou zajímat hlavně vlastnosti „dělat chyby“ pro účely imitační hry a „používat správně slova“ pro jazykovou stránku úvahy o vlastnostech strojů.

Jakkoli náhodný výše uvedený výčet může být, vlastnost „dělat chyby“, respektive je nedělat, má důležitou roli při imitační hře. Povíkáme-li si s člověkem, jsme zvyklí, že než dáme odpověď, uběhne čas, jež využíváme na rozmyšlenou. Čím je otázka, popř. požadovaná odpověď komplexnější, tím více času je za potřebí na rozmyšlenou. Důležitým faktorem dále je, že ne vždy odpovíme správně. Dejme tomu, že dostaneme za úkol vypočítat matematickou rovnici. U člověka budeme mít za to, že potřebuje dostatek času na vypočítání rovnice a je jisté, že nám odpověď nedá jen pár sekund poté, co se jej zeptáme (pokud tedy bereme v úvahu složitější matematické úkony než $1+1$). V případě ne úplně zdárného matematika je dokonce pravděpodobné, že výsledek rovnice bude chybný i po delším čase potřebném na vypočítání. U strojů, však na druhé straně, se často stává, že mu zadáme matematickou rovnici a dostaneme obratem výsledek. Stačí si jen do rukou vzít kalkulačku a zjistíme, s jakou rychlostí se nám dostane správné odpovědi. V imitační hře tahle vlastnost může hrát důležitou roli při rozpoznávání člověka a počítače.

Mnohem důležitější je pro nás námitka o neschopnosti počítače „používat správně slova“. V eseji *Computing Machinery and Intelligence* najdeme zmínku o tom, jakým způsobem zprostředkovat přirozený jazyk počítači. Řečeno jednoduše, počítači zprostředkujeme přirozený jazyk pomocí programování, kdy programování chápeme jako jistý druh formálního

⁸ Turing (1950) s. 447, překlad převzat z Tvrdý (2014) s. 53. Anglicky psaný originál:

„Be kind, resourceful, beautiful, friendly, have initiative, have a sense of humour, tell right from wrong, make mistakes, fall in love, enjoy strawberries and cream, make some one fall in love with it, learn from experience, use words properly, be the subject of its own thought, have as much diversity of behaviour as a man, do something really new.“

systému. Čím je formální systém podrobnější, tím lépe dokáže postihnout různá zákoutí přirozeného jazyka.⁹ Pokud budeme vycházet z matematické námitky, respektive z Gödelova teorému, tak musíme vzít v úvahu, že počítač je pouhou realizací formálního systému. Takový formální systém, s sebou nese jistá omezení pro jazyk. Pro zopakování si jen připomeňme, že jsou „otázky, na které [počítač] dá buď špatnou odpověď, nebo nezvládne odpovědět vůbec.“¹⁰

Výtku o tom, že stroj není schopný „používat správně slova“ lze brát jako neschopnost najít správný formální systém, který by byl schopný si poradit i s tak problematickými větami jako nám předkládá Gödel (popř. Lucas a jiní).

Další nám předkládané neschopnosti jako „být milý, duchapřítomný, přátelský, mít smysl pro humor, odlišit dobro od zla“ lze již dále odvodit od „správného používání slova“. Avšak dokud se nám nepodaří překonat Gödelův teorém, není třeba se těmihle problémy moc zaobírat. Ačkoliv se může zdát, že se jedná o velké zjednodušení, tak u neformálního jazyka jsou tyto vlastnosti zakomponovány do běžné komunikace a jejich rozpoznání závisí právě na onom adekvátním používání jazyka. Určitě bychom o někom neřekli, že je např. duchapřítomný, když se jej zeptáme „Chceš vodu nebo čaj?“ a dotyčný by odpověděl „Ne“.

c) Argument z neformálnosti chování

„Není možné vytvořit množinu pravidel, která by měla za cíl popsat, co by měl člověk dělat v každé myslitelné situaci.“¹¹

Kdyby se člověk choval podle jasně daných pravidel chování, tak by nemohl reagovat na nečekané situace, které by před ním vyvstaly. Turing uvádí příklad se semaforem, kdy nám program říká přejít na zelenou a zastavit na červenou. Ale sám by se dostal do situace, se kterou by si „nevěděl rady“, kdyby se např. objevila obě světla najednou. Člověk však je schopný podívat se na situaci a vyhodnotit podle ní, co „dělat“.

Námitka z neformálního chování se nemusí týkat pouze způsobu chování. Jak již bylo řečeno v matematické námitce, jsou věci, které počítač není schopen „dělat“. Proto tato námitka vypadá jako obdoba námitky matematické.

⁹ Na str. 14 se setkáme s definicí expresivní síly, která právě úzce souvisí s nároky na jazyk a s naší zde popsanou neschopností.

¹⁰ Turing (1950) s. 444.

¹¹ Turing (1950) s. 452, vlastní překlad anglického originálu:

„It is not possible to produce a set of rules purporting to describe what a man should do in every conceivable set of circumstances.“

Důležitost této námitky spočívá ve způsobu, jakým by měl být počítač schopný pracovat se svým naprogramováním. Respektive se svým formálním jazykem, ať už se jedná o promluvu, nebo o chování. Mějme na paměti, že počítač je svým naprogramováním limitován. Respektive, v moderní době zatím neexistuje počítač, který by byl schopný své naprogramování změnit a přepsat. I Turing sám, když zavádí tabulku instrukcí, považuje jí za neměnnou součást, která udává, jak se má počítač chovat. Takže v případě, kdy se vyskytne situace, která není postihnuta pomocí tabulky instrukcí, počítač není schopný ji zpracovat.

2. Nároky na umělý jazyk

Turingův test klade nároky na vhodné zpracování přirozeného jazyka. Respektive klade nároky na volbu adekvátního umělého jazyka, do kterého ten přirozený převádíme.

„Pokud chceme, aby počítač napodoboval lidské počítače v komplexnějších operacích, tak se nejprve musíme zeptat na způsob, jakým toho lze dosáhnout a poté převést odpověď do podoby tabulky instrukcí. Vytvoření této tabulky instrukcí se obvykle popisuje jako ‚programování‘.“¹²

Turing sám nás tak přímo nabádá k analýze přirozeného jazyka, neboť se snaží o vytvoření takového stroje, který by byl schopný uspět v imitační hře. Takový počítač je schopný pracovat s jazykem, „rozumí“ jeho jednotlivým složkám a umí adekvátně odpovídat na zadané dotazy. Jelikož se do počítače zadávají instrukce pomocí programovacích jazyků, je třeba najít takový z nich, který by byl nejpřesnějším obrazem jazyka přirozeného.

Proč ale dělat podrobnou analýzu přirozeného jazyka? Proč se snažit o jeho převedení do formálního systému, kterému by počítač „rozuměl“, „věděl“ jak s ním zacházet a uměl jej adekvátně používat?

Abychom byli schopni odpovědět na výše uvedené otázky, podívejme se na zařízení zvaná chatboty. Jedná se o programy s vestavěnými konverzačními scénáři, které jsou schopny odpovídat na určitou sadu otázek. Reagují pouze na klíčová slova, nebo klíčové vstupy, v konverzaci a odpovídají vestavěným adekvátním způsobem. Jsou hojně užívané různými společnostmi a firmami, aby zodpověděly některé informace o produktech, práci, firemních technikách apod.

O něco sofistikovanější jsou tzv. *companionable dialogue agents*. Ačkoliv se zakládají na metodě chatbotů, snaží se tito *agenti*, nebo respektive jejich autoři, o to, aby se v jejich projevu objevovaly charakterové vlastnosti, známky emocí a empatie. Lidem, kteří *agenty* využívají, by měli poskytnout pomoc a podporu v dlouhodobém časovém rozmezí. Jejich oblastí zájmu by tak bylo fitness, zdraví a životní styl, móda, výživa aj. Jejich schopnosti a přednosti by spočívaly v poradenství a jejich základními rysy (vedle správného reagování na situaci po jazykové stránce) by byly „zdvořilost, diskrétnost, skromnost, veselost a dobrá informovanost.“¹³ Takovým způsobem fungující *agenti* se využívají např. ve zdravotnictví,

¹² Turing (1950) s. 438 vlastní překlad anglického originálu:

„If one want to make a machine mimic the behaviour of the human computer in some complex operation one has to ask him how it is done, and then translate the answer into the form of an instruction table. Constructing instruction tables is usually described as ‚programming‘.“

¹³ Schubert (2015) vlastní překlad anglického originálu:

„... politeness, discretion, modesty, cheerfulness, and well-informedness.“

kde mají hledat příčiny symptomů a pomoci v diagnostikování nemocí. Proto jsou témata většinou značně omezená nebo vyhraněná pouze na specifický obor.

Pojďme se podívat, jak takový chatbot či *agent* funguje. Jelikož příklad mluví za vše, vezměme příklad konverzace s chatbotem, který si později může každý sám vyzkoušet.

Tereza: Zdravím!

Knihovnice: Dobrý den. Hledáte dnes nějakou knihu v knihovně?

Tereza: Ano.

Knihovnice: Co se Vám líbí?

Tereza: Harry Potter.

Knihovnice: To je výborná knížka. Máme více knih ohledně Harryho Pottera v sekci 12 sci-fi pod H.

Tereza: Kde to najdu?

Knihovnice: Kde už jste se dívala?

Tereza: Všude.

Knihovnice: I na dně oceánu?

Tereza: Ano.

Knihovnice: Co se Vám líbí?

Tereza: ...¹⁴

Tato krátká konverzace s chatbotem zvaným *Knihovnice* jasně ukazuje, jak chatbot reaguje pouze na klíčová slova modelovými odpověďmi. Pokud jako vstup použijete slovo „Zdravím!“, má chatbot zakódované, že má pozdravit nazpět a zeptat se, jestli hledáme knihu. Při jiném pozdravu, např. „Dobrý den!“ zase odpoví jinou modelovou větou. Přestože se nejprve konverzace zdá být srozumitelná, tak ve chvíli výskytu klíčového slova nereaguje chatbot kontextově, ale reaguje podle předepsaných modelových odpovědí. Tím celá konverzace ztrácí na srozumitelnosti. Autor chatbotu *Knihovnice* má nejspíše dobrý smysl pro humor, jak vidíme při zdařilém pokusu o ironii ze strany *Knihovnice* otázkou „I na dně oceánu?“ Ačkoliv je škoda, že se ironický tón nedal udržet po jednoslovné odpovědi „Ano“, kdy chatbot bral tuto odpověď jako klíčové slovo, na kterou zareagoval pomocí předepsané instrukce. Jak lze vidět, odporuje to konverzačnímu schématu, který bychom nejspíše očekávali při běžné konverzaci s lidským protějškem.

¹⁴ Vlastní překlad anglické verze konverzace:

Tereza: Hi!/Librarian: Well hello. Are you looking for a library book today?/Tereza: Yes./Librarian: What is it that you find attractive?/Tereza: Harry Potter./Librarian: That is a excellent book. We have more of the Harry Potter books in section 12 sci fiction under H./Tereza: Where can I find it?/Librarian: Where have you looked already?/Tereza: Everywhere./Librarian: Including the bottom of the ocean?/Tereza: Yes./Librarian: What is it that you find attractive?/Tereza:

Podívejme se, jak by konverzace probíhala, pokud bychom na otázku „I na dně oceánu?“ odpověděli „Ne“.

Tereza: Kde to najdu?

Knihovnice: Kde už jste se dívala?

Tereza: Všude.

Knihovnice: I na dně oceánu?

Tereza: Ne

Knihovnice: Okay.

Tereza: Pomůžete mi teda?

Knihovnice: Jak Vám mohu pomoci?

Tereza: Povězte mi, kde najdu knížky ohledně Harryho Pottera.

Knihovnice: Ptáte se mě na to, kde byste našla knížky ohledně Harryho Pottera? Myslíte si, že bych to měla vědět?

Tereza: Ano.

Knihovnice: Co se Vám líbí?

Tereza: ...¹⁵

Jak lze vidět, ani v tomhle případě jsme se s chatbotem nedopracovali ke zdárnému konci, nebo minimálně ne ke schématu, které bychom byli schopni identifikovat jako konverzační schéma s lidským protějškem. V jistou chvíli *Knihovnice* naprosto opomíjí kontext konverzace a soustředí se pouze na klíčová slova. „Tereza: Pomůžete mi teda?; Knihovnice: Jak Vám mohu pomoci?“ Ačkoliv jsme se s chatbotem bavili ohledně místa, kde lze knížky o Harry Potterovi nalézt, chatbot předchozí konverzaci zahodil a soustředil se čistě na klíčová slova ve výpovědi. Tímto způsobem lidé jistě nefungují. Navíc stejně jako v předchozí ukázce, i zde nám *Knihovnice* reaguje na slovo „Ano“ identickou modelovou odpovědí „Co se Vám líbí?“

Přestože bychom takovou knihovnici v naší oblíbené knihovně s největší pravděpodobností nechtěli potkat, musíme ocenit snahu autora chatbotu a komické zpříjemnění konverzace o ironii, která se právě blíží více ke *companionable dialogue agents*.

¹⁵ Vlastní překlad anglické verze konverzace:

Tereza: Where can I find it?/Librarian: Where have you looked already?/Tereza: Everywhere./Librarian: Including the bottom of the ocean?/Tereza: No./Librarian: Okay./Tereza: Will you help me then?/Librarian: How can I help you?/Tereza: Tell me where to find Harry Potter books./Librarian: You are asking me where you find Harry Potter books? Do you think I should know it?/Tereza: Yes./Librarian: What is it that you find attractive?/Tereza:

Určitě však existují sofistikovanější chatboty než onen příkladový, avšak nechceme, aby se právě takové jednoduché mechanismy účastnily imitační hry. I když Alan Turing nežil v době chatbotů, můžeme si lehce domyslet, že při psaní eseje *Computing Machinery and Intelligence* měl na mysli daleko důmyslnější počítač, který by byl schopný řeč adekvátně analyzovat jako celek s vazbami.¹⁶

Pokud tedy nechceme, aby Turingův stroj byl omezený pouze na sadu naučených odpovědí na kladené otázky (resp. na klíčová slova v kladené otázce), popřípadě aby se neomezoval na jedno konkrétní téma, je potřeba, aby si osvojil základní jednotku komunikace, a tou je řeč. Máme tím na mysli přirozený jazyk adekvátním způsobem převedený na jazyk umělý. Není třeba se dohadovat, že existují tací, kteří tvrdí, že chatboty jsou dostatečně způsobilé v užívání jazyka, protože jsou schopni reagovat na modelové situace. Stejně by to tak bylo i s *companionable dialogue agents*. Avšak jak jsme si ukázali, takové programy v konverzaci po čase selhávají. Turingův stroj však musí být flexibilnější v používání jazyka. Alan Turing sám říká, že chce, aby stroj v imitační hře napodoboval lidskou řeč. My, jakožto příslušníci lidského rodu, víme, že naše konverzace se neustále vyvíjejí a neustávají pouze na jednom tématu. Kdybychom tedy změnili téma, nebo konverzaci chtěli rozvést, chatboty a *agenti* by začali zaostávat a v imitační hře by s největší pravděpodobností neuspěli.

Ideální počítač, který by byl schopný uspět v imitační hře, by měl být taky schopen používat jazyk v jeho celistvosti. Je schopen z daných premis odvodit platné závěry, a mnohem více než to. Jak si později ukážeme, máme více než jeden způsob vyvozování závěru.

Turingův test tak může na stroje klást především jazykové nároky. Na to, jakým způsobem jsou stroje schopny adekvátně reagovat na přirozený jazyk opět přirozeným jazykem. Odtud tedy může test klást i nároky na analýzu přirozeného jazyka a jeho převod do jazyka umělého. Pro programátory, vývojáře a také filozofy zabývající se logikou tak může jít o výzvu najít nejvhodnější způsob zpracování přirozeného jazyka do podoby, kterou bychom byli schopni stroji zprostředkovat.

Pro účely této práce se proto budeme soustředit na převedení přirozeného jazyka do jazyka výrokové logiky, predikátové logiky prvního řádu a transparentní intenzionální logiky. Důvodem, proč uvádíme zrovna tyto tři jazyky logiky, je, abychom pomoci

¹⁶ Konverzaci s chatbotem si čtenář může vyzkoušet na následujícím odkaze: <http://www.pandorabots.com/pandora/talk?botid=df7988f43e346a64>
Další chatboty jsou pak k nalezení na stránce: <https://www.chatbots.org/chatbot/> v sekci *Examples of chatbots*.

komparativní metody byli schopni porovnat jejich vhodnost při analýze přirozeného jazyka a zvolili tak ten nejvhodnější způsob.

To nás dovádí k otázce expresivní síly formálních jazyků. Expresivní síla logického systému je dána tím, do jaké míry podrobnosti můžeme analyzovat jednotlivé výrazy. Ideální logický systém by nám měl umožnit analyzovat premisy do takové hloubky, abychom mohli odvodit všechny závěry, které z těchto premis logicky vyplývají. Jednotlivé formální jazyky mají různou míru této schopnosti analyzovat přirozený jazyk tak, aby bylo možné explicitně zachytit jeho rysy relevantní z hlediska logického vyplývání. To, jak moc podrobně jsou tyto formální struktury schopny analyzovat přirozený jazyk a jeho jednotlivé výrazy, určuje jejich expresivitu. Čím je logický systém detailnější, tím je expresivita vyšší.

V závěru kapitoly budou pro srovnání expresivní síly logických systémů ukázány praktické příklady, které budou podkládat předem vysvětlenou teorii.

2.1 Logika

Na úvod je však nutné se nejprve vyjádřit k terminologii, která bude potřebná pro pochopení pozdějšího výkladu. Jelikož definice a teorie týkající se logických výrazů se v literatuře moc neliší, jsou v následujících odstavcích a podkapitolách parafrázovány části zejména z literatury *Studentův průvodce kurzem klasické logiky* od doktorky Číhalové a *Klasické logiky* profesora Štěpána.

Začněme se samotným základním pojmem logika. Logika je věda, která se zabývá správným usuzováním. Samotné slovo pochází z řečtiny ze slova „logos“ a překládá se nejčastěji jako „slovo“ nebo „řeč“. S přirozeným jazykem a jeho analýzou souvisí tak, že umožňuje některé věty přirozeného jazyka přepsat (reglementovat) do jazyka logiky. To, které věty lze prostřednictvím logického systému reglementovat, pak závisí na jeho povaze a expresivitě. Poté lze na věty aplikovat logická pravidla, jejichž prostřednictvím jsme schopni odvodit logické důsledky dané skupiny reglementovaných vět.

Nejobecněji rozlišujeme logiku klasickou a neklasickou. Klasická logika neoperuje jen tak s nějakými větami, ale s tzv. *výroky*. *Výroky* jsou taková tvrzení, u kterých můžeme říct, zda jsou pravdivá či nikoliv. Rozlišení pravdivého od nepravdivého se zde děje ve vylučovacím smyslu. Pokud máme *výrok*, u něhož nelze rozhodnout o pravdivostní hodnotě (minimálně ne okamžitě), pak nesmíme usuzovat, že je takový výrok nepravdivý. Pouze lze říct, že jeho

pravdivostní hodnota není momentálně zjistitelná. Avšak mějme na paměti, že ne každá věta je *výrokem*. Jedná se na příklad o věty rozkazovací, práci, tázací a podobně.¹⁷

Není ale pravda, že všechny logiky pracují pouze s výroky. Takové jsou právě logiky neklasické. Jako příklad si můžeme uvést erotetickou logiku, v jejímž popředí stojí otázky. Provádí tedy logickou analýzu otázek a adekvátnosti odpovědí. Patří zde dále i deontická logika, která se zabývá rozkazy a je využitelná např. v právu nebo tzv. doxastická logika, zabývající se větami vyjadřujícími domněnky. Ačkoliv takové typy logik nejsou předmětem této práce, v následujících kapitolách se zaměříme na jednu logiku, která neoperuje pouze čistě s výroky. Jedná se o transparentní intenzionální logiku. Jelikož se transparentní intenzionální logice (zkráceně TIL) budeme dále věnovat níže v samostatné kapitole, uvedme si jen jednu stručnou poznámku k tomuto formálnímu systému. Jedním z hlavních specifíků a výhod TIL je, že umožňuje analyzovat i výroky, které nemají žádnou pravdivostní hodnotu. Jak později uvidíme, zjistíme, že klasická logika operuje pouze v rámci pravdivostního ohodnocení „pravda/nepravda“, což je u spousty výroků poměrně bezproblémové. Např. výroku „Prší“ určitě nebudeme mít problém jednu z výše uvedených pravdivostních hodnot přiřadit. Avšak jakou pravdivostní hodnotu přiřadíme výroku „Současný francouzský král je plešatý“? V rámci klasické logiky bychom museli tomuto výroku přiřadit pravdivostní hodnotu buďto „pravda“ nebo „nepravda“, ale to přeci nejde. Jak kladná, tak záporná odpověď předpokládají existenci francouzského krále, který buď vlastnost plešatosti má, nebo nemá. Což samozřejmě nejde, protože Francie monarchie není a krále nemá. Asi tušíme, že ani jedna z pravdivostních hodnot nám zde nepomůže a klasická logika na analýzu tohoto typu výroku jednoduše nestačí, neboť dle pojetí klasické logiky v podstatě ani nejde o výrok. TIL však analýzu zvládne. Kromě klasického vyhodnocení „pravda/nepravda“ totiž ještě dovoluje jednu variantu, a to nepřipustit žádnou pravdivostní hodnotu. Každý výraz výroku má svůj výstup, který nás později dovádí k pravdivostní hodnotě celého výroku. Výrok „Současný francouzský král je plešatý“ nemá výstup, protože žádný francouzský král momentálně neexistuje. Proto ani celý výrok nám při pravdivostním ohodnocení nedá žádný výstup.

Důvodem pro provedení logické analýzy přirozeného jazyka je, abychom nejednoznačné věty přirozeného jazyka přesně zachytili, odstranili případnou dvojznačnost a vágnost, a abychom byli schopni určit jejich logickou strukturu. To nám následně pomůže při odvozování jejich logických důsledků. Logická struktura se zachycuje pomocí formálních

¹⁷ O *výrocích* v klasické logice platí, že mohou mít pouze hodnotu pravda nebo nepravda. Této vlastnosti se říká *dvouhodnotovost*.

jazyků. Díky tomu můžeme pomocí logických pravidel odvozovat automatizovaně důsledky tvrzení. Jedná se o pouhou práci se symboly, kterou může vykonávat i počítač.

Ještě než se vrhneme na definici odvozování, musíme si nejprve vyjasnit pojem *úsudek*. *Úsudek* je tvořen premisami a závěrem. *Platný úsudek* je pak takový, kde logické vyplývání mezi premisami a závěrem platí. Onomu odvozování či vyplývání říkáme *dedukce*. Pro zopakování se jedná se o situaci, kdy z předpokladů, kterým říkáme premisy, logicky odvozujeme závěr. Závěr je tak nutně pravdivý, pokud jsou pravdivé všechny předpoklady. Pokud tedy máme závěr, který logicky vyplývá z premis, pak jen tehdy je *úsudek deduktivně platný*. Nemůže se vyskytnout okolnost, kdy by byly předpoklady platné, přičemž závěr by nebyl.

Za výroky považujeme jak premisy, tak závěr a právě o těchto výrocích můžeme říct, že jsou buď pravdivé či nepravdivé. To samé však nelze říct o úsudku jako celku. O něm lze pouze říct že, je buď platný, nebo neplatný.¹⁸

Platnost, respektive neplatnost, úsudku je dána pouze jeho logickou strukturou. Jenom logická struktura úsudku nám udá jeho platnost, popřípadě neplatnost. Aktuální pravdivostní hodnotu předpokladů a závěru ověřujeme pomocí empirického zkoumání.

Další vlastností úsudků, se kterou se v logickém vyplývání setkáme, je *reflexivita* a *monotónnost*. *Reflexivita* znamená, že pokud jako závěr dosadíme libovolnou z premis, vytvoříme tak vždy platný úsudek.

Monotónností myslíme vlastnost, že pokud mezi premisy platného úsudku přidáme libovolnou novou premisu, opět dostaneme platný úsudek.

Mějme sporné premisy. Co nám z takových premis vyplyne? Odpověď zní, že jakékoliv tvrzení dosadíme za závěr, dostaneme platný úsudek. Je nutné si poznačit, že „ze sporných předpokladů vyplývá jakýkoli závěr.“¹⁹ Takovou skutečnost víme s jistotou, protože podle definice platného úsudku se za žádných okolností nemůže stát, aby premisy byly současně pravdivé, když jsou sporné.

¹⁸ Speciální typ platného úsudku, kterému se v angličtině říká *sound argument*, je tzv. *řádný argument*. Jedná se o platný úsudek, jehož premisy jsou pravdivé a tedy i závěr je nutně pravdivý.

¹⁹ Číhalová (2015) s. 17.

a) Pravděpodobnostní úsudky

Výše jsme se zmínili o deduktivně platném úsudku. Dedukci charakterizujeme jako proces vyvozování logických důsledků z předpokladů. Tedy z premis na závěr. Kromě tohoto deduktivního procesu se setkáme i s tzv. *pravděpodobnostními úsudky*. „Rozdíl mezi deduktivními a *pravděpodobnostními úsudky* je mj. v tom, že u platného deduktivního úsudku je pravdivost závěru zaručena pravdivostí premis, kdežto u *pravděpodobnostního úsudku* pravdivost premis nezaručuje jistotu pravdivosti závěru, pouze jeho určitou pravděpodobnost.“²⁰ Jak jistě budeme později tušit, existují *pravděpodobnostní úsudky*, které můžeme považovat za deduktivní.²¹

Používání pravděpodobnostních úsudků je však stejně tak časté v mezilidské konverzaci jako deduktivních. Představme si situaci, kdy nám nejde zapnout počítač. Naše nejčastější domněnka je, že se nám nejspíše vybila baterka. Podíváme-li se však podrobněji, zjistíme, že máme počítač připojen k síti. Jako další vysvětlení se nám nabízí, že nejde proud, nebo že náš adaptér vypověděl službu. Naše nejhorší možné myšlenky se však mohou vztahovat k situaci, kdy počítač odešel nadobro do „křemíkového nebe“ a naše snahy o jeho vzkříšení mohou vzít za své. Jak vidíme, naše hledání správné příčiny může na sebe brát jednu z výše uvedených variant (a to výčet ještě určitě není celý).

Uplatníme-li deduktivní uvažování, můžeme použít následující schéma:

1. Pokud se vybila baterka, pak počítač nejde zapnout.
2. Baterka se vybila.
Z Počítač nejde zapnout.

Pokud by nastal případ, že baterka je opravdu vybitá a zároveň se jedná o příčinu našeho problému, že počítač nefunguje, jednalo by se o deduktivně platný úsudek.

Zprostředkovat strojům jen deduktivní usuzování by je ochudilo o hledání správné varianty řešení k danému problému. V této části si proto ve stručnosti představíme hned několik typů pravděpodobnostních úsudků a to: *abdukci*, *indukci* a *analogii*.

U deduktivního platného úsudku závěr vyplývá z premis. Pokud jsou předpoklady pravdivé, pak je i závěr nutně pravdivý. Tato nutnost jako jedna z vlastností logického vyplývání je u *abdukce* a *indukce* porušena. U těchto pravděpodobnostních úsudků nelze říct, že pravdivost závěru je garantována pravdivostí premis. *Abdukce* má schéma podobné

²⁰ Štěpán (2001) s. 34.

²¹ Takovým případem je např. indukce (jak si ukážeme níže).

deduktivně platnému úsudku. Závěr nám vysvětluje jev, který máme jako jednu z premis. Musíme mít na paměti, že závěr platí pouze s určitou pravděpodobností. Nikoliv nutně. *Abdukce* se užívá především u diagnostikování nemoci ze symptomů, kterými se projevuje. „Jestliže člověk má nemoc x , pak jsou přítomny symptomy y . Zjistíme, že jsou přítomny symptomy y . Pak tedy usuzujeme, že má člověk nemoc x .“²² Jestliže nám léky na nemoc x nezaberou, musíme zjistit, které další nemoci nebo faktory vykazují stejné symptomy. Stejný způsob uvažování můžeme aplikovat i na náš případ s počítačem, kde to, že jej nelze zapnout, můžeme brát jako symptom a hledáme příčinu takového symptomu.

Indukcí rozumíme vyvozování z jednotlivého na obecné. Tedy z určitých jednotlivých premis vyvozujeme obecně platný závěr. Pravděpodobnost pravdivosti závěru je dána neúplností výčtu premis, ze kterých usuzujeme na závěr. Pouze předpokládáme, že je závěr platný, protože zatím nemáme k dispozici takovou premisu, která by nám závěr vyvrátila. Nejznámějším příkladem pravděpodobnostního charakteru *indukce* je příklad s černou labutí. Obecně si z jednotlivých bílých labutí vyvodíme, že všechny labutě jsou bílé. Tento závěr tak nepočítá s existencí byť jen jediné černé labutě. To, že ten, kdo provádí *indukci* z konkrétních příkladů, se nesetkal s protipříkladem, ještě neznamená, že nějaký protipříklad neexistuje. „Rozlišujeme *indukci úplnou*, kdy premisy zahrnují všechny jednotlivé případy, a pak je závěr jistý“²³; a *indukci neúplnou*, kdy premisy obsahují pouze některé jednotlivé případy, a závěr je pak pouze pravděpodobný, tj. je premisami potvrzován pouze do určité míry.“²⁴

Poslední z nededuktivních úsudků, o kterých se zde zmíníme, je *analogie*. *Analogie* je definována jako “stanovení podobnosti dvou různých objektů na základě částečně společných znaků. Uvažované objekty se tedy musí lišit aspoň v jednom znaku, který při této úvaze považujeme za nepodstatný.“²⁵ Čím více máme podobných znaků, tím je úsudek z *analogie* silnější a věrohodnější. Schéma, kterým by se dala *analogie* vyjádřit je následující:

1. A se podobá B.
2. A má vlastnost V.
- Z B má vlastnost V.

²² Číhalová (2015) s. 17.

²³ *Úplná indukce* však není pravděpodobnostního charakteru. Pravdivost závěru u úplně *indukce* je zaručena pravdivostí premis.

²⁴ Číhalová (2015) s. 18.

²⁵ Blecha aj. (1998) s. 21.

Jako příklad *analogie* si uveďme následující úsudek:

Atom je jako sluneční soustava.

Každá *analogie* má dvě domény. Jedné se říká zdrojová a té druhé cílová doména. Zdrojová doména je ta, u které jsou nám prvky domény známy. V našem případě se jedná o sluneční soustavu. Cílová doména je pak ta, jejíž prvky nám buďto známy nejsou vůbec, nebo máme o nich jen malé znalosti. V našem případě předpokládejme, že atom je něco, o čem máme jen malé znalosti. Abychom tedy pochopili strukturu atomu, použili jsme pro srovnání sluneční soustavu.²⁶ Tomuto přirovnání říkáme *analogie*, protože na základě společných znaků udává podobnost dvou objektů. Podobně jako je Slunce středem sluneční soustavy, kde ve Slunci je soustředěna drtivá většina hmotnosti soustavy, tak i atomové jádro, které je středem atomu, v sobě soustřeďuje většinu hmotnosti celého atomu. A stejně tak jako planety obíhají kolem Slunce, podobně i elektrony (které tvoří obal atomu) obíhají po kruhových drahách kolem jádra atomu. Povšimněte si, že v *analogii* nejsou zmíněny rozdílné znaky, které považujeme za nepodstatné. Jsou to například rozměry porovnávaných objektů, barva, či kruhový pohyb elektronů oproti pohybu planet po elipse aj.

V běžné mezilidské komunikaci využíváme *analogii* na denním pořádku. Nemusí se jednat o vědecká témata, ale např. o snahu zmírnit vážnost výpovědi použitím nepřímé narážky či o vtip. Uveďme si příklad vtipu pomocí *analogie* či právě ono zmírnění výpovědi.

- i) „Dětství je jak být opilý, všichni si pamatují, co jsi dělal, jen ty ne.“
- ii) „Zdravý rozum je jak deodorant. Lidé, kteří jej potřebují nejvíce, jej nikdy nepoužívají.“
- iii) „Strachovat se je jak sedět na houpacím křesle. Člověka to zabaví, ale nic mu to nedá.“²⁷

Zprostředkování pravděpodobnostních úsudků počítači by jistě obohatilo i jeho komunikační dovednosti. Představme si např. stroj, který nám vykládá vtip pomocí *analogie*, ve chvíli, kdy se snaží najít příčinu našeho nefunkčního počítače. To je jako kdybychom se bavili s elektrikářem, který přišel zjistit tu samou závadu. Tedy z komunikačního hlediska by byl počítač a elektrikář k nerozpoznání. Alespoň to bychom si přáli, aby Turingův stroj zvládl.

²⁶ Pro silnější analogii byl zvolen Rutherfordův planetární model atomu. Existují však i jiné modely (např. Bohrovův či Schrödingerův model), které upřesňují strukturu atomu z fyzikálního hlediska, avšak pro potřeby *analogie* jsou slabší.

²⁷ Převzato z internetových obrázků s anglicky psaným textem (viz dodatky po řadě i, ii, iii).

b) Jazyk logiky

Každý jazyk, ať už přirozený, nebo umělý, je charakterizován svou abecedou a gramatikou. Pro přehlednost budou u jednotlivých formálních jazyků v následujících kapitolách uvedeny tyto charakteristiky zvlášť. V této části se proto seznámíme se *syntaxí*, *sémantikou*, *pragmatikou* a v neposlední řadě s *metajazykem*.

Syntax se omezuje pouze na vztahy mezi jednotlivými jazykovými jednotkami. Opomíjí tak zcela jejich smysl. „Studuje jazyk pouze z hlediska forem znaků ... patří sem například problematika gramatiky a pravidel, která udávají ekvivalentní transformace výrazů na jiné výrazy apod.“²⁸

S významem naopak pracuje *sémantika*. Jelikož se člení na *extenzionální* a *intenzionální*, je nutné objasnit si nejprve význam *extenze* a *intenze*. Pod pojmem *extenze* si představme to, co výraz označuje a *intenze* je pak to, co udává smysl výrazu.²⁹ Jinými slovy jedná o rozlišení mezi významem a smyslem. Jako příklad si můžeme vzít známou situaci s Večernicí a Jitřenkou. Smyslem je, že Večernice je první hvězda na večerní obloze a Jitřenka zase poslední. Význam mají však stejný, tedy oboje má na mysli planetu Venuši. Klasická logika pracuje především s *extenzí*, avšak později si ukážeme, že ne všechny logické problémy jsou řešitelné v rámci *extenzionální sémantiky*.³⁰

To, jakou má jazyk v komunikaci funkci, zkoumá *pragmatika*. Nestačí nám tedy jen správně tvořit věty pomocí gramatických pravidel a znát významy jednotlivých slov, musím brát ale i v potaz jednotlivé účastníky hovoru a jejich porozumění a výklad jazyka.

Před tím, než se vrhneme na explikaci prvního formálního jazyka, je třeba ještě udělat zmínku o *metajazyku*. Mějme dva druhy jazyků. Jeden takový, kterým popisujeme objekty, takový, který obsahuje výroky o určité skupině předmětů. Tenhle typ jazyka nazýváme *objektový jazyk* a jedná se o jazyk logiky. Dále mějme jazyk, kterým *objektový jazyk* popisujeme. Právě tomuto jazyku se říká *metajazyk* a považujeme za něj češtinu. Proč vůbec tohle rozlišení používáme? Hlavně proto, abychom se vyhnuli paradoxům. Pokud by došlo k záměně nebo smíšení *objektového jazyka* s *metajazykem*, mohlo by dojít na příklad k následující situaci.

²⁸ Číhalová (2015) s. 19.

²⁹ Intenze nemusí referovat k jednoznačně existujícímu objektu. Záleží, když mu rozumíme.

³⁰ S extenzí se setkáme v kapitole o výrokové logice na str. 22, kdy budeme mluvit o logických spojkách, které jsou právě extenzionální. To znamená, že jednotlivé složky složeného výroku jasně určují jeho pravdivostní hodnotu (bez toho aniž by se přihlíželo k jeho smyslu).

1. Evin otec je Evžen.
 2. „Evžen“ je jméno řeckého původu.
- Z Evin otec je jméno řeckého původu.

Podívejme se na rozdíl mezi první a druhou premisou. První premisa je napsána pomocí *objektového jazyka*. Kdežto druhá *metajazykem*. Co to tedy podrobněji znamená? První premisa nám říká, že jistá osoba Evžen je někoho otcem. Avšak druhá premisa nám podává informaci o slově „Evžen“. Jedná se tedy o popis jazykového výrazu a ne jisté skutečnosti, či popisu osoby. Povšimněme si také, že v druhé premise se vyskytují uvozovky. Používáme-li *metajazyk*, je typické vkládat slova do uvozevek, abychom je rozlišili od *objektového jazyka*. Pokud dojde ke směřování těchto dvou jazyků, dochází k paradoxům nebo nepřirozeným odvozením, viz výše uvedený příklad. I s touto skutečností by měl umělý jazyk pro převod přirozeného jazyka počítat. Turingovým testem by jistě neprošel takový stroj, který by odvodil závěr předchozího úsudku. Proto by měl mít implementována pravidla, která na základě syntaktického odlišení *objektového jazyka* a *metajazyka* podobným inferencím (odvozením) zamezí.

2.2 Výroková logika

Jak nám název již napovídá, výroková logika se zabývá výroky. Respektive zkoumá skládání *jednoduchých výroků* ze *složených*, kdy pravdivost *složených výroků* je jednoznačně určena pravdivostí jeho složek. Abychom lépe chápali, o čem zde mluvíme, připomeňme si, co je to vlastně výrok. Výroky jsou taková tvrzení, u kterých můžeme říct, zda jsou pravdivá či nikoliv. Rozlišení pravdivého od nepravdivého se zde děje ve vylučovacím smyslu. *Jednoduchým výrokem* rozumíme tvrzení, ve kterém není obsažena žádná logická spojka a ve kterém žádná jeho vlastní část není výrokem.³¹ *Složený výrok* na druhou stranu zase obsahuje minimálně jednu logickou spojku a alespoň jedna jeho vlastní část je výrokem. V praxi to vypadá následovně: výrok „Prší“ je *jednoduchým výrokem*, neboť neobsahuje žádnou logickou spojku. Naopak výrok „Neprší“ už je *složený výrok*, protože určitě obsahuje spojku „ne“ (níže si ukážeme, že se jedná o spojku negaci).

Výroková logika se nezabývá již vnitřní strukturou jednoduchých výroků. Zkoumá pouze způsob, jakým se jednoduché výroky skládají do složených, respektive analyzuje tuto skladbu. Jednoduché výroky se do složených spojují pomocí logických spojek (které si níže podrobněji

³¹ Aby se nám nepletla terminologie, jednoduchým výrokům se též říká tzv. elementární výroky.

rozebereme). Logické spojky jsou extenzionální a proto „je pravdivostní hodnota celého složeného výroku dána pravdivostní hodnotou jeho složek.“³²

Jazyk výrokové logiky má dvě části. A sice *abecedu* a *gramatiku*.³³ *Abecedou* se výrokové logice rozumí následující:

- Výrokové symboly: p, q, r, \dots (případně s indexy)
- Symboly logických spojek: $\neg, \wedge, \vee, \supset, \equiv$
- Pomocné symboly: $(,)$ (případně $[,], \{, \}$)

Výrokové symboly nám reprezentují jednotlivé výroky. Mějme na příklad větu „Sněží“, která je výrokiem. Při analýze nám bude písmeno *s* zastupovat výrok „Sněží“.

Jelikož se logickým spojkám budeme věnovat níže, ve zkratce si jen uděláme zmínku o *pomocných symbolech*. *Pomocné symboly* jsou tedy závorčky, které nám usnadňují čtení zápisu symbolů výrokové logiky a dopomáhají nám k jeho správnému rozumnění, čtení a výkladu.

Pokud tvoříme výraz podle pravidel jazyka, tvoříme tak *formuli*. *Formule* je syntakticky správně sestavený výraz a právě *gramatika* nám předepisuje, jakým způsobem tvořit tyto korektní *formule*.

Pravidla *gramatiky* lze shrnout do tří bodů:

- I. Výrokové symboly jsou formule. /Vznik elementárních formulí/
- II. Jsou-li výrazy *A, B* formule, pak jsou formulemi také výrazy $(\neg A), (\neg B), (A \wedge B), (A \vee B), (A \supset B), (A \equiv B)$ /Vznik složených formulí/
- III. Nejsou žádné jiné výrokové formule, než vytvořené podle bodů I., II.

Pro upřesnění, na základě bodu jedna vznikají elementární formule a na základě bodu dva zase složené formule. Zůstaneme-li u bodu dva, všimneme si, že se v něm vyskytují písmena *A* a *B*, která zastupují formule.

Poslední zmínka před popisem jednotlivých logických spojek, bude zmínka ohledně sémantiky. Pravdivostní ohodnocení je významem elementárních formulí výrokové logiky, kdy tímto významem je myšlena jejich pravdivostní hodnota. Navíc, jak již bylo řečeno,

³² Číhalová (2015) s. 22.

³³ Následující pasáže jsou často citovány z knížky *Studentův průvodce kurzem klasická logika* od doktorky Marty Číhalové, popřípadě z knížky *Klasická logika* profesora Jana Štěpána. Z estetických a praktických důvodů byly proto uvozovky vynechány.

ve výrokové logice nás zajímají složené výroky tvořené pomocí logických spojek, tedy právě jejich pravdivostní ohodnocení. Níže si uvedeme sémantiku logických spojek, který bude stejná pro všechny tři jazyky logiky, kterými se dále budeme zabývat. Jejich analýza i sémantika tak bude stejná, i co se týče predikátové logiky prvního řádu (dále jen PL1) a TIL.

Logické spojky, nebo též *funktory*³⁴, jsou funkce. Pravdivostní hodnoty „pravda“ a „nepravda“ jsou argumenty i hodnoty této funkce. *Funktory* lze vyjádřit následující tabulkou.

A	B	$\neg A$	$\neg B$	$A \wedge B$	$A \vee B$	$A \supset B$	$A \equiv B$
1	1	0	0	1	1	1	1
1	0	0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	0	1	1	0
0	0	1	1	0	0	1	1

Modře označené jsou pravdivostní ohodnocení elementárních formulí. Zbytek tabulky vyjadřuje pravdivostní ohodnocení složených formulí v závislosti na logické spojce v ní použité. 1 udává pravdivostní ohodnocení „pravda“ a 0 zase „nepravda“. *Logické spojky* zde uvedené jsou po řadě *negace* (\neg), *konjunkce* (\wedge), *disjunkce* (\vee), *implikace* (\supset) a *ekvivalence* (\equiv).

„Není pravda, že...“ popřípadě pouhý zápor „ne -“ je v přirozeném jazyce vyjádření pro spojku *negaci*. Jako jediné z uvedených spojek se pojí pouze s jedním výrokiem. Respektive neváže k sobě dva výroky, ale ovlivňuje pravdivostní hodnotu jednoho jediného výroku. Takovému druhu spojky se říká *unární spojka*. Dalším typem spojky je pak *binární spojka*, která váže dva výroky. Jednoduchým příkladem spojky *negace* může být např. výrok „Neprší“ nebo „Není pravda, že prší“.

A	$\neg A$
1	0
0	1

Jak lze z tabulky vidět, pokud je naše původní hodnota 1, po aplikaci spojky *negace* dostaneme hodnotu 0 a naopak.

Další spojka v řadě je *konjunkce*. V přirozeném jazyce má podobu „...a/i/ale...“ nebo jen pouhé čárky ve větě. Tato spojka je nejen *binární*, ale i *komutativní*. *Komutativnost* znamená,

³⁴ Slovo *funktory* je odvozené od slova „funkce“ a tak se i chová. Každá funkce je „zadána svým definičním oborem, což je množina, ze které vybíráme prvky jako argumenty naší funkce, a oborem hodnot, což jsou výsledky funkce na daných argumentech.“ Podíváme-li se na výše uvedenou tabulku, modře vyznačené hodnoty jsou argumenty funkcí a zbylé sloupce jsou hodnoty funkcí na našich modře vyznačených argumentech. Číhalová (2015) s. 23.

že pořadí vzájemně spojených výroků lze libovolně prohazovat, neboť na jejich uspořádání nezáleží. Výsledek bude za všech okolností stejný.

A	B	$A \wedge B$
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

Uvedme si příklad: „Svítí slunce (s) a je teplo (t).“ Tuto větu můžeme analyzovat jako $s \wedge t$. Stejný význam by měla i věta: „Je teplo (t) a svítí slunce (s)“ s analýzou $t \wedge s$. Z tabulky můžeme snadno vyčíst, že jen pokud jsou oba výroky pravdivé, pak je *konjunkce* taky pravdivá.

Další *binární* a zároveň *komutativní* spojkou je *disjunkce*. V přirozeném jazyce poznáme *disjunkci* jako spojení „... nebo/či...“ avšak v nevylučovacím smyslu.

A	B	$A \vee B$
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

Uvedme si příklad: „Toto jídlo je sladké (s) nebo kyselé (k).“ Tuto větu budeme analyzovat pomocí *disjunkce* následovně: $s \vee k$. Z tabulky vidíme, že vyhodnocení složené formule je 0 pouze v případě, kdy jsou A i B současně 0. Abychom pochopili, jak tento „zázračný“ nevylučovací smysl funguje, podívejme se na náš příklad. Pravdivostní ohodnocení složené formule je 1 v prvních třech případech, ale v posledním ne. V praxi to tedy znamená, že pokud je jídlo sladké i kyselé zároveň nebo jen jedno z toho, dostane se nám pravdivostní hodnoty 1 ve výsledku. Pokud není ani jedno (sladké) ani druhé (kyselé), nemůžeme ani závěr očekávat, že bude 1, jak vidíme v posledním řádku tabulky.

Často se stává, že při analýze vět spojených v přirozeném jazyce pomocí spojky „nebo“, použijeme *nonekvivalenci*. Tu v přirozené řeči poznáme nejčastěji slovním spojením „...bud', anebo...“, kde se jedná o vylučovací smysl. „Bud' je to jídlo sladké, nebo je kyselé.“ Taková formulace nám již nedává prostor pro situaci, kdy by obě možnosti mohly platit současně. Vždy platí právě jedna z možností.

Jediná *binární* spojka, která není *komutativní*, je *implikace*. V přirozeném jazyce jí poznáme pomocí slovních spojení „Jestli(že)..., pak...“, „Tehdy..., když...“, „Jenom když..., tak...“, „Pouze když..., tak...“, „Pokud..., tak (pak)...“ a podobně.

U této spojky je důležitá její vlastnost *nekomutativnosti*. To, jak jsou výroky za sebou uspořádány, nám ovlivní smysl složeného výroku. Proto objeví-li se nám v analýze *implikace*, musíme jasně rozlišit dvě části výroku. Jmenovitě se jedná o *antecedent*, jako jeho první část, a *konsekvent*, jako jeho druhou část. Krom této terminologie se také setkáme s označením *předpoklad* pro *antecedent* a *důsledek* pro *konsekvent*.

A	B	$A \supset B$
1	1	1
1	0	0
0	1	1
0	0	1

Z výše uvedené tabulky je zřejmé, že A je *antecedent* a B *konsekvent*. Nejlepší ovšem bude, pokud si uvedeme praktické příklady. Mějme větu: „Pokud půjdeš nakoupit (*n*), udělám polévku (*p*)“, kterou analyzujeme následovně: $n \supset p$. *Antecedent* je v tomhle příkladu část „pokud půjdeš nakoupit“, kterou značíme jako *n* a *konsekventem* myslíme „udělám polévku“ s označením *p*.

Uveďme si jinou větu, na které budeme demonstrovat případ nutné a postačující podmínky, jejíž rozlišení také spadá pod vysvětlení *implikace*. „Jestliže Německo vyhrálo fotbalové mistrovství světa ve fotbale v roce 2014, tak ve finále porazilo Argentinu.“ Na místě *antecedentu* se nachází *postačující podmínka* a na místě *konsekventu* *nutná podmínka*. Lépe se nám tenhle případ bude chápat, pokud onen složený výrok lehce modifikujeme. „Německo vyhrálo fotbalové mistrovství světa ve fotbale v roce 2014, pouze když ve finále porazilo Argentinu.“ Obě věty však analyzujeme stejným způsobem: $n \supset a$. Poražení Argentiny ve finále je *nutnou podmínkou* úspěchu Německa. „Pokud má být pravdivý složený výrok tvořený *implikací*, pak když *nutná podmínka* na pozici *konsekventu* neplatí, pak ani *antecedent* nemůže být pravdivý.“³⁵ Proto, aby byl *antecedent* pravdivý, *nutná podmínka* musí být nutně pravdivá. Pokud chceme, aby byl složený výrok *implikace* pravdivý, tak pravdivost *postačující podmínky* nám postačuje k tomu, aby i *konsekvent* byl pravdivý. Pokud tedy Německo vyhrálo mistrovství ve fotbale v roce 2014, tak je rovněž pravda, že porazilo ve finále Argentinu.

³⁵ Číhalová (2015) s. 27.

Druh *implikace* zde popsáný se také nazývá *materiální implikace*. Důvodem je, že nepředpokládáme žádnou obsahovou souvislost mezi předpokladem a důsledkem. Jednoduché výroky spojené pomocí spojky *implikace* přispívají pouze svou pravdivostní hodnotou, nikoli významem nebo dokonce nějakou provázaností výroků. *Implikace* „nezachycuje ani příčinnou ani časovou vazbu.“³⁶ Na příklad výrok „Pokud Emil spí, tak 13 je prvočíslo“ je pravdivý, protože 13 je vskutku prvočíslo a *konsekvent* je tak vždy pravdivý.

Poslední spojka, kterou si pro účely této práce uvedeme, bude *ekvivalence*. Poznáme jí podle slovního spojení „... tehdy a jen tehdy/právě tehdy, když...“. Stejně jako většina předchozích spojek, je i tahle spojka *binární* a *komutativní*.

A	B	A \equiv B
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	1

Z tabulky vidíme, že *ekvivalence* je pravdivá pouze v případě, kdy vstupní výroky mají identickou pravdivostní hodnotu. Protože praktické příklady nám většinou vysvětlí nejvíce, podívejme si i zde na analýzu výroku přirozeného jazyka, který obsahuje spojku *ekvivalence*. „Markéta přijde právě tehdy (*m*), když přijde Šárka (*š*).“ Analyzujeme následujícím způsobem: $m \equiv š$. Jinými slovy, přijde-li Šárka, přijde i Markéta. Nepřijde-li Šárka, tak Markéta taky nepřijde.

Dalším logickým spojkám se v této kapitole již věnovat nebudeme, neboť by to bylo nad rámec této práce. Pro zajímavost si jen můžeme uvést, že existují spojky jako je *nonekvivalence* („buď..., anebo...“), *Shefferova spojka* („...je neslučitelné s...“), *Nicodova spojka* („ani...ani...“) a jiné.³⁷

Na začátku kapitoly jsme se zmínili o tom, že logické spojky jsou funkce, a že pravdivostní hodnoty jsou jak jejich argumenty, tak i jejich hodnotami. V části věnující se abecedě jsme zjistili, že výrokové symboly nám reprezentují jednotlivé výroky. Nyní se podívejme, jakým způsobem provádíme *valuaci výrokových symbolů*.

Valuace výrokových symbolů je jejich pravdivostní ohodnocení. Jedná se o funkci, která udává pravdivostní hodnotu každého výrokového symbolu. Pravdivostní hodnota je množina $\{1,0\}$, tedy množina $\{\text{pravda, nepravda}\}$.

³⁶ Číhalová (2015) s. 26.

³⁷ Kompletní výčet všech logických spojek je možné nalézt např. v Štěpán, *Formální logika* (1995) s. 23.

K teorii výrokové logiky nám budou stačit pouze výše uvedené definice. Praktické příklady přijdou až v další kapitole, kdy budeme porovnávat jednotlivé formální jazyky a demonstrovat si na nich jejich rozdílnou expresivní sílu. Vrhněme se proto na další část výkladu. Tedy na predikátovou logiku prvního řádu.

2.3 Predikátová logika prvního řádu

Predikátová logika prvního řádu (dále jen PL1) je více expresivní logický systém než výroková logika. Jedním z důvodů je, že míra zkoumání výroků je podrobnější. Na rozdíl od výrokové logiky, která analyzuje složené výroky pouze na úroveň jednoduchých, které již dále nezkoumá, PL1 se s hlubší analýzou jednoduchých výroků potýká. Je nutné ještě zopakovat, že PL1 využívá stejných logických spojek, jako výroková logika, proto se jejich rozboru v této kapitole již věnovat nebudeme.

Před tím než se vrhneme na abecedu a gramatiku PL1, vysvětleme si několik pojmů, se kterými se zde budeme zabývat. Začneme s prvním termínem, kterým je *univerzum*. *Univerzum* je obor naší logické úvahy. Jedná se o logický prostor, ze kterého vybíráme prvky, které používáme pro stavbu výroků. Těmto prvkům říkáme *individua*. Pro lepší pochopení si uveďme příklad. Mějme *univerzum* psů. Z tohoto daného *univerza* vyberme *individuum*. Vybrané *individuum* je pak např. bernardýn.³⁸ Prvky *univerza* jsou voleny libovolně na základě toho, jakou logickou úvahu provádíme. Kdybychom místo živočichů zvolili čísla, *individuum* bernardýna by tam jistě nepatřilo, ale číslo 2 již pak ano.

Vlastností a vztahy individuí pak vyjadřují *predikáty*. *Unární predikáty*, nebo také *jednomístné* či *jednoargumentové predikáty*, se pak aplikují pouze na jedno *individuum*, kdežto *víceargumentové predikáty* na dvě a více individuí. Mějme např. větu: „Bernardýn je savec,“ kde „bernardýn“ je *individuum* a „být savec“ je *predikátem*. Jelikož *predikát* aplikujeme pouze na jedno *individuum*, jedná se o příklad *unárního predikátu*. Podíváme-li se na jinou větu: „Bernardýn je větší než čivava,“ jedná se o dvě *individua* „bernardýna“ a „čivavu“ a o *binární predikát* „být větší než“. V obou našich případech jsme pracovali s *univerzem* psů a vybírali z něj příslušná *individua*.

V PL1 se setkáváme ještě s tzv. *kvantifikátory*. *Kvantifikátory* nám vypovídají o kvantitě prvků *univerza*. Pokud v *univerzu* mluvíme o všech prvcích, použijeme *obecný kvantifikátor*. Pokud zase mluvíme jen o některých, použijeme *částečný*, respektive o *existenční*

³⁸ V této logické úvaze za jednoduchá *individua* považujeme psí plemena (bernardýn, čivava atd.). To, co zvolíme za *individuum*, je pak nejnižší jednotka. Tedy v této úvaze se již nemůže objevit konkrétní bernardýn jménem Max. Kdybychom chtěli zahrnout konkrétní psy (třeba Maxe) do úvahy, pak by bylo vhodné zvolit *univerzum* konkrétních psů a výrazy bernardýn a čivava by reprezentovaly *predikáty*.

kvantifikátor. Vezměme si příkladovou větu „Nějaký pes je větší než čivava,“ kdy nám stačí v daném univerzu najít alespoň jedno takové individuum, které je „pes“ a je zároveň „větší než čivava“. V tomhle případě bychom použili *existenční kvantifikátor*. Jiným případem by byla věta: „Všichni psi jsou větší než čivavy.“ V případě pravdivosti této věty by všechny prvky daného univerza (tedy všichni psi) musely být „větší než čivava“ a my bychom použili *obecný kvantifikátor*.

Před tím, než si definujeme jazyk a gramatiku, podívejme se na definici *relace* a *funkce*. Pro vysvětlení *relace* si vezměme příklad s větou „Bernardýn je větší než čivava.“ Jak asi tušíme, jedná se o vztah dvou individuí ze stejného univerza. Obecně lze však o *relaci* vypovědět, že je to „libovolný vztah mezi skupinou prvků jedné nebo více množin.“ Mějme tedy na paměti, že náš příklad je čistě ilustrativní, neboť se může stát, že *relace* nebude mezi prvky stejného univerza. V závislosti na počtu individuí, respektive počtu prvků, které jsme v *relaci* použili, máme *relaci unární, binární, ternární* a tak dále. Jednoduše můžeme říct, že *relace* může být *n-ární*. Když se pokusíme s prvky *relace* „pohnout“, např. záměnou pořadí individuí, zjistíme, že se nám změnil i význam vět. Pro ilustraci, prohodíme-li individua ve větě „Bernardýn je větší než čivava“, dostaneme naprosto jiné znění věty a jiný význam. Dostaneme tedy větu: „Čivava je větší než Bernardýn.“ Tyto věty mají rozdílné pravdivostní hodnoty. *Relace* je tedy množina *uspořádaných n-tic*, kdy na pořadí prvků v *n-tici* záleží.

Argumentem predikátu může být individuová konstanta (respektive jméno konkrétního individua, např. pes Max z univerza psů jak bylo definováno výše), individuová proměnná a funkce, kdy prvky jejího definičního oboru a oboru hodnot jsou opět individua.

S definicí *funkce* jsme se setkali v předchozí kapitole, takže jen pro zopakování si řekněme, že *funkce* je „zadána svým definičním oborem, což je množina, ze které vybíráme prvky jako argumenty naší funkce, a oborem hodnot, což jsou výsledky funkce na daných argumentech.“³⁹ *Funkci* chápeme jako předpis pro určité přiřazení, kdy v univerzu U , ve kterém *funkci* definujeme, každému prvku x z univerza U přiřazujeme nejvýše jeden prvek y . Definičním oborem je zde univerzum U a oborem hodnot je množina prvků y (z univerza U).

Funkce je zobrazení, respektive přiřazení individua k jednomu dalšímu individu (v případě *unárních funkcí*), ke dvojici individuí (u *binárních funkcí*), dále pak ke trojici atd.

Rozlišujeme *funkce parciální* a *totální*. U *parciální funkce* je „každému prvku z definičního oboru ... přiřazena **nejvýše jedna** hodnota.“⁴⁰ U *parciální funkce* se tedy může

³⁹ Číhalová (2015) s. 23.

⁴⁰ Číhalová (2015) s. 88.

stát, že některý prvek z definičního oboru hodnotu nemá. Například *funkce* dělení na argumentech 2 a 0 na přirozených číslech. Kdežto u *funkce totální* je „každému prvku z definičního oboru ... přiřazena **právě jedna** hodnota.“⁴¹ Nemůže se tak stát, že by nějaký prvek z definičního oboru neměl svoji hodnotu. Predikátová logika pak pracuje pouze s *totálními funkcemi*.

Stejně jako výroková logika, i predikátová logika je definována svou *abecedou* a *gramatikou*.⁴²

Abecedou rozumíme následující:

- Logické symboly
 - Individuové proměnné: x, y, z, \dots (případně s indexy)
 - Symboly pro spojky: $\neg, \wedge, \vee, \supset, \equiv$
 - Symboly pro kvantifikátory: \forall pro obecný
 \exists pro existenční
 - Binární predikátový symbol: $=$
- Speciální symboly
 - Predikátové symboly: P, Q, R, \dots (případně s indexy)
 - Funkční symboly: f, g, h, \dots (případně s indexy)
- Pomocné symboly
 - Závorky: $(,)$ (případně $[,], \{, \}$)

Gramatika je zase tvořena následující skupinou pravidel, podle kterých se tvoří *termy*, *atomické formule* a *formule*.

- Termy
 - Každý symbol proměnné je term
 - Pokud jsou t_1, \dots, t_n ($n \geq 0$) termy a pokud je f n -ární funkční symbol, pak je termem i výraz $f(t_1, \dots, t_n)$.
 - Pouze výrazy vzniklé podle výše uvedených bodů jsou termy

⁴¹ Oboje Číhalová (2015) s. 88.

⁴² Následující výklad byl převzat z literatury *Studentův průvodce kurzem klasická logika* od doktorky Martiny Číhalové. Přestože se jedná o citace, uvozovky nejsou uvedeny kvůli lepší čitelnosti práce.

- Atomické formule
 - Pokud jsou t_1, \dots, t_n termy a P je n -ární predikátový symbol, tak i výraz $P(t_1, \dots, t_n)$ je atomická formule
 - Pokud jsou t_1 a t_2 termy, je atomickou formulí i výraz $(t_1 = t_2)$
- Formule
 - Každá atomická formule je formule
 - Pokud je výraz A formule, potom i $\neg A$ je formule
 - Pokud A a B jsou formule, potom i výrazy $(A \wedge B)$, $(A \vee B)$, $(A \supset B)$, $(A \equiv B)$ jsou také formule
 - Pokud je A formule a proměnná je x , pak jsou formulemi i výrazy $\forall xA$ a $\exists xA$
 - Pouze výrazy vzniklé podle výše uvedených bodů jsou formule

Specifikum predikátové logiky prvního řádu je, že kvantifikátory vážou pouze individuové proměnné. Individuové proměnné jsou jediným typem proměnných, které PL1 připouští. Jen pro představu, predikátové logiky vyššího řádu se věnují i predikátovým proměnným, které pak rovněž mohou být vázány kvantifikátory.

Více si zde k predikátové logice prvního řádu uvádět nebudeme, neboť pro naše účely si vystačíme pouze s výše uvedenými definicemi.⁴³

2.4 Porovnání výrokové logiky a predikátové logiky prvního řádu z hlediska expresivní síly

V kapitole *Nároky na jazyk* jsme si uváděli definici expresivní síly logického systému. Připomeňme si její specifikaci. Expresivní síla logického systému je dána tím, do jaké míry podrobnosti dokážeme jeho prostřednictvím analyzovat jednotlivé výrazy. Ideální logický systém by nám měl umožnit analyzovat premisy do takové hloubky, abychom mohli odvodit všechny závěry, které z těchto premis logicky vyplývají. Výroková logika a predikátová logika prvního řádu mají různou míru této schopnosti analyzovat přirozený jazyk tak, aby bylo možné explicitně zachytit rysy relevantní z hlediska logického vyplývání. To, jak moc podrobně jsou tyto formální struktury schopny analyzovat přirozený jazyk a jeho

⁴³ Zájemci si však mohou nastudovat literaturu od profesora Jana Štěpána v jeho *Klasické logice*, od doktorky Marty Čihalové a jejím *Studentově průvodci kurzem klasická logika* či od doktora Petra Hromky a jeho *Logiky v příkladech*.

jednotlivé výrazy, určuje jejich expresivitu. Čím je logický systém detailnější, tím je expresivita vyšší.

V této kapitole si proto na příkladech ukážeme rozdíl v expresivní síle mezi výrokovou logikou a predikátovou logikou prvního řádu, kdy při reglementaci budeme vycházet z definic uvedených v předchozích kapitolách.

Mějme následující úsudek:

1. Všichni lidé jsou smrtelní.

2. Sokrates je člověk.

Z Sokrates je smrtelný.

Jak tedy výrok zanalyzujeme v rámci výrokové logiky? Víme, že výroková logika analyzuje výrazy do úrovně jednoduchých výroků, které dále neanalyzuje. Následně víme, že výrokové symboly zastupují jednotlivé atomické výroky. Tedy každému výroku lze přiřadit výrokový symbol. Proto lze úsudek v rámci výrokové logiky přepsat tímto způsobem:

1. Všichni lidé jsou smrtelní. (p)

2. Sokrates je člověk. (q)

Z Sokrates je smrtelný. (s)

Výroková logika už dále nezkoumá vnitřní strukturu jednoduchých výroků. Tento úsudek sestává ze dvou premis a jednoho závěru, které spolu v rámci formalizace svojí vnitřní strukturou nesouvisí, neboť ji výroková logika nedokáže zachytit. Z hlediska výrokové logiky se tak jedná o tři vzájemně nezávislé výroky. Způsob analýzy je tak v rámci takto expresivně slabého systému nedostačující. Víme, že platnost úsudku je dána pravdivostní hodnotou jeho jednotlivých složek. Proto když se podíváme na úsudkové schéma, tak se jedná pouze o tři nějaké výroky, které mezi sebou ani nemusí mít žádné konkrétní vazby. Stejně úsudkové schéma by např. mohl mít i následující úsudek:

1. Lucie má ráda jednorožce. (p)

2. Evžen je smrtelný. (q)

Z Markéta je v Praze. (s)

Může se tedy stát, že předpokladům bude přiřazena pravdivostní hodnota pravda a závěru nepravda. Obě úsudková schémata nereprezentují schéma platného úsudku. Přičemž ale je zřejmé, že první uvedený úsudek na základě významu jeho premis a závěru platný je. Potřebujeme tedy silnější logický systém, který by dokázal zachytit vazbu mezi premisami a závěrem a ukázalo se, že je mezi nimi vztah logického vyplývání.

Z teorie víme, že PL1 zkoumá i strukturu jednoduchých výroků. Při rozboru jednotlivých výroků se musíme nejprve podívat, z jakého univerza vybíráme jeho jednotlivé prvky, tedy individua. Posléze se musíme podívat, jaké predikáty přisuzujeme individuům a jestli mluvíme o všech nebo pouze o některých prvcích univerza, tedy podíváme se zda, popřípadě jaké, kvantifikátory použijeme.

Analýza úsudku v PL1 vypadá tedy takto⁴⁴:

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| 1. Všichni lidé jsou smrtelní. | $\forall x [L(x) \supset S(x)]$ |
| 2. <u>Sokrates je člověk.</u> | <u>$L(s)$</u> |
| Z Sokrates je smrtelný. | $S(s)$ |

PL1 zkoumá strukturu i jednoduchých výroků, dokáže postihnout vnitřní vztahy a logické vazby, které v rámci výrokové logiky postihnout nedokážeme. Kdybychom totiž chtěli zanalyzovat druhý typ úsudku v rámci PL1 zjistíme, že mezi premisami, a taky premisami a závěrem, není žádný vztah a princip vyplývání zde nemůžeme uplatnit, jak i lze vidět z úsudkového schématu níže.

- | | |
|------------------------------|------------------------------------|
| 1. Lucie má ráda jednorozce. | $\forall x [J(x) \supset R(l, x)]$ |
| 2. <u>Evžen je smrtelný.</u> | <u>$S(e)$</u> |
| Z Markéta je v Praze. | $P(m)$ |

Jak jsme si v této kapitole všimli, výroková logika je nedostačující k postihnutí vnitřních vazeb mezi jednotlivými výroky, které mohou být důležité z hlediska logického vyplývání. Respektive, nezkoumáním vnitřní stavby jednoduchých výroků ubírá tomuto logickému systému na expresivitě. Na druhé straně PL1 již vnitřní strukturu jednoduchých výroků zkoumá a všimá si i vztahů mezi premisami i z hlediska jejich vnitřní stavby. Nikoliv jen

⁴⁴ Individuové konstanty a predikátové symboly budeme pro přehlednost označovat písmeny, která se vyskytují ve větách. Např. Jednorozce budeme značit J , Lucii l apod.

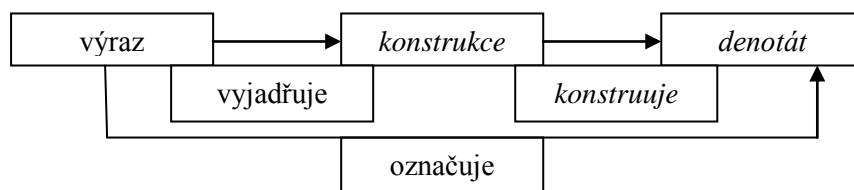
z hlediska jejich pravdivostní hodnoty. Proto se v PL1 nemůže stát, aby došlo k podobným situacím, kdy závěr, který má vyplývat, odvodit nelze.⁴⁵

2.5 Transparentní intenzionální logika

Transparentní intenzionální logika je logický systém vytvořený českým logikem Pavlem Tichým. Jelikož je tento systém velmi komplexní, budou následující pasáže převzaty nikoliv z primárního zdroje, ale z poněkud lépe pro čtenáře pochopitelnějších zdrojů, kterými jsou *TIL jako procedurální logika: průvodce zvědavého čtenáře Transparentní intenzionální logikou* od profesorky Marie Duží a profesora Pavla Materny a *Filozofická logika: Nová cesta?* od profesora Jana Štěpána a Pavla Materny.⁴⁶

Základním pojmem, se kterým se v TIL seznámíme, je pojem *konstrukce*. *Konstrukce* je z definice abstraktní strukturovaná procedura. Ať se však čtenář nenechá touto definicí odradit, pokud jí na první pohled nerozumí, tak podrobnější rozbor pojmu *konstrukce* jistě napomůže k lepšímu pochopení. *Konstrukci* totiž chápeme jako objekt, který přiřazujeme výrazům přirozeného jazyka jako jejich význam, a to v libovolném kontextu. Jinými slovy výraz (máme momentálně na mysli pouze výrazy s jednoznačně daným významem) vyjadřuje jako svůj význam *konstrukci*. Ve chvíli, kdy provádíme logickou analýzu, snažíme se najít takovou *konstrukci*, kterou daný výraz vyjadřuje. Tato *konstrukce* pak konstruuje takový objekt, který je daným výrazem označen, o kterém výraz mluví. Pokud tedy takový objekt existuje, pak jej nazýváme *denotátem* daného výrazu.

Výše uvedený popis můžeme vyjádřit pomocí následujícího schématu:



TIL pracuje s teorií *typů*. Proto pro účely snazšího nalezení vhodné *konstrukce*, je potřeba universum všech možných entit roztřídit do *typových kategorií*. *Konstrukce* a entity, které mohou být *konstrukcemi* konstruovány, jsou tedy opatřeny svým *typem*.

⁴⁵ I když jak si později ukážeme, ani PL1 si nedokáže poradit se vším a její expresivita je pořád slabší než třeba expresivní síla transparentní intenzionální logiky. Tedy i v rámci PL1 dokážeme často dojít k absurdním tvrzením.

⁴⁶ Citované pasáže z výše uvedené literatury zde nebudou pro přehlednost a lepší čitelnost uvedeny v uvozovkách.

Typy vybíráme z tzv. *báze*. *Báze* je kolekce vzájemně disjunktních neprázdných množin.

- Každý prvek báze je typ nad bází.
- Necht' $\alpha, \beta_1, \dots, \beta_m$ jsou typy nad bází. Pak $(\alpha\beta_1\dots\beta_m)$, tj. množina všech (parciálních) funkcí s argumenty (uspořádanými m -ticemi) $\langle b_1, \dots, b_m \rangle$, kde b_i je prvek typu β_i , a s (eventuální) hodnotou v typu α , je typ nad bází.
- Typ nad bází je pouze to, co je určeno podle výše uvedených bodů.

Když analyzujeme přirozený jazyk, tak se nám pro tuto potřebu nejvíce hodí následující *objektová báze*. *Objektová báze* je soubor určitých výchozích množin, kdy její prvky jsou ne-funkce. Dále definuje tvorbu funkcí nad touto *bází* a skládá se z následujících *typů*:

- Množina pravdivostních hodnot ω (omikron)
- Množina individuí ι (iota)
- Množina reálných čísel a časových okamžiků τ (tau)
- Množina logicky možných světů ω (omega)⁴⁷

To, jakou *bázi* v TIL zvolíme, závisí na oblasti našeho zkoumání. Volba *báze typů* v TIL je tedy otevřená. Např. v jazyce matematiky nebudeme potřebovat množinu možných světů a časových okamžiků. Například číslu 2 je přiřazen *typ* τ , Evžen je *typ* ι apod. Výše uvedeným *typům* se říká *atomické typy*.

Ostatním *typům* se říká *funkcionální (molekulární) typy*. *Funkcionální* jsou proto, že se jedná o množiny parciálních funkcí. Jejich vstup, popřípadě vstupy, a výstup je vždy určitého *typu*. Jako příklad si můžeme vzít „funkci sčítání“, matematickou rovnost, „prezident ČR“ nebo vlastnost „být plešatý“. U sčítání máme dva vstupy, respektive dvě čísla, a jako výstup taky číslo. Proto sčítání má *typ* $\tau\tau$. Matematická rovnost bere jako vstup čísla a jako výstup pravdivostní hodnotu. Proto má *typ* $\omega\tau$. „Prezident ČR“ je tzv. *individuový úřad*, kdy vstupem je možný svět a čas a výstupem je individuum. Proto je *individuovému úřadu* přidělen tento *typ* $(\iota\tau)\omega$. U vlastností máme zase vstupy možný svět, čas a individuum a výstupem je pravdivostní hodnota v závislosti na tom, zda dané individuum tuto vlastnost má, či nikoli. Takže vlastnost „být plešatý“ vyjádříme následovně $(\omega\iota)\tau\omega$. Později uvidíme,

⁴⁷ Možné světy chápeme jako možné distribuce vlastností a vztahů individuí. Jde o modální parametr.

že u funkcí z možných světů do časových okamžiků používáme užitečnou notační zkratku, takže zápis *typů* vypadá následovně: *Typ*, který přiřazujeme „prezidentovi ČR“ vypadá za použití zkráceného zápisu jako ι_{τ_0} a *typ*, který přiřazujeme vlastnosti „být plešatý“ jako $(o)_{\tau_0}$. Funkcemi tohoto typu jsou empirické výrazy a nazývají se *intenzemi*.

Intenzi chápeme jako funkci z možných světů do libovolného typu α .⁴⁸ Nejčastější *intenzí* je funkce zobrazující možné světy do *chronologie*⁴⁹ objektů typu α . *Extenze* jsou pak α -objekty, kde jejich doménou není množina možných světů. Na tomto základě rozlišujeme mezi *empirickými* a *analytickými výrazy*. *Analytické výrazy* jsou vždy nezávislé na množině možných světů a čase. Proto říkáme, že *denotát analytického výrazu* je buď *extenze* nebo konstantní *intenze*. U *empirických výrazů* je to jiné. Jejich *denotátem* je *intenze*, tedy funkce z možných světů a časových okamžiků.

Jak jsme si výše uvedli, *konstrukce* a entity, které mohou být *konstrukcemi* konstruovány, jsou opatřeny svým typem. Je však potřeba mezi nimi řádově rozlišovat. Objekty musí být vždy typu nižšího řádu, než *konstrukce*, které je konstruují. Tyto objekty jsou prvního řádu a *konstrukce*, které konstruují objekty, jsou zase řádu vyššího. Protože objekty patřící do typu řádu 1 nejsou *konstrukce*, tak *konstrukce* musí patřit alespoň do typu řádu 2. Z toho důvodu *konstrukce*, které konstruují objekty typu řádu 1, jsou *konstrukce* řádu 1, které však patří do typu řádu 2, a budeme je značit $*_1$.⁵⁰

Konstrukce je pro zopakování vyjádřena daným výrazem. Pokud tedy takovou *konstrukci* máme, víme i, co tato *konstrukce* konstruuje. Navíc každá *konstrukce* by nám měla konstruovat objekt určitého typu nebo nekonstruovat nic (ale to pouze za přesně daných podmínek). Musíme tedy nalézt danou *konstrukci* a určit, jakého typu je možný *denotát*. *Denotátem* daného výrazu, tedy objektem, o kterém výraz mluví, může být entita jakéhokoliv typu, dokonce i *konstrukce* (tedy význam jiného výrazu).

Výše uvedené představení *konstrukcí* mělo čtenáři napovědět, jak *konstrukce* fungují. Nyní se ale pusťme do řádného definování. Jak jsme si na začátku uvedli, *konstrukce* jsou abstraktní strukturované procedury. *Konstrukce* nejsou jazykové výrazy ani množinové objekty. Jedná se o abstraktní mimojazykové objekty, které jsou nám dostupné pouze na základě verbální definice a jako proceduru ji lze, na rozdíl od množin, provést za účelem

⁴⁸ Kde typy α můžeme chápat jako maximální kolekci možných, tedy konzistentních faktů.

⁴⁹ *Chronologii* chápeme jako funkci z časových okamžiků.

⁵⁰ Pro naše účely si vystačíme pouze s *konstrukcí* řádu $*_1$. Kdybychom chtěli používat *konstrukce* vyšších řádů, museli bychom si nadefinovat rozvětvenou hierarchii typů. Více k rozvětvené hierarchii typů najdeme v Duží, Materna (2012) s. 46.

obdržení nějakého výstupu. *Konstrukce* se mohou (ale nemusí) skládat z konstituentů, které musíme vykonat, pokud chceme danou *konstrukci* provést.

I v TIL se setkáme s tzv. *proměnnými*. Avšak tento typ *proměnných* chápeme jako *atomické konstrukce*. *Proměnné* nejsou chápány jako písmenka, nýbrž jako druh *konstrukcí*, tj. *konstrukce*, které konstruují objekty v závislosti na totální funkci zvané *valuace*. *Valuace* je obor proměnnosti, přes který nám proměnná probíhá a který nám dodá objekty určitého typu. Mluvíme zde tedy o tzv. *v-konstruování*, kdy je *konstrukce* závislá na valuaci *v*.

Další *atomickou konstrukcí* je *trivializace*. *Trivializace* by se dala chápat jako bezprostřední identifikace objektu. *Trivializace* jako druh *konstrukce* konstruuje objekt bez jakékoliv změny.

Poslední typy *konstrukcí*, o kterých se zde zmíníme, jsou *kompozice*, *uzávěr* a *provedení*. Jedná se o tzv. *molekulární konstrukce*. *Molekulární* proto, že obsahují *podkonstrukce*, které je nutno provést, pokud chceme provést danou *molekulární konstrukci*. *Kompozice* je operace aplikace funkce na argumenty za účelem získání hodnoty funkce na daných argumentech. Takle procedura může selhat, jinými slovy, nemusí nám dodat výstup, pokud funkce není na argumentech definována, tedy nemá zde hodnotu. *Uzávěr* zase konstruuje funkci abstrakcí od hodnot jejích argumentů. Poslední z *konstrukcí*, kterou si zde uvedeme je *provedení*. *Provedení konstrukce C* je ekvivalentní *C* a selhává, pokud *C* není *konstrukce*.⁵¹ Bodová definice *konstrukce* vypadá následovně:

- *Proměnná x* je *konstrukce*, která konstruuje objekt *O* příslušného typu v závislosti na valuaci *v*; tedy *x v-konstruuje O*.
- *Trivializace*: Je-li *X* jakýkoliv objekt (*extenze*, *intenze* nebo i *konstrukce*), 0X je *konstrukce* zvaná *Trivializace*. *Konstruuje* objekt *X* bez jakékoliv změny.
- *Kompozice* $[X Y_1 \dots Y_m]$ je *konstrukce*: Je-li *X* *konstrukce*, která *v-konstruuje* funkci *f* typu $(\alpha \beta_1 \dots \beta_m)$, a Y_1, \dots, Y_m *v-konstruuji* po řadě objekty B_1, \dots, B_m typů $\beta_1 \dots \beta_m$, pak *Kompozice* $[X Y_1 \dots Y_m]$ *v-konstruuje* hodnotu funkce *f* na argumentech B_1, \dots, B_m (tj. objektech typu α , pokud *f* má na $\langle B_1, \dots, B_m \rangle$ hodnotu). Jinak je *Kompozice* $[X Y_1 \dots Y_m]$ *v-nevlastní*, tj. ne (*v*-)konstruuje žádný objekt.
- *Uzávěr* $[\lambda x_1 \dots x_m Y]$ je *konstrukce*. Necht' x_1, x_2, \dots, x_m jsou navzájem různé proměnné, které *v-konstruuji* po řadě objekty typu β_1, \dots, β_m , a necht' *Y* je *konstrukce*, která *v-konstruuje* α -objekt. Pak $[\lambda x_1 \dots x_m Y]$ *v-konstruuje* funkci

⁵¹ Příklad selhání *konstrukce* si ukážeme níže na konkrétních příkladech.

$f/(\alpha\beta_1\dots\beta_m)$, a to takto: Necht' $v(B_1/x_1, \dots, B_m/x_m)$ je valuace, která se liší od valuace v nanejvýš tím, že přiřazuje objekty $B_1/\beta_1, \dots, B_m/\beta_m$ proměnným x_1, \dots, x_m . Je-li Y $v(B_1/x_1, \dots, B_m/x_m)$ -nevlastní, pak funkce f není definována na $\langle B_1, \dots, B_m \rangle$. Jinak je hodnotou funkce f na argumentu $\langle B_1, \dots, B_m \rangle$ α -objekt $v(B_1/x_1, \dots, B_m/x_m)$ -konstruovaný Y .

- *Provedení* 1X je *konstrukce*, která buď v -konstruuje objekt v -konstruovaný konstrukcí X , nebo pokud X není *konstrukce* nebo je v -nevlastní, je rovněž 1X v -nevlastní, tj. *nekonstruuje* žádný objekt.
- Nic jiného není *konstrukce* než výše uvedené body.

TIL umožňuje explicitní zachycení třech druhů kontextu. Jedná se o *extenzionální*, *intenzionální* a *hyperintenzionální* kontext. V *extenzionálním* kontextu je objektem, o kterém je něco vypovídáno, hodnota funkce na argumentech, v *intenzionálním* kontextu je objektem predikace celá funkce a v *hyperintenzionálním* kontextu pak celá konstrukce.

Stejně jako v předchozích dvou logických systémech i v TIL používáme pomocné symboly, čímž máme na mysli závorky a také používáme symboly pro logické spojky a kvantifikátory.

Podívejme se nyní, jakým způsobem provádíme analýzu výrazů. Analýza, kterou budeme používat, má tři kroky:

I. *Typová analýza*

Provádíme *typovou analýzu* objektů, o kterých daný výraz V mluví. To znamená těch objektů, které jsou označeny podvýrazy výrazu V se samostatným významem.

II. *Syntéza*

Syntézou rozumíme „poskládání“ konstrukcí objektů ad I. tak, abychom obdrželi konstrukci objektu označeného výrazem V .

III. *Typová kontrola*

V poslední části analýzy kontrolujeme, zda byla *syntéza* provedena v souladu s typovými pravidly vyplývajícími z definice konstrukcí.

Ukážeme si nyní, jak tato analýza funguje na několika příkladech:

a) $2+3=5$

Typová analýza: $2 / \tau, + / \tau\tau, 3 / \tau, = / \sigma\tau, 5 / \tau$

Syntéza: $[^0=^05 [^0+^02^03]]$

Tato kompozice nám „říká“, že součet čísel 2 a 3 se rovná číslu 5.

Typová kontrola: $[^0=^05 [^0+^02^03]]$

b) „Miloš Zeman je kuřák.“

Typová analýza: $Miloš_Zeman / \iota, kuřák / (\sigma\iota)_{\tau\omega}$

Syntéza: Tato věta vyjadřuje skutečnost, že Miloš Zeman má (za daných okolností (ω, τ)) vlastnost „být kuřákem“. Avšak tuto vlastnost nemůžeme aplikovat přímo na Miloše Zemana, protože Miloš Zeman je individuum a vlastnost je intenze, proto typově není vhodná k přímé aplikaci. Z toho důvodu musíme nejprve vlastnost extenzionalizovat, tedy aplikovat na daný svět a čas, ve kterém má být pravdivost výrazu vyhodnocována:

$[[^0kuřák w] t]$, kdy zkrácený zápis vypadá: $^0kuřák_{wt}$

Až po tomto nezbytném kroku můžeme kompozici dát dohromady s konstrukcí

Miloše Zemana:

$[^0kuřák_{wt}^0Miloš_Zeman]$

Jelikož celá věta označuje propozici, tedy objekt typu $\sigma_{\tau\omega}$, je nutné na závěr abstrahovat od hodnot proměnných w a t . Věta tak vyjadřuje konstrukci:

Typová kontrola: $\lambda w \lambda t [[^0kuřák w] t]^0Miloš_Zeman]$

Typ propozice označené výše uvedenou větou je zkráceně $\sigma_{\tau\omega}$.

c) „Pavel počítá 2+3.“

Typová analýza: $Pavel / \iota, počítá / (o\iota^*_1)_{\tau\omega}, 2 / \tau, + / \tau\tau, 3 / \tau$

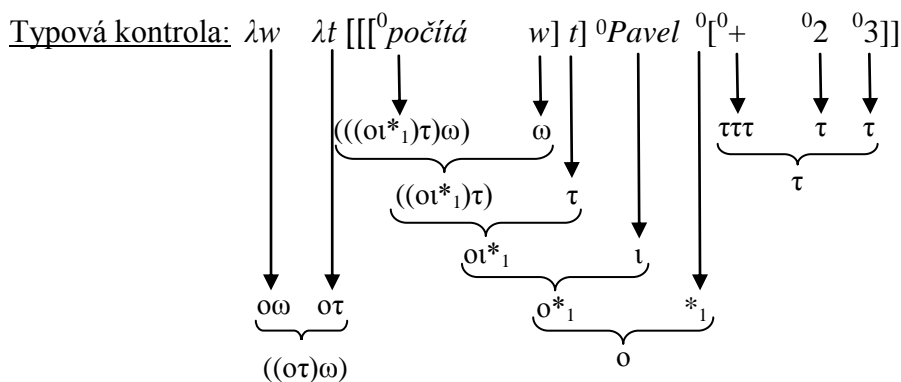
Při typové analýze jsme se setkali s problematickým výrazem „počítá“. Je to výraz, který vyjadřuje vztah k matematickým objektům. Avšak určitě to není vztah k číslu, jakožto výsledku tohoto počítání, nebo nějaké množině čísel. Tedy nemůžeme říct, že by tento vztah byl vztahem k extenzi. Kdybychom mluvili o vztahu k extenzi, jakožto výsledku tohoto procesu, mohli bychom říct, že „Pavel počítá číslo 5“, ale to nedává smysl. Vztah k celé funkci sčítání na těchto argumentech nám zde taky nepomůže, protože Pavel má vztah k vykonávání nějaké procedury. Počítání Pavla se týká významu celého výrazu, tedy konstrukce. Pavel se snaží zjistit, co vyjadřuje konstrukce vyjádřená výrazem „2+3“.

Jak tedy tento vztah ke konstrukci vyjádříme? Připomeňme si, že typy jsou objekty prvního řádu a konstrukce, které konstruují objekty, jsou zase řádu vyššího. Protože objekty patřící do typu řádu 1 nejsou konstrukce, tak konstrukce musí patřit alespoň do typu řádu 2. Z toho důvodu konstrukce, které konstruují objekty typu řádu 1, jsou konstrukce řádu 1, které však patří do typu řádu 2, a budeme je značit $*_1$. Počítání je molekulární typ, kdy jako vstup máme možné světy a časy, konstrukci a individuum a kdy výstupem je pravdivostní hodnota. Při typové analýze konstrukci přiřazujeme typ $*_1$.

Syntéza: Celá věta nám opět označuje propozici, tedy objekt typu $o_{\tau\omega}$, a je tedy nutné na závěr abstrahovat od hodnot proměnných w a t . Věta tak vyjadřuje konstrukci:

$$\lambda w \lambda t [{}^0počítá_{wt} {}^0Pavel {}^0[{}^0+ {}^02 {}^03]]$$

Pozorný čtenář si jistě všiml, že objektem trivializace se stala celá konstrukce. Vzpomeňme si, že trivializace nám konstruuje objekt bez jakékoliv změny. A to platí i o konstrukcích samotných. Pavel má proto vztah k celé trivializované konstrukci, nikoliv k jejímu denotátu. Trivializace nám zvedá řád na $*_1$.

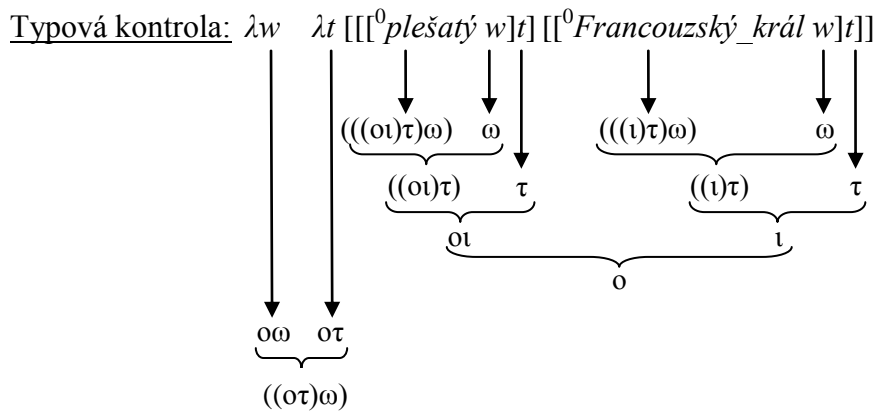


Typ propozice označené výše uvedenou větou je zkráceně $o_{\tau\omega}$.

d) „Francouzský král je plešatý.“

Typová analýza: $Francouzský_král / \iota_{\tau\omega}, plešatý / (\omega)_{\tau\omega}$

Syntéza: $\lambda w \lambda t [{}^0 plešatý_{wt} {}^0 Francouzský_král_w]t$



Jak jsme u předchozích příkladů viděli, pokud je denotátem konstrukce propozice, tak při jejím vyhodnocení v rámci možného světa a času očekáváme jako výstup pravdivostní hodnotu. Co nám ale vyjde v případě výše uvedené věty s francouzským králem? Typ, který přiřazujeme francouzskému králi je tzv. *individuový úřad*. Tento *úřad* je však v momentální chvíli neobsazený. Proto se nám nedostane výstupu individua u podkonstrukce francouzského krále, podkonstrukce „být plešatý“ tak nemá argument, na němž by operovala, a celá konstrukce nám selže v produkci svého výstupu.

2.6 Porovnání predikátové logiky prvního řádu a transparentní intenzionální logiky z hlediska expresivní síly

V kapitole *Porovnání výrokové logiky a predikátové logiky prvního řádu z hlediska expresivní síly* jsme si ukázali, který z porovnávaných umělých jazyků je vhodnější pro analýzu přirozeného jazyka. Ukázali jsme si, že výroková logika nedokáže postihnout některé vnitřní vztahy a logické vazby, protože nezkoumá strukturu jednoduchých výroků. Naopak v rámci PL1, která už strukturu jednoduchých výroků zkoumá, ony výše uvedené vztahy a vazby postihnout dokážeme. Ukázali jsme si tak, že PL1 je expresivnější systémem než výroková logika. Z toho důvodu se v této kapitole zaměříme pouze na porovnání PL1 a transparentní intenzionální logiky z hlediska expresivní síly.

Mějme platný úsudek:

1. Miloš Zeman je prezident České republiky.
 2. Miloš Zeman kouří.
- Z Prezident České republiky kouří.

Způsob analýzy v rámci PL1 by vypadal, že individuu Miloši Zemanovi připíšu vlastnost prezidenta v první premise a vlastnost kuřáka v druhé.⁵²

1. $P(z)$
2. $K(z)$

Závěr nám ale tím pádem nebude z premis vyplývat, protože bychom v závěru museli vlastnosti prezidenta připsat vlastnost kuřáka. Ale takovou vlastnost vlastnosti z premis odvodit nelze.

Tento způsob analýzy by se dal v PL1 vyřešit tím, že prezident nebude představovat vlastnost, ale individuovou proměnnou. Analýza v PL1 by tak vypadala následovně:

1. $z = p$
 2. $K(z)$
- Z $K(p)$

Přesunutím prezidenta z vlastnosti na individuum v rámci PL1 nám umožní provést Leibnizovu substituci identit⁵³ (protože v první premise máme identitu Zemana a prezidenta) a závěr nám z premis vyplyne. Avšak co nám tahle „vychytávka“ s identitou Zemana a prezidenta udělá v neplatném úsudku?

Mějme neplatný úsudek:

1. Miloš Zeman je prezident České republiky.
 2. Karel Schwarzenberg se chtěl stát prezidentem České republiky.
- Z Karel Schwarzenberg se chtěl stát Milošem Zemanem.

⁵² Individuové proměnné a predikátové symboly budeme pro přehlednost označovat písmeny, která se vyskytují ve větách. Např. „Kouří“ budeme značit K , Zemana budeme značit z apod.

⁵³ „Výraz V obsahující jeden člen rovnosti, může být ekvivalentně nahrazen výrazem obsahujícím druhý člen rovnosti a jinak se nelišícím od V .“ Duží, Materna (2012) s. 17.

Analýza v PL1 by pak vypadala následovně:

1. $z = p$
2. $C(s, p)$
- Z $C(s, z)$

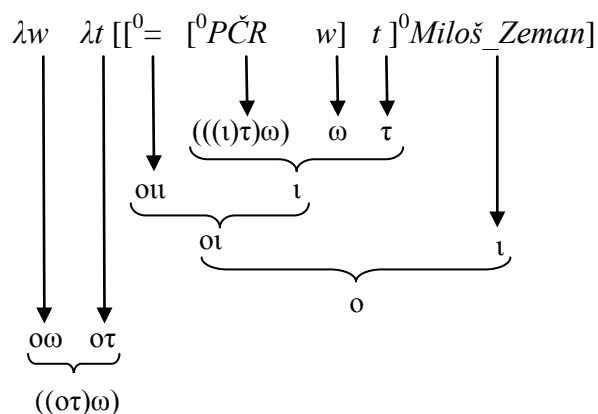
V předchozím platném úsudku jsme učinili z úřadu prezidenta individuovou proměnnou a v druhém neplatném úsudku jsme díky této analýze odvodili závěr, který by z hlediska významu premis vyplývat rozhodně neměl. Navíc věta “Karel Schwarzenberg se chtěl stát prezidentem České republiky“ nám říká, že Karel Schwarzenberg se nechtěl stát individuem zastávající tento úřad, ale chtěl sám úřad prezidenta zastávat. PL1 je však slabý expresivní systém, který nám neumožní postihnout tento rozdíl. Přestože jsme zvládli zanalyzovat jednotlivé výroky, tak proto, abychom byli schopni odvodit závěry v evidentně platném úsudku, jsme učinili jisté zjednodušení, které nám umožnilo potřebný závěr odvodit. Avšak kvůli těmto zjednodušením jsme zase v neplatném úsudku odvodili závěry, které by odvodit jít neměly.

Díky teorii typů si TIL dokáže poradit s oběma druhy výše uvedených úsudků bez jakéhokoliv zjednodušení. Ať už máme výraz prezidenta v prvním nebo druhém úsudku, vždy mu přiřazujeme týž typ, tedy $\iota_{\tau\omega}$. Význam výrazu je tak stále stejný. Pro přehlednost se podívejme, jak vypadá analýza platného úsudku v TIL:

1. Miloš Zeman je prezident České republiky.

Typová analýza: *Miloš_Zeman* / ι , je budeme značit = / $\omega\iota$, *Prezident_České republiky* budeme zkracovat na *PČR* / $\iota_{\tau\omega}$

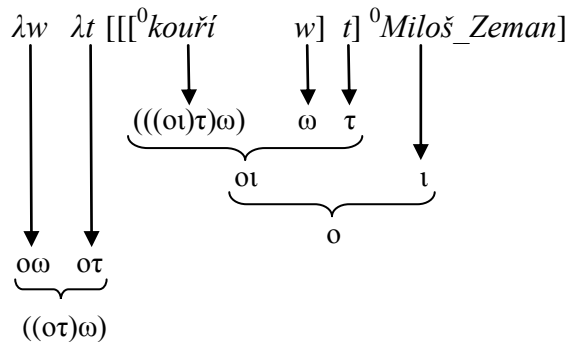
Typová kontrola:



2. Miloš Zeman kouří.

Typová analýza: $Miloš_Zeman / \iota, kouří / (\omega)_\tau$

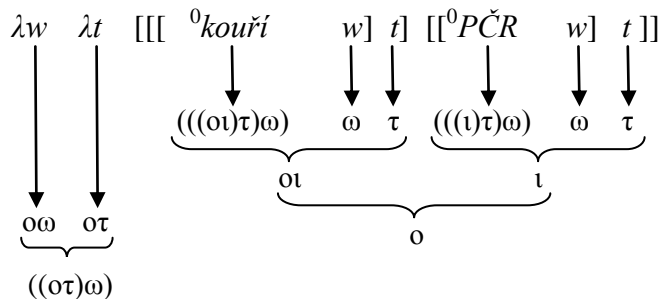
Typová kontrola:



Z Prezident České republiky kouří.

Typová analýza: $PČR / \iota_\tau, kouří / (\omega)_\tau$

Typová kontrola:



Díky typové kontrole TIL dokážeme rozlišit mezi výrazy, které označují intenzi a extenzi. V rámci PL1 tuto možnost nemáme. Proto výraz prezidenta, který označuje individuový úřad, u kterého je vstup funkce z možných světů do časových okamžiků (tedy jedná se o intenzi), nedokáže PL1 jako intenzi rozlišit (protože není dostatečně expresivním systémem) a musí se uchýlovat k zjednodušením, která pak mohou vést k nesmyslným závěrům, jaké jsme viděli právě u neplatného úsudku. Náš druhý neplatný úsudek v rámci TIL neodvodíme.

Může se zdát, že první platný a druhý neplatný úsudek uplatňují pravidlo substituce stejně. Avšak podívejme se na tuto problematiku podrobněji. První úsudek nám v její první premise říká, že individuum, které právě zastává úřad prezidenta ČR je podle druhé premisy kuřák. Mluvíme tak o té samé osobě. Tedy i závěr můžeme číst tak, že individuum, které je právě v úřadu prezidenta, kouří.

Druhý úsudek se však snaží uplatnit Leibnizovo pravidlo nekorektně. První premisa druhého úsudku nám sice říká to, co minule, tedy že Miloš Zeman je prezidentem ČR.

Avšak druhá premisa nám neříká, že Karel Schwarzenberg se chtěl stát individuem, které momentálně úřad zastává. Nechce se tím říct, že Karel Schwarzenberg by chtěl být identický s konkrétním individuem zastávající onen úřad. Právě proto, že dojde k záměně individua, které úřad zastává s individuovým úřadem (neboli k záměně hodnoty funkce za funkci) a pravidlo substituce je tak uplatněno nekorektně, závěr nevyplývá z premis.

Nyní si ukážeme další silnou stránku transparentní intenzionální logiky. Mějme dva výroky:

- A) Prezident České republiky kouří.
- B) Prezident České republiky je volitelný.

Oba výroky A i B obsahují výraz *Prezident České republiky* (dále jen *PČR*). Přestože tento výraz má v obou větách stejný význam, přeci jen se na něj díváme v jiném kontextu. K lepšímu pochopení provedeme typovou analýzu a syntézu:

A) Typová analýza: $PČR / \iota_{\tau_0}, kouří / (o\iota)_{\tau_0}$

Syntéza: $\lambda w \lambda t [{}^0kouří_{wt} {}^0PČR_{wt}]$

Supozice *de re*

B) Typová analýza: $PČR / \iota_{\tau_0}, volitelný / (o\iota_{\tau_0})_{\tau_0}$

Syntéza: $\lambda w \lambda t [{}^0Volitelný_{wt} {}^0PČR]$

Supozice *de dicto*

Rozdíl mezi výrokem A a výrokem B je v objektu predikace, tedy v objektu, o kterém se něco vypovídá. Ve výroku A je objektem predikace hodnota funkce v aplikaci na daný svět a na daný čas. Kdežto ve výroku B je objektem predikace funkce samotná. Tomuto rozlišení se říká rozlišení mezi supozicí *de re* a *de dicto*, kdy jednou se výraz PČR vyskytuje jako hodnota funkce, tomuto výskytu říkáme výskyt jako supozice *de re* (ve výroku A) a jednou jako funkce samotná, tedy jako výskyt supozice *de dicto* (ve výroku B). „O rozlišení supozice *de dicto/de re* mluvíme v případě výrazů (a příslušných konstrukcí) označujících funkce, nejčastěji intenze.⁵⁴ Řekneme, že příslušný výraz *E* je v supozici *de dicto* ve větě *V*, jestliže pravdivostní hodnota věty *V* ve světě *w* a čase *t* nezávisí na hodnotě funkce/intenze označené výrazem *E* v tomto *w* a *t*. Jinými slovy, příslušná funkce je pouze zmiňována a není použita

⁵⁴ Samozřejmě můžeme mít i příklad extenze, která by se také dala použít jak *de dicto* tak *de re*.

pro získání své hodnoty. ... Naopak o supozici *de re* se jedná tehdy, když reference⁵⁵ výrazu *E* (hodnota označené funkce) ‚vstupuje rovněž do hry‘ a ovlivňuje pravdivostní hodnotu věty.⁵⁶

Jednoduše řečeno, ve větě *A* nás zajímá aktuální individuum zastupující úřad prezidenta. Tedy zajímá nás výstup (hodnota) funkce prezidenta v daném světě a daném čase, proto se jedná o *de re*. Kdežto ve větě *B* se nám jedná pouze o ten úřad a ten, kdo jej zastává, nás vůbec teď nezajímá, a ani není třeba toho někoho znát, protože potřebujeme vypovídat o úřadě prezidenta jako takovém, ne o individuu, které jej zastává.

Této silné stránku TIL jsme si již mohli všimnout i třeba v neplatném úsudku s Karlem Schwarzenbergem, který jsme si v této kapitole uvedli. V první premise máme výskyt prezidenta jako supozice *de re* a v druhé jako *de dicto*.

Další z řad výhod TIL můžeme demonstrovat na příkladu z předchozí kapitoly. Jistě si vzpomeneme na výrok „Francouzský král je plešatý“, o kterém jsme si říkali, že podkonstrukce „být plešatý“ nemá argument, na němž by operovala, protože nedostaneme výstup individua u podkonstrukce francouzského krále (jedná se o individuový úřad, který není v momentální chvíli obsazen) a tím nám celá konstrukce selže v produkci svého výstupu, jež by za běžných okolností (při obsazenosti úřadu individuem) byla pravdivostní hodnota. Problematika této a jí podobných vět spočívá v tzv. *presupozici*.

Presupozici chápeme jako druh předpokladu. Respektive, jedná se informace, které v promluvě pouze předpokládáme, ale které nejsou součástí promluvy. *Presupozice* se dá charakterizovat touto definicí: „*Q* je *presupozicí* *P* jestliže *Q* vyplývá jak z *P* tak z non-*P*. To znamená, že z nepravdivosti *Q* plyne, že *P* nemá žádnou pravdivostní hodnotu.“⁵⁷ Tedy pokud je naše věta ve znění „Francouzský král je plešatý“ nebo „Francouzský král není plešatý“, oboje nám odkazuje na *presupozici* existence francouzského krále, jinými slovy předpokládáme, že existuje takové individuum, které aktuálně zastává úřad francouzského krále. Pokud však nikdo, kdo by byl francouzským králem, neexistuje, nedostane se nám pravdivostní hodnoty ani jedné věty.

Predikátová logika připouští pouze pravdivostní hodnotu pravda a nepravda. Transparentní intenzionální logika nám však nemusí dodat žádný výstup, pokud některý z konstituentů konstrukce selže.

⁵⁵ Reference je hodnota intenze v aktuálním světě a čase. Duží (2001) s. 236.

⁵⁶ Duží (2001) s. 241.

⁵⁷ Symboly *P*, *Q* označují propozice. Duží, Materna (2012) s. 140.

Určitě by se dalo najít spoustu dalších výhod transparentní intenzionální logiky, ale pro ukázkou její větší expresivní síly nám budou stačit výše uvedené příklady.⁵⁸ Náš úkol nalezení zatím nejvíce expresivního formálního systému se zdařil, podívejme se proto, jaké důsledky z toho plynou pro Turingův test.

Turingův test hledá počítač, který by byl natolik schopný, aby imitoval verbální projevy člověka. Protože je počítač realizací určitého formálního systému, tak cílem práce bylo ukázat takový formální systém, který by byl nejvíce podrobný v analýze přirozené řeči. Vždyť o to nám taky jde. Čím má formální systém větší expresivní sílu, tím lépe dokáže zachytit úskali přirozeného jazyka lépe. A to jsme si také ukázali. Po počítači určitě nebudeme chtít, aby z premis, odvodil závěr, který by z hlediska významu premis vyplývat neměl, jak jsme si např. ukázali v našem příkladu s Karlem Schwarzenbergem. Lze tedy říct, že jednou z cest, jak by počítač mohl v imitační hře uspět, je se snažit o co nejuvěrohodnější zachycení jazyka se všemi jeho složkami důležitými z hlediska vyplývání a samozřejmě také musí disponovat sofistikovaným systémem pravidel, která budou mít za výsledek adekvátní jazykové chování.

Transparentní intenzionální logika nám umožňuje analyzovat přirozený jazyk velmi důkladně. Dokáže rozlišit mezi různými druhy kontextů, které může mít uživatel na mysli. Dokáže pracovat s presupozicemi, se kterými běžný uživatel jazyka pracuje naprosto přirozeně. Přistoupí-li ke mně můj kamarád a poví: „Lucčina kočka je zrzavá,“ předpokládá, že Lucka nejenže nějakou kočku má, ale že je dokonce zrzavá. Pokud však kočku nemá, tak většinou se takovému kamarádovi hodí povědět: „Vždyť Lucka žádnou kočku nemá.“ Pokud budeme chtít, aby takto reagoval i stroj, pak potřebujeme, aby uměl pracovat s presupozicemi a aby byly pro něj formálně zachytilelné. TIL pracuje s presupozicemi tím způsobem (vztáhneme-li to na náš příklad s Lucčinou kočkou), že pokud Lucka kočku má, pak je zrzavá, jinak výrok nemá žádnou pravdivostní hodnotu.⁵⁹

Konverzace v přirozeném jazyce se odvíjí od správného analyzování jednotlivých výpovědí našich konverzačních protějšků. Proto tento požadavek vztahujeme v této práci i na počítače. Určitě nechceme, aby se imitační hra odehrávala v duchu rozhovoru s chatbotem či s *companionable dialogue agents*. Nejenže tyto dva kandidáti odpovídají pouze podle sady vestavěných odpovědí na klíčová slova, ale taky by jistě testem neprošli právě proto, že modelové odpovědi se mohou vyskytnout v situacích, do kterých se vůbec nehodí

⁵⁸ Analýza gramatických časů, tázacích vět, otázek a odpovědí, problém homonymie či anafor a spousty dalších problémů se čtenář může dočíst v Duží, Materna (2012).

⁵⁹ Aby však adekvátně stroj odpověděl například popřením presupozice, je potřeba zavést do systému pravidlo, které toto odvození umožní. Podrobnější rozpracování této problematiky by vyžadovalo důkladnější představení analytického schématu vět s presupozicemi, které se řeší přes funkci if-then-else. Více k tomuto tématu najde čtenář v Duží, Materna (2012) s. 209-218.

a konverzace s nimi po čase nepůsobí přirozeným dojmem. Jednoduše řečeno, chatboty a *agenti* neprovádějí důkladnou analýzu jazyka.

Stejně tak chceme, aby počítač byl schopný rozumět a vytvářet nejen čistě deduktivní úsudky, ale i pravděpodobnostní. V této práci byly zmíněny abdukce, indukce a analogie, u kterých jsme si ukázali, že jsou neoddělitelnou součástí našeho myšlení, ať už se jedná o návštěvu doktora, který se snaží najít symptomy naší nemoci pomocí abdukce, tvoření teorií pomocí indukce nebo používání vtipů pomocí analogie.

Pokud tedy chceme, aby počítač napodoboval lidskou řeč, musíme mu dát vhodné formální prostředky pro analýzu přirozeného jazyka. A zatím nejlepším možným prostředkem se nám jeví transparentní intenzionální logika právě z důvodu její vysoké expresivní síly.

Závěr

Práce měla za cíl ukázat, jaké nároky by se měly klást na počítače účastníci se imitační hry z hlediska používání a analýzy přirozeného jazyka. Nejprve bylo zapotřebí popsat, jak imitační hra vypadá, jací jsou její účastníci, a následně bylo specifikováno, jaké nároky jsou kladeny na počítač, který se hry má účastnit.

Protože se tato práce zaměřila na jazykovou stránku problematiky Turingova testu a úspěšnost počítače v imitační hře byla nahlížena skrze správné používání přirozeného jazyka, bylo nutné v další části zmínit různá úskalí přirozeného jazyka a způsob, jakým funguje. V popředí zájmu stálo tak nejen deduktivní, ale i pravděpodobnostní usuzování, jakožto neoddelitelné součásti lidského myšlení v přirozeném jazyce, které by měl stroj také vykazovat, aby mohl úspěšně projít Turingovým testem.

Jak již bylo několikrát uvedeno, protože počítače jsou realizací formálního systému, bylo nutné hledat nejexpresivnější systém, který by umožnil počítači správně analyzovat řeč a dát mu prostředky řeč správně používat.

Pro účely a rozsah této práce byly vybrány tři umělé jazyky, jmenovitě výroková logika, predikátová logika prvního řádu a transparentní intenzionální logika. U každého z nich bylo ukázáno, jakým způsobem a do jaké míry podrobnosti dokáže analyzovat přirozenou řeč a nakonec byl vybrán ten jazyk, který nejlépe postihuje různé aspekty jazyka přirozeného. Na praktických příkladech bylo ukázáno, že nejvíce expresivním systémem je transparentní intenzionální logika, která by byla počítač schopna nejvíce přiblížit přirozenému jazyku.

Práce tak i ukázala, že chatboty a *companionable dialogue agents* nejsou vhodnými kandidáty pro účast v imitační hře, neboť míra podrobnosti analýzy přirozeného jazyka se omezuje pouze na hledání klíčových slov ve větě komunikačního protějšku a odpovídání pomocí sady předepsaných pravidel, což bychom jen stěží mohli považovat za dostatečnou jazykovou analýzu a schopnost používat správně jazyk.

Otázka, která čtenáře jistě mohla napadnout, je jakým způsobem bychom byli schopni začlenit transparentní intenzionální logiku do počítače a jaká pravidla použít, aby byl schopen tento formální systém používat pro analýzu přirozeného jazyka a opravdu korektně odvozovat při velkém množství konverzačních témat. Zodpovězení by však nejen přesahovalo rámec práce, ale zasahovalo by do oblasti informatiky, čímž by se přešlo od filozofického bádání k praktickým pokusům, které náležejí spíše programátorům.

Anotace

Filosofická fakulta Univerzity Palackého v Olomouci

Katedra filosofie

Autor práce: Tereza Wittichová

Vedoucí práce: PhDr. Martina Číhalová, Ph.D.

Název diplomové práce: TURINGŮV TEST A PROBLÉM EXPRESIVITY

Počet znaků: 101 095

Počet příloh: 3

Počet použité literatury: 21

Klíčová slova:

Alan Turing, imitační hra, turingův test, expresivní síla, chatbot, companionable dialogue agents, výroková logika, predikátová logika prvního řádu, transparentní intenzionální logika

Anotace:

Bakalářská práce „Turingův test a problém expresivity“ se zaměřuje na vlastnosti formálního systému, který by byl svou vyjadřovací silou co nejbližší přirozenému jazyku. Turingův test je tak v práci pojat jako výzva pro podrobnou analýzu přirozeného jazyka.

English title: TURING TEST AND THE EXPRESSIVITY PROBLEM

Key words:

Alan Turing, imitation game, turing test, expressivity, chatbo, companionable dialogue agents, propositional calculus, first order predicate calculus, transparent intensional logic

Summary:

This thesis is called „Turing test and the expressivity problem“ and focuses on the characteristics of the formal system. The formal system should resemble natural language by its expresivity as much as possible. Here, the Turing test is seen as a challenge for detailed natural language analysis.

Použitá literatura

BEAVER, David I. and GEURTS, Bart. Presupposition, © 2011. In: Edward N. Zalta (ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* [online]. Winter 2014 Edition [vid. 2016-08-13]. Dostupné z:

<http://plato.stanford.edu/entries/presupposition/>

BLECHA, Ivan aj. *Filosofický slovník*, 2. opr. a rozš. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 1998. ISBN 80-7182-064-4.

Chatbots.org [online]. ©2016 [vid. 2016-07-28]. Dostupné z:

<https://www.chatbots.org/chatbot/>

ČÍHALOVÁ, Martina. *Studentův průvodce kurzem Klasická logika*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2015. ISBN 978-80-261-0567-1.

DOUVEN, Igor. Abduction, © 2011. In: Edward N. Zalta (ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* [online]. Spring 2011 Edition [vid. 2016-07-15]. Dostupné z:

<http://plato.stanford.edu/entries/abduction/>

DUŽÍ, Marie. Homonymie, de dicto / de re a význam. In: *Organon F*, roč. 8, č. 3 [online]. Filozofický ústav SAV, Bratislava, 2001, s. 235-251 [vid. 2016-08-13]. ISSN 1335-0668. Dostupné z:

<http://www.klemens.sav.sk/fiusav/doc/organon/2001/3/235-251.pdf>

DUŽÍ, Marie a Pavel MATERNA. *TIL jako procedurální logika: průvodce zvědavého čtenáře Transparentní intensionální logikou*. Bratislava: Aleph, 2012. Noema, 7. sv. ISBN 978-80-89491-08-7.

FITTING, Melvin. Intensional Logic, © 2015. In: Edward N. Zalta (ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* [online]. Summer 2015 Edition [vid. 2016-08-07]. Dostupné z:

<http://plato.stanford.edu/entries/logic-intensional/>

GENTNER, Dedre. Are Scientific Analogies Metaphors? In: David S. Miall (ed.) *Metaphor: Problems and perspectives* [online]. Harvester Press, 1982, s. 106-132 [vid. 2016-07-15]. Dostupné z:

<http://groups.psych.northwestern.edu/gentner/papers/Gentner82a.pdf>

HAWTHORNE, James. Inductive Logic, © 2012. In: Edward N. Zalta (ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* [online]. Winter 2014 Edition [vid. 2016-07-15]. Dostupné z:

<http://plato.stanford.edu/entries/logic-inductive/>

HODGES, Andrew. Alan Turing, © 2013. In: Edward N. Zalta (ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* [online]. Winter 2013 Edition [vid. 2016-08-15]. Dostupné z:
<http://plato.stanford.edu/entries/turing/>

HROMEK, Petr. *Logika v příkladech*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2002. ISBN 80-244-0578-4.

MATERNA, Pavel a Jan ŠTĚPÁN. *Filozofická logika: nová cesta?: úvod do transparentní intenzionální logiky*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 2000. ISBN 80-244-0109-6.

MEGILL, Jason. The Lucas-Penrose Argument about Gödel's Theorem. In: James Fieser and Bradley Dowden (ed.). *Internet Encyclopedia of Philosophy* [online] [vid. 2016-08-07]. ISSN 2161-0002. Dostupné z:
<http://www.iep.utm.edu/lp-argue/>

OPPY, Graham and DOWE, David. The Turing Test, © 2016. In: Edward N. Zalta (ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* [online]. Spring 2016 Edition [vid. 2016-06-28]. Dostupné z:
<http://plato.stanford.edu/entries/turing-test/>

SCHUBERT, Lenhart. Computational Linguistics, © 2014. In: Edward N. Zalta (ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* [online]. Spring 2015 Edition [vid. 2016-08-02]. Dostupné z:
<http://plato.stanford.edu/entries/computational-linguistics/#ChaComDiaAge>

ŠEDIVÝ, Petr. Mistrovství světa ovládlo Německo, Argentinu porazilo po prodloužení. Red. kal. iDnes.cz [online]. 2014-07-13 [vid. 2016-07-15]. Dostupné z:
http://fotbal.idnes.cz/nemecko-argentina-finale-fotbaloveho-mistrovstvi-sveta-2014-pay-/ms-fotbal-2014.aspx?c=A140713_200216_ms-fotbal-2014_pes

ŠTĚPÁN, Jan. *Formální logika*, 2. přeprac. vyd. Olomouc: Fin Publishing, 1995. ISBN 80-7182-004-0.

ŠTĚPÁN, Jan. *Klasická logika*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2001. ISBN 80-244-0254-8.

TURING, Alan. Computing Machinery and Intelligence. In: *Mind* 59, no. 236 [online]. October 1950, s. 433-460 [vid. 2016-08-13]. Dostupné z:
<http://phil415.pbworks.com/f/TuringComputing.pdf>

TVRDÝ, Filip. *Turingův test: filozofické aspekty umělé inteligence*. Praha: Togga, 2014. Scholia (Togga). ISBN 978-80-7476-043-3.

Dodatky

i)

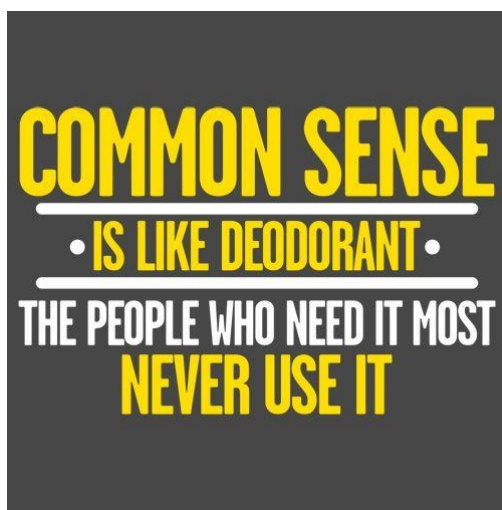
Childhood is like being drunk
Everyone remembers what you
did, except you.

Your beer says go to DrunkDrank.com

Dostupné z:

<http://www.drunkdrank.com/wp-content/uploads/2013/07/Childhood-is-like-being-drunk.jpg>

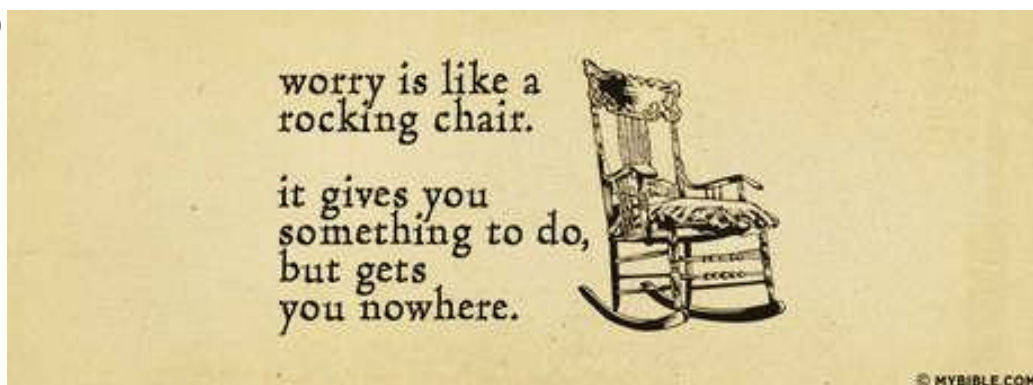
ii)



Dostupné z:

<https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/564x/39/2e/0c/392e0c128492ba606326d6af3a79a669.jpg>

iii)



Dostupné z:

https://dgw7l17furt3h.cloudfront.net/uploads/covers/450/picture/small_92e8668194e483e752903f22.jpg