

VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ V PRAZE
FAKULTA INFORMATIKY A STATISTIKY
KATEDRA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Studijní program: Aplikovaná informatika
Obor: Informační systémy a technologie

Diplomant: Bc. Jozef Murín

Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Václav Řepa, CSc.

Oponent diplomové práce: Mgr. Ing. Miroslav Vacura, PhD

Ontológia vo filozofii a informatike

Akademický rok: 2010/2011

Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že som diplomovú prácu s názvom *Ontológia vo filozofii a informatike* napísal samostatne a že som uviedol všetky použité pramene a literatúru, z ktorej som čerpal.

V Prahe dňa 13. 12. 2010

Abstrakt

Táto diplomová práca sa snaží podať prehľad problematiky ontológií vo filozofii a informatike. Vo filozofii je ontológia tradične chápaná ako disciplína, ktorá skúma najvšeobecnejšie rysy skutočnosti. V informatike sa v posledných rokoch čoraz častejšie skloňuje ontológia a objavujú sa ontologické prístupy k riešeniu problémov.

V kapitole venovanej ontológii v informatike je na podklade historického vývoja postupne konkretizovaný pojem ontológie. Autor ukazuje, že ontológiu je možné chápať v troch významoch: ako teoretickú disciplínu, ako teóriu o štruktúre skutočnosti a ako konkrétnu kategorizáciu. Argumentuje, že veda potrebuje explicitný ontologický základ a potreba ontológie je najsilnejšia v období nárastu vedeckých znalostí.

Kapitola venovaná ontológii v informatike ukazuje potrebu a možnosti aplikácie prístupov filozofickej ontológie v konceptuálnom modelovaní, doménovom inžinierstve a sémantickom webe.

V závere autor diskutuje terminologickú konfúznosť bežných definícií ontológií v informatike.

Kľúčové slová

Ontológia, konceptuálne modelovanie, doménové inžinierstvo, sémantický web

Summary

This thesis offers an introduction into ontology in philosophy and informatics. In philosophy, ontology is the study of the most general features of reality. In the field of Informatics the term ontology is starting to be used more often and numerous “ontological approaches” have been proposed recently.

In the chapter about ontology in philosophy the meaning is explained on the background of history of philosophy. There generally three meanings of ontology: as a theoretical discipline, as a theory about the structure of reality and as a concrete artefact. It is argued that every science needs a sound ontological base and that the need for ontology increases in times of scientific discovery.

The aim of the chapter about ontology in informatics is to show the need and application possibilities for an ontological approach in conceptual modelling, domain engineering and in the area of semantic web.

In the end there is a discussion of the terminological confusion about ontology in informatics.

Keywords

Ontology, conceptual modelling, domain engineering, semantic web

PodĎakovanie

Ďakujem Prof. Ing. Václavovi Řepovi, CSc. za odborné nasmerovanie mojej práce, za jeho informácie a postrehy, ale hlavne za jeho osobný prístup a povzbudenie.

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Ontológia vo filozofii.....	8
2.1	Ontológia ako <i>metaveda</i>	9
2.1.1	Predsokratíci.....	9
2.1.2	Aristoteles.....	11
2.1.3	Vývoj v novoveku.....	12
2.1.4	Vývoj v 20. storočí.....	15
2.1.5	Ontológia a moderná veda.....	18
2.2	Univerzálie.....	20
2.2.1	Realizmus.....	21
2.2.2	Nominalizmus.....	26
2.2.3	Konceptualizmus.....	29
2.3	Zhrnutie.....	30
3	Ontológia v informatike.....	31
3.1	Ontológia a konceptuálne modelovanie.....	32
3.2	Ontológia, znalostné inžinierstvo a UI.....	37
3.2.1	Fundačné a aplikačné ontológie.....	41
3.3	Ontológia a sémantický web.....	49
3.4	Zhrnutie.....	54
4	Záver.....	57
	Zoznam literatúry.....	59
	Terminologický slovník.....	62

1 Úvod

If one is interested in the relations between fields which, according to customary academic divisions, belong to different departments, then he will not be welcomed as a builder of bridges, as he might have expected, but will rather be regarded by both sides as an outsider and troublesome intruder.

Rudolf Carnap, Intellectual Autobiography

Ontológia je filozofická disciplína, ktorá skúma „najvšeobecnejšie rysy skutočnosti a jej stavebné časti“. Koná tak v protiklade k empirickým vedám (fyzika, chémia, biológia), ktoré si za predmet svojho záujmu vybrali určitý obor reality. Aristoteles je považovaný za prvého filozofa, ktorý sa ontológii systematicky venoval a vytvoril prvú ucelenú ontologickú teóriu. Ontologické teórie tvorili po stáročia jadro každej filozofie. Na začiatku ontologického bádania stoja typické otázky: Čo skutočne existuje? Aké druhy súcna existujú? Aké vlastnosti môžu nadobúdať rôzne predmety? Aký je vzťah vlastností predmetu k nemu samotnému? Čo je esencia súcna? Predchádza esencia existenciu? Je predmet ekvivalentný množine svojich častí? Sú predmety množinami svojich vlastností?

V rámci informatiky je možné v uplynulých desaťročiach badať vzostup záujmu o ontologické bádanie. Tento záujem sa významne zvýšil v poslednom desaťročí vďaka koncepcii sémantického webu. Samotný pojem ontológie sa dnes používa v rozmanitých oblastiach informatiky: v znalostnom inžinierstve, počítačovej lingvistike, teórii a designe databázových systémov, pri integrácii informácií, objektovo orientovanej analýze, dobývaní dát a extrakcií informácií a znalostí, znalostnom managemente a v návrhu agentných systémov. Aplikácie ontológie sú rovnako rôznorodé a zahŕňajú integráciu podnikových systémov, prekladanie prirodzeného jazyka, lekárstvo, šandardizácia produktových informácií, e-commerce, geografické, právne a medicínske informačné systémy.

Cieľom tejto práce je zorientovať čitateľa v oblasti ontologického bádania a to z perspektívy filozofie i informatiky. Kapitola venovaná ontológii vo filozofii si kladie za cieľ predstaviť pojem a základné problémy filozofickej ontológie a podklade historického vývoja filozofie rozlíšiť významy, v akých sa slovo ontológia používa vo filozofii. V kapitole venovanej ontológii v informatike si za cieľ kladiem ukázať obory, v ktorých sa objavila potreba ontologického prístupu, zmapovať používanie a významy pojmu ontológie a porovnať (prípadne „mapovať“) významy ontológie vo filozofii a informatike.

2 Ontológia vo filozofii

The point of philosophy is to start with something so simple as not to seem worth stating, and end with something so paradoxical that no one will believe it.

Bertrand Russell, Logical Atomism

Základné porozumenie pojmu ontológie vo filozofii sa budeme snažiť získať v tejto kapitole kombináciou synchrónneho a diachrónneho prístupu. Bude nás zaujímať ako a kde sa objavujú ontologické otázky vo filozofii a ako sa v priebehu dejín filozofie vyvíjali. Naším cieľom bude získať predstavu o predmete a metóde ontológie a definovať významy, v ktorých sa pojem ontológie vo filozofii tradične používa.

Slovo ontológia je zložené z dvoch častí. Prvá časť, *ontos*, je genitívom participia gréckeho slovesa *einai* (byť) a znamená „to, čo je“, t.j. súcno. Druhá časť *-logia* pochádza z gréckeho *legein* (hovoriť) resp. *logos* (napr. slovo, rozum, poriadok alebo náuka). Ontológia je podľa tohto etymologického výkladu náuka o bytí, o súcne, o „tom, čo je“. Slovo ontológia je síce gréckeho pôvodu a odkazuje až k antickej filozofii, jeho prvé výskyty sú však doložené až v latinskom jazyku, v diele Jacoba Lorharda *Ogdoas Scholastica* (1606) a *Lexicon philosophicum* (1613) Rudolfa Gockela (Goclenius).

Filozofiu budeme v tejto práci chápať *špecifický teoretický postoj* (Benyovszky, 2007), v ktorom človek prestáva vnímať veci a javy vo svojom prostredí účelovo – ako veci potreby alebo spotreby, ako prostriedky určené k želanému cieľu. Je to postoj, v ktorom je naše manipulovanie vecou pozastavené kvôli otázke, čo vec sama o sebe vlastne je. Nechceme vec použiť, ale porozumieť jej. V tomto postoji neobjavujeme nič nové, ale problematizuje to, čo už poznáme. Klasickí autori za začiatok filozofovania považujú údiv: „Údiv je postoj človeka, ktorý skutočne miluje pravdu“. Platón (Theaitétos 155 d) „Ten, kto pochybuje a diví sa, má vedomie nevedomosti – preto milovník báji je v istom slova zmysle milovníkom múdrosti, pretože obsahom báji sú zjavy hodné údivu. Eudia filozofovali, aby unikli nevedomosti...“ Aristoteles (Met. I. 2, 982)

2.1 Ontológia ako *metaveda*

Cieľom tejto podkapitoly je ukázať, ako vzniká špecifická ontologická problematika v kontexte vedeckého bádania. Budeme sledovať vzťah filozofie a vedy od antiky až do súčasnosti a ukážeme si základné ontologické koncepcie, ktoré sa v dejinách objavili.

2.1.1 Predsokratici

Na historickej rovine vidí (Anzenbacher, 1990) začiatok filozofie objavením problému *arché*. Slovo *arché* je mnohovýznamové, môže znamenať začiatok, prvotný princíp, základ či pralátku. Pojem *arché* mal vo filozofii slúžiť ako jednotný princíp k objasneniu mnohotvárnosti a komplikovanosti sveta. Základom pri hľadaní *arché* bola pre prvých filozofov *fysis*, slovo často prekladané skrze latinské slovo *natura* ako príroda¹. Slovo *fysis* sa používalo na označenie predmetov prírodného či fyzického sveta. Prvé filozofické spisy o povahe „vecí fyzického sveta“ dostávali často názov *Peri Fyseos* (O prírode) a ich autori sami seba nazývali *fysiologoi* a *fysikoi*, t.j. „fyzici“. K akým poznatkom dospeli títo predsokratovski filozofi – „fyzici“?

Pri uvažovaní o povahe sveta (fyzikálneho sveta, *fysis*) dospel Thales z Milétu k tomu, že *arché* – prvotný princíp sveta – je „voda“, pretože takáto látka má v sebe schopnosť zmeny (voda - ľad - para). Významné je, že táto zmena je vysvetľovaná z povahy sveta samého, nie vďaka „mimosvetiskému“ zásahu². Anaximenes z Milétu videl *arché* vo vzduchu. Títo dvaja iónski filozofi vysvetľovali rozmanitosť sveta z pohybu a zmeny základných prvkov. Základom skutočnosti je pre nich niečo, čo sa dá popísať ako homogénne, materiálne a elementárne. Herakleitos z Efezu proti tomu namietal, že je nemožné z homogénneho princípu vysvetliť rozdielnosť, mnohosť a neustálu premenu javov. Ako základný explanačný princíp navrhuje „oheň“³, symbolizujúci neustály boj protikladov, ktorý je substrátom premieňajúcich sa vecí. Herakleitos i jeho žiak Kratylos skutočnosť vnímajú procesuálne, ako zmenu na jednotnom podklade (podstate). Parmenides z Eleje, skeptik s ohľadom na spoľahlivosť

¹ Latinské *natura* v sebe nesie dva významy: príroda i prirodzenosť. Väčšina európskych jazykov má pre preklad *natura* jedno slovo, ktoré nesie oba významy (napr. ang. nature, nem. die Natur). Rozdielne slová pre prirodzenosť a prírodu má slovenčina i čeština, čo prináša prekladové a výkladové problémy.

² Ako je tomu v mýtických príbehoch.

³ Herakleitos: „*Tento svet... vždy bol, je a bude večne živým ohňom, horiacim podľa miery a hasnúcim podľa miery.*“ Zlomok 6. Dobré známy je Herakleitov výrok: „*Nevstúpiš dvakrát do tej istej rieky!*“ Jeho žiak Kratylos túto pozíciu ešte stupňuje: „*Nevstúpiš tam ani raz!*“ – je nemožné zachytiť pohyb slovom, t.j. pojmovo. Pohyb sa dá iba „ukázať“. Pokiaľ je pojem zmeny braný skutočne radikálne, nie je možné sa o ničom vysloviť, pretože nemáme jeden pretrvávajúci rys, ktorému je možné porozumieť.

našich zmyslov, jednotný základ rozmanitej skutočnosti označil slovom *bytie*⁴. Usudzuje, že pokiaľ nie je *nebytie*, nemôže existovať vznik a zánik, pretože neexistuje možnosť „ešte nebyť“ alebo „už nebyť“. Neexistuje pohyb ani zmena, ani mnohosť. Svet ako sa nám javí, je iba zdaním. To čo skutočne existuje, je iba identické, večné, homogénne a súvislé bytie. Pohyb nie je možné pojmovo zachytiť, pretože to by predpokladalo existenciu niečoho stáleho. Apórie⁵ Parmenidovho žiaka Zenóna výstižne ukazujú problémy, do ktorých sa myslenie dostáva nekonečným delením tohto homogénneho kontinua.

Empedokles vo svojej koncepcii *fysis* chce nájsť riešenie medzi Herakleitom (večná zmena) a Parmenidom (nemenné súcno). Namiesto jedného princípu navrhuje štyri vzájomne neprevoditeľné princípy (živly oheň, vzduch, zem, voda), ktoré sú prepojené dvomi silami (pohybmi spojenia a oddelenia). Leukippos z Milétu a Démokritos z Abdéry prišli s riešením, ktoré dostalo názov atomizmus. Namiesto Parmenidovho bytia a nebytia hovoria o plnosti a prázdnote. Plnosť, bytie je nekonečná mnohosť nedeliteľných, nemenných a nevytvorených najmenších častíc – atómov. Nebytie je prázdny priestor. Rozdielnosti a mnohosť v realite je potom možné vysvetliť náhodným pohybom atómov.

Zhrnutie:

Videli sme, že jedným z prvých problémov filozofie je otázka *arché*. Po tom, čo „fyzici – prírodní filozofi“ vytvorili prvé systémy prírodovedných explanaíí za použitia pojmov každodennej skúsenosti (napr. živly zem, vzduch, oheň a voda), prichádzajú s otázkou, či práve toto sú základné stavebné kamene prírody, alebo či existuje jeden prvok, na ktorý je možné ostatné prvky redukovať. Milétska škola s ohľadom na základ skutočnosti (*fysis*) hovorí o materiálnej, elementárnej jednote. Otázka rozdielnosti zostáva neriešená. Herakleitos radikalizuje rozdielnosť a ruší jednotu. Parmenides radikalizuje jednotu a popiera rozdielnosť. Nepresadzuje za zatiaľ jeden vedúci názor, ale pozoruhodné je, že pozorovania prírody vedú k snahe vysvetliť „fyzické“ procesy „nefyzikálnymi“ pojmi.

⁴ „Je jedna cesta, že bytie je a že nebytie nie je, to je cesta presvedčenia, ktoré sprevádza pravdu. Druhá cesta, že nebytie je ... o tejto ceste ti hovorím, že sa nedá nijak poznať, pretože nejestvujúce by si ani nepoznal – nie je to možné – ani nevyslovil.“ Zlomok 2,3

⁵ Neriešiteľné rozpory medzi dvoma rovnako dokázateľnými názormi. Známe sú hlavne Zenónove apórie šípu, štadiónu a apória nazvaná Achilles a korytnačka: V súťaži o prekonanie danej vzdialenosti najrýchlejší bežec Achilles nikdy neporazí korytnačku, pokiaľ jej dá náskok. Pretože v okamihu, kedy dobehne do bodu, kde predtým bola korytnačka, je ona už zase ďalej. Takto sa medzi nimi vzdialenosť síce skracuje, ale Achilles korytnačku nikdy nepredbehne.

2.1.2 Aristoteles

Aristotelovo encyklopedické dielo položilo základy mnohých moderných vied. Anzenbacher (Anzenbacher, 1990) považuje jeho filozofiu za základné rozpracovanie ontologickej problematiky. Ako vedúca intelektuálna osobnosť na macedónskom kráľovskom dvore mal Aristoteles prístup k mnohým prírodovedným objavom. Podobne ako „prírodní filozofi“ pred ním, aj on sa venoval zhromažďovaniu a kategorizácii poznatkov o prírode ale i otázkam *arché*.

Andronikos Rodský pri radení Aristotelových spisov zaradil určité diela za spisy súborne nazvané *Fyzika* (vo význame *fysis* z predchádzajúcej podkapitoly). Tieto diela dostali súhrnný názov *Metafyzika* (*ta meta ta fysika*, t.j. „to čo nasleduje po fyzike“). Pôvodne čisto technický názov dostáva časom ďalší význam: predmet *metafyziky* je možné chápať ako otázky, ktoré sa objavujú „po“ alebo „pri“ objasňovaní „fyzického“ sveta, resp. problémy, ktoré „fyzický“ (zmyslami poznateľný svet) prekračujú. Kladenie „fyzických“ problémov teda predchádza (a istom zmysle vytvára) problémy metafyzické⁶.

Metafyzika predsokratikov spočíva vo vypracovaní hypotézy o *arché*, ktorá by vysvetľovala všetko prírodovedné poznanie. Aristotelova definícia metafyziky znie: „Existuje druh teoretickej vedy, ktorá skúma súcno ako súcno a to, čo mu o sebe náleží. Táto veda nie je totožná so žiadnou takzvanou zvláštnou vedou. Pretože žiadna iná veda nepojednáva všeobecne o súcne ako súcne, ale každá si z neho vyberá určitú časť a skúma určenia, ktoré jej prináležia, ako napríklad vety matematické.“ (Metafyzika IV, 1, 1003a) Túto vedu dokonca označuje Aristoteles za najzákladnejšiu vedu vôbec. Domnieva sa, že musí existovať veda, ktorá sa zaoberá celkom skutočnosti z akéhosi najvyššieho, posledného bodu, za ktorý už človek nemôže ďalej ísť a tým objasňuje základné otázky ostatných vied. Základným predpokladom Aristotelovej (a aristotelisky orientovanej) filozofie je, že svet má racionálnu štruktúru a že táto racionálna štruktúra je človeku poznateľná. Metafyzika je potom štúdiom poznateľnej štruktúry sveta⁷. Čo všetko je však poznateľné? Vedu vníma Aristoteles v širšom slova zmysle, ako je tomu dnes:

⁶ Možným poučením plynúcim z tohto výkladu slova metafyzika je, aby sa človek zaoberal metafyzickými problémami až po tom, čo porozumel svetu fyzickému a jeho problémom.

⁷ Tento koncept je známy ako *philosophia perennis* alebo *philosophia perennis et universalis*.

Veda:	Umenie:	Praktické vedy
		Poietické vedy
	Filozofia:	Fyzika, teoretické vedy, matematika, teológia
		Prvá filozofia (metafyzika)

Fig. 1: Členenie vedy podľa Aristotela

Zhrnutie:

Aristoteles ako prvý filozof jasne rozpoznáva potrebu abstraktnej vedeckej disciplíny, ktorá „skúma súcno ako súcno“, na rozdiel od špeciálnych vied. Túto vedu Aristoteles nazýva „Prvá filozofia“ (*he prote filosofia*) a historicky sa jej dostáva názvu metafyzika.

2.1.3 Vývoj v novoveku

Používanie slova ontológia vo filozofii sa dá vykázať až v novoveku, od začiatku 17. storočia. Prvý doložený výskyt obsahuje ôsma kniha *Ogdoas scholastica* (1606) nemeckého filozofa a pedagóga Jacoba Lorharda, ktorá je zamýšľaná ako gymnaziálna učebnica. Jej úlohou je sprostredkovať podstatné rysy vedeckých a náboženských aspektov sveta. Formou výkladu je diagram, ktorý sa v jeho dobe stal pedagogickou novinkou a predstavuje primitívnu formu hypertextu (fig. 2). Pre Lorharda je metafyzika „kontemplatívnym umením, ktoré pojednáva o každom poznateľnom (*omne intelligibile*) a o miere, v ktorom je toto poznateľné človekom podľa svetla prirodzeného rozumu bez pojmu hmoty“⁸. Lorhard v ôsmej knihe demonštruje reprezentáciu svojho ontologického rozvrhu diagramatickým spôsobom. Jeho rozvrh je reprezentáciou svetonáhľadu Európana 17. storočia, zároveň poskytuje stále relevantné vhľady do problematiky. Lorhard používa slovo ontológia ako synonymum slova metafyzika. Vymedzuje ju ako „poznanie poznateľného podľa toho, čím je poznateľné.“ Poznateľnosť sveta je hlavným rysom jeho ontológie. Formulovaním ontológie ako zamerania na to, čo je poznateľné skrze to, čím je toto poznateľné, položil popis základu každej vedeckej aktivity.

⁸ Ogdoas Scholastica, 1606.

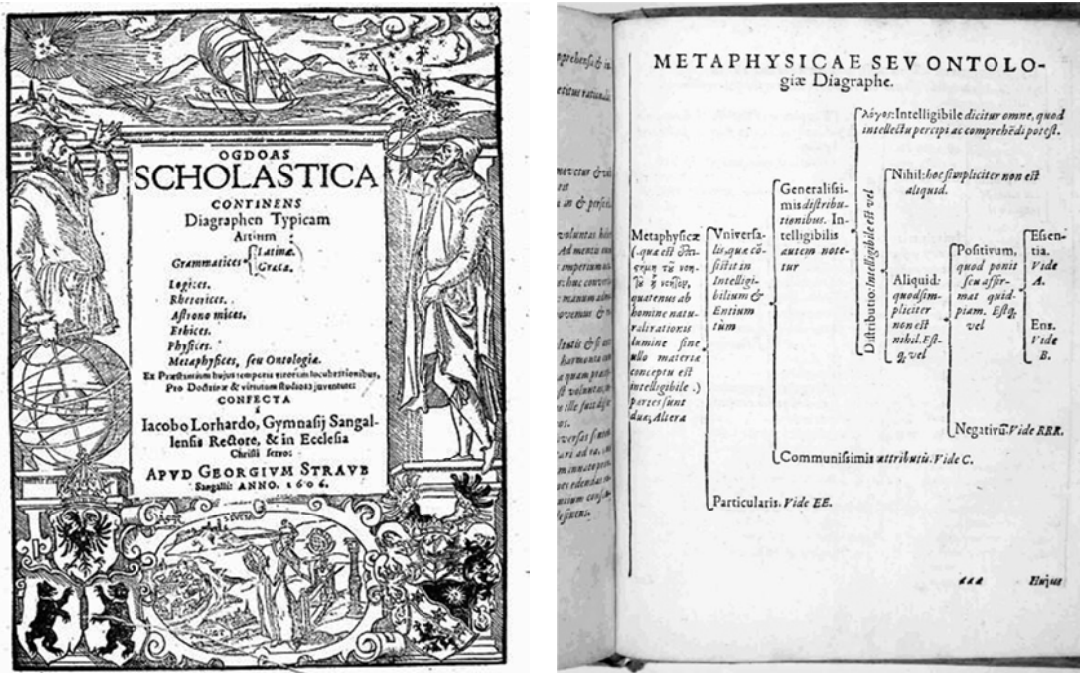


Fig. 2: Jacob Lorhard: Ogdoas Scholastica

Podľa (Weissmahr, 1991) o niečo neskôr používa slovo ontológia Rudolph Göckel (Goclenius) vo svojom *Lexicon philosophicum* (1613), kde je zmienené ako „ontologia, philosophia de ente“ (ontológia, filozofia bytia). V roku 1647 Joseph Clauberg v diele *Elementa philosophiae sive Ontosophiae* navrhuje termín ontológia alebo ontosofia. Najvplyvnejším dielom, ktoré zároveň prispelo k popularizácii pojmu ontológia bola *Philosophia prima sive ontologia* (Prvá filozofia, čiže ontológia) Christiana Wolffa, ktoré dalo tvár školskej filozofii 18. storočia. Wolff predstavuje ontológiu ako vedu o súcne ako takom. Súcno je to, čo je možné. Je to reálna esencia. Esencia, ktorej náleží existencia, je aktuálna. Súcnom môže byť každá bezrozporná esencia. Vlastnosti súcna, atribúty, sú pochopiteľné z esencie. Súcno je súcnom skrze esenciálne a nimi implikované atribúty. K súcnu môže prináležať mód a akcidentálne, ktoré sú náhodné. Preto majú prednosť atribúty. Esencia neimplikuje existenciu, existencia je doplnkom možnosti. Ontológia u Suaréza nie je vedou a reálnych súcnoch, ale o esenciách a ich sprievodných vlastnostiach (Hemelík, 1998). Je to prípravná náuka k trom regionálnym ontológiám:

- 1, *metaphysica generalis* (ontológia).
- 2, *metaphysica specialis*
 - a, *cosmologia specialis* (región: svet ako celok)
 - b, *psychologia rationalis* (región: človek)
 - c, *theologia rationalis* (región: absolútne ako základ sveta)

Po celý starovek a stredovek sa filozofia pestovala ako metafyzika. V novoveku prichádza obrat v tom zmysle, že po ontologických otázkach prichádzajú do centra filozofie otázky epistemologické. (Ako poznávame? Ako je poznanie vôbec možné?) Metafyzické systémy boli začiatkom novoveku kritizované z niekoľkých pozícií. Námietky z empirického a skeptického stanoviska pochádzajú od Davida Huma, ktorý vychádza z toho, že jedinými zmysluplnými pojmami sú zmyslové impresie (vnemy) alebo matematické pojmy. Zmyslové impresie sú podľa Huma verifikovateľné skúsenosťou a pozorovaním. Matematické vzťahy vyjadrujú vzťahy medzi ideami a sú nahliadnuteľné priamo. Nič iného nemôže mať zmysel, pretože to nemôžeme priamo overiť.: *„Když vezmeme do ruky kterýkoliv svazek, například z bohosloví nebo školské metafyziky, položme si otázku: Obsahuje abstraktní úvahy o kvantitě nebo číslu? Ne. Obsahuje zkušenostní úvahy o faktických okolnostech a jsoucím? Ne. Budiž tedy předán plameni, neboť nemůže obsahovat nic než sofistiku a klam.“* (Hume, 1996)

Descartes (na rozdiel napr. od Aristotela) už neprijíma existenciu externého sveta ako danú samozrejmosť, potrebuje ju dokázať. Vychádza z mysliaceho subjektu (*ego cogito, ego sum*) a do ontológie prináša dualizmus mysle (*res cogitans*) a hmoty (*res extensa*). Kantova kritika je založená na otázke, čo je vlastne možné poznať. Skúmaním by sme mali odhaliť, čo je možné s istotou poznať a tým vytýčiť hranice metafyziky. Svet aký je (vec o sebe) je pre nás nepoznatelný. Kategórie, ktoré poznávame, nie sú štruktúrou sveta, ale štruktúrou nášho poznávania a myslenia. Poznávame iba svet, ako sa nám javí (vec pre nás).

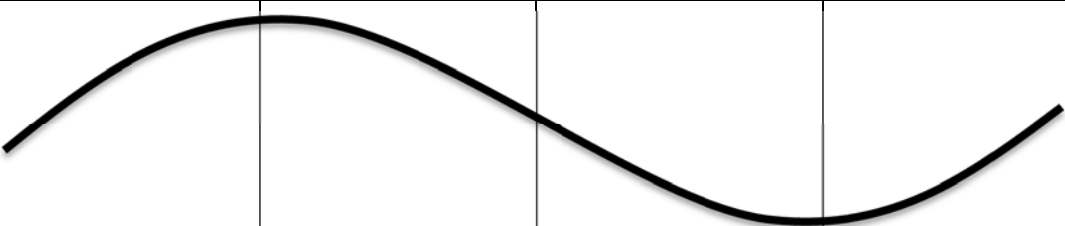
Zhrnutie:

V novoveku vzniká prírodná veda odlišná od prírodnej filozofie a s odlišnými metódami výskumu. Presadzuje sa rozdelenie metafyziky na metafyziku *generalis* a metafyziky *specialis* (1, kozmológia ako filozofia materiálneho, 2, racionálna psychológia a 3, filozofická teológia ako náuka o absolútne). Metafyzika *generalis* dostáva názov ontológia a stáva sa stále abstraktnejšou disciplínou o tom, čo je. Teórie o konkrétne existujúcom (v scholastickom rozvrhu svet, duša, absolútne) sú vyhradené špeciálnym metafyzikám (regionálnym ontológiám). Súčasne sa objavujú kritiky zavedených systémov, v ktorých sa do popredia namiesto ontologických otázok („čo je“) dostávajú otázky epistemologické („ako je možné poznanie toho, čo je“).

2.1.4 Vývoj v 20. storočí

Pre pochopenie súčasného stavu ontológie vo filozofii je dôležitý obrat, ktorý prichádza s rakúskym filozofom Fanzom Brentanom. Ten v druhej polovici 19. storočia znovu objavuje Aristotela. Dejiny filozofie a dejiny vedy sú podľa Brentana prepojené, veda je na rozdiel od filozofie viac závislá na kultúrnom vývoji. V oboch badá fázy rozvoja a stagnácie. Vo vede, na rozdiel od filozofie, v čase stagnácie nedochádza k „zabúdaniu alebo úmyselnému popieraní“ výsledkov predchádzajúceho výskumu. V čase stagnácie tak filozofia môže prestať byť vedou a stáva sa „literatúrou“ alebo „mysticizmom“ (tým myslí tvorenie ľubovoľných myšlienkových systémov) (Smith, 1998). Mysticizmus je reakciou na skepticizmus, v ktorom sa metódy filozofie stávajú neverifikovateľnými. Brentano prichádza s pochopením filozofie ako prísnej vedy („Metóda vedy a filozofie je tá istá!“).

Podľa Brentana sú v dejinách filozofie vysledovateľné štyri periódy rýchleho a intenzívneho vývoja poznania: 1, od prírodných filozofov k Aristotelovi. 2, obnova aristotelizmu u stredovekých scholastikov. 3, karteziánsky obrat v 17. storočí a 4, doba Brentana samotného, jeho koncepcia „filozofia ako prísna veda“. Každá z týchto periód ma 4 fázy: 1, fáza rapídneho vývoja, čistý teoretický záujem a aplikácia vedeckých metód. 2, Fáza praktického záujmu, aplikovaná filozofia. Nad otázkou pravdy prevláda otázka relevancie pre praktické potreby a použiteľnosť. 3, Skepticizmus ako reakcia na otázky dosiahnuteľnosti vytýčených cieľov. 4, Mysticizmus ako reakcia na skepticizmus. Objavovanie nových metód k získaniu nových poznatkov. A prichádza návrat pôvodnej „nevinnosti a údivu“.

Brentano: Štyri štádia filozofie (zpracované podľa Smith, 1998)			
			
1. rýchly rozvoj	2. praktický záujem	3. skepticizmus	4. mysticizmus
Staroveká filozofia			
Thales - Aristoteles	Stoa, Epikuros	Pyrrho, eklekticismus	neoplatonizmus, neopytagoreizmus
Stredoveká filozofia			
Akvinský	Scotus	Nominalizmus, Ockham	Kusánsky
Novoveká filozofia			
Bacon, Locke	racionalisti	Hume	Berkeley, Kant

20. storočie Kontinentálna filozofia			
Brentano	Husserl	Heidegger	Levinas, Derrida
20. storočie Analytická filozofia			
Frege, Wittg. I, Russell	Viedeňský krúžok	Wittg. II, Quine	Rorty
Nová perióda (?): Cocchiarella, Guarino, Smith			

Fig. 3: Štyri štádiá filozofie podľa Brentana, rozvinuté do súčasnosti

Brentano inšpiroval celú generáciu aristotelcky orientovaných filozofov. V rámci kontinentálnej filozofie bol jedným z nich Edmund Husserl. Prevzal Brentanovu ideu filozofie ako prísnej vedy a ukázal, že sa filozofia i veda odcudzila svetu každodennej skúsenosti (*Lebenswelt*). Na začiatku 20. storočia predstavil filozof Edmund Husserl pojem *formálna ontológia*, ako analógiu k formálnej logike. Tak ako sa formálna logika zaoberá logickými štruktúrami (pravdivosť, platnosť, konzistencia) nezávisle na ich vzťahu ku konkrétnej skutočnosti, formálna ontológia sa má zaoberať formálnymi ontologickými štruktúrami (teória častí a celkov, typov a inštancií, identita, závislosť), t.j. formálnymi aspektmi reálnych objektov bez ohľadu na ich špecifické vlastnosti. Cieľom formálnej ontológie má byť systém kategórií a ich vzťahov, ktorý bude využiteľný pri vývoji vedeckých teórií. Rekonštrukciou metafyzickej schémy do formálnej ontológie je možné jednotlivé metafyzické systémy vzájomne porovnávať a vybrať ten najviac vhodný. Formálna ontológia kombinuje intuitívnu analýzu a princípy filozofie a formálne metódy matematickej logiky. Husserl sám žiadnu kompletnú formálnu ontológiu nevytvoril, venoval sa analýze kategoriálnych štruktúr. Náčrt formálnej ontológie vytvoril až jeho žiak Roman Ingarden (Poliawski, 1991). Rozlíšil ontológiu materiálnu, formálnu a existenciálnu. Existenciálna ontológia skúma módy existencie rôznych druhov súcna, formálna ontológia skúma formy súcna (na rozdiel od materiálnych a kvalitatívnych aspektov) a materiálna ontológia skúma kvalitatívne aspekty súcna. Ingarden prispel výrazne k analýze závislosti. Rozlíšil štyri rôzne momenty závislosti: 1, kontingenciu (závislosť jedného súcna na druhom, aby pretrvávalo v existencii) 2, odvodenosť (závislosť jedného súcna na druhom, aby mohla začať existovať) 3, neoddeliteľnosť (závislosť jedného súcna na druhom, ktoré môže iba spoluexistovať v rámci spoločného celku) a 4, heteronómia (závislosť existencie na cudzom súcne i celková kvalitatívna závislosť).

Podobný vývoj ako na pôde kontinentálnej filozofie je pomocou Brentanovej schémy (Smith, 1998) možné sledovať aj v analytickej filozofii. Logický

atomizmus raného Wittgensteina je možné označiť ako prvú fázu štvordielneho cyklu. V Traktáte prichádza s predstavou jazyka ako obrazu reality. Základnou zložkou skutočnosti sú atómy jazyka. Jeho teória je redukcionistická, ale v jej pozadí je obnovený predpoklad, že skutočnosť má racionálnu a poznateľnú štruktúru – štruktúru, ktorej odpovedá štruktúra jazyka. Vplyvom Wittgensteina sa do stredy filozofie dostáva logika. Neskorý Wittgenstein je k metafyzickým otázkam skeptický a vo svojej filozofii prechádza k analýzam bežného jazyka. Metafyzické otázky považuje za zneužitie, prekročenie jazyka. Nadväzuje na neho L. Austin (*How to do Things with Words*) so svojou teóriou rečových aktov. (Jazyk nepoužívame iba na popis skutočnosti, ale aj na jej zmenu: napr. pozdravom).

Quine priniesol pojem *ontologického záväzku*. Ontologický záväzok je podľa neho to, čomu sa veda zaväzuje resp. aké ontologické prvky prijíma a predpokladá, ak prijíma určitú teóriu. Logika je nástrojom pochopenia ontologického záväzku vedy⁹. Podľa Quina „byť znamená byť hodnotou premennej“. Výroky vedeckej teórie majú byť vyjadrené predikátovou logikou, logickým jazykom pozostávajúcim týchto prvkov: mená, premenné (zameniteľné za mená), predikáty (alebo vlastnosti), logické spojky (a, alebo, pokiaľ... potom...) a kvantifikátory (pre tvorbu viet „Všetko má takúto vlastnosť“ a „Existuje aspoň jedna vec, ktorá má takúto vlastnosť“). Vedecká teória je zaviazaná tým množinám entít, ktoré môžu nahradiť premenné, aby boli vety teórie pravdivé. Quine odmietal prednosť ontológie, každý vedný obor si podľa neho svoje ontologické kategórie má stanoviť sám. (Sám však ako filozof vytvoril ontológiu vecí a množín). Ontologický minimalizmus je u neho spojený s ontologickým relativizmom: neexistuje podľa neho „privilegovaná“ kategória objektov, ku ktorej je vedecká teória ontologicky zaviazaná.

V druhej polovici 20. storočia boli ontologické bádania obohatené o problémy sociálnej reality. Searle (*Construction of social reality*) ukazuje nové kategórie reality. Okrem *hrubých* (brute) faktov existujú aj *inštitucionálne* fakty a sociálne objekty (napr. cena, licencia, hranice štátu, cestovný pas). Pamätník obetiam prírodnej katastrofy je „vytváraným cementom“ (hrubý fakt) ale tiež súčasťou sociálnej reality (miesto odkazujúce k určitej udalosti v dejinách). Sociálna realita je tvorená zdieľaným presvedčením (belief). Niektoré objekty sociálnej reality majú fyzický podklad (papierový dokument v prípade jedálneho

⁹ Analogicky je možné položiť otázku: K čomu sa ontologicky zaväzuje softwarová aplikácia alebo návrh databázy, aké predpoklady o svete v sebe skrýva?

lístka), iné ale nemajú jasný fyzický ekvivalent¹⁰ a niektoré ho možno nemajú vôbec¹¹. S odkazom na Austinovu teóriu rečových aktov prichádza Searle s teóriou inštitucionálnych aktov. Inštitucionálny akt je fakt, z ktorého je ľuďmi vyvedená určitá statusová funkcia časti reality. Bytie prezidentom nemá fyzický podklad, pretože to nie je vlastnosť určitej osoby, ale sociálna realita vytvorená vzájomnou dohodou ľudí. Pre inštitucionálnu ekonómiu predstavuje zaujímavé rozvinutie ontologických problémov sociálnej reality „ontológia dokumentov“ Hermanda De Soto (*Mystery of capital*). Čo je nositeľom záväznosti rečových aktov? V malej spoločnosti je to kolektívna pamäť, vo veľkej spoločnosti sú to dokumenty, resp. registre dokumentov. Dokumenty majú deontickú silu (vyplývajú z nich povinnosti a záväzky). Vytvorením dokumentu sa mení sociálna realita, nadobúda sa vlastníctvo, menia sa medziľudské vzťahy (napr. manželstvo) a pod.

Zhrnutie:

V 20. storočí sa objavuje formálna ontológia ako analógia k formálnej logike. Tak ako sa formálna logika zaoberá logickými štruktúrami (pravdivosť, platnosť, konzistencia) nezávisle na ich vzťahu ku konkrétnej skutočnosti, formálna ontológia sa má zaoberať formálnymi ontologickými štruktúrami (teória častí a celkov, typov a inštancií, identita, závislosť), t.j. formálnymi aspektmi reálnych objektov bez ohľadu na ich špecifickú vlastnosť. Ontológia dostáva prísnejšie definovanú metódu. Okrem prírodných skutočností sa predmetom ontologického skúmania stáva aj sociálna realita.

2.1.5 Ontológia a moderná veda

Na začiatku tejto kapitoly sme si ukázali, že filozofia začína ako metafyzika, kladie si ontologické otázky o fyzikálnom svete (*fysis*). V uplynulom storočí, zdá sa, bolo viac ontologických otázok kladených mimo oboru filozofie, vo vede. Otázky *arché*, základného princípu sa objavuje vo fyzike: existuje nejaká prvotná látka, z ktorej je utkaná naša skutočnosť?¹² Aká je povaha biologických taxonómií: sú biologické ríše, rodu a druhy stelesnením platónskych archetypov alebo arbitrárne množiny konkrétnych populácií (Ereshefsky, 2007). Je „spoločnosť“ nad-personálnou skutočnosťou s vlastnými spoločenskými zákonmi (exis-

¹⁰ Čo sú peniaze? Papierové bankovky? Bity na disku v bankovnom serveri? Sú fyzickým podkladom vojny ako sociálnej reality „boj na vojnovom poli“ alebo aj „rečové akty“ generálov?

¹¹ Aký fyzický ekvivalent má dlh? O dlhu môže existovať záznam, ale samotný dlh je prostá povinnosť splatiť určitú čiastku v určitom čase. Dlh je abstraktná entita, vznikla historicky. Môže záznam o dlhu, ale záznam o dlhu nie je dlh sám. Môžu sa vzájomne prežiť.

¹² Napr. Heisenbergova teória elementárnych častíc. Najmenšie častice hmoty nie sú fyzickými predmetmi v bežnom slova zmysle, sú formami, ktoré sa dajú popísať iba jazykom matematiky.

tujúcimi vedľa psychologických zákonov) ovplyvňujúcich konanie jednotlivca, alebo iba jednoduchou množinou jednotlivcov?

Vedecké teórie (v rozvrhu hypotéza-experiment) vznikajú za použitia pojmového aparátu vypožičaného z filozofie (časť, celok, systém, stav vecí, vzťah, hranica, kauzalita, udalosť, zmena, vlastnosť, zákon, možnosť, nutnosť, proces, priestor, čas). Vo vede tvorí hypotéza predpokladaný „rozvrh univerza“ či jeho oblasti. Tento rozvrh univerza je náhľad na povahu skutočnosti, je regionálnou ontológiou. Problém tejto regionálnej ontológie je, že je často konštruovaná nevýslovne, nereflektovane (Benyovszky, 2007).

Filozof vedy Mario Bunge (Bunge, 1977) dokladá, že veda pracuje s predpokladmi, ktoré sama neskúma napr.:

- Existuje externý svet mimo poznávajúci subjekt.
- Svet je zložený z vecí, ktoré sú prepojené do systémov.
- Každý systém vo svete pôsobí na nejaké iné systémy a od iných je izolovaný.
- Existujú prírodné zákony a všetko sa podľa zákonov chová, tzn. má zmysel vykonávať experimenty.
- Všetko sa mení, tzn. má zmysel skúmať javy už preskúmané.

V podkapitole Ontológia ako metaveda sme sledovali vznik a spôsob kladenia otázok vo filozofii v spojení s ľudským poznaním, vedou. Videli sme, že ontologická problematika začala u prírodných filozofov v snahe nájsť neempirické vysvetlenie empirických poznatkov, u Aristotela metafyzická problematika vystupuje v časovom zmysle po probléme empirických vied, ale logicky ju predchádza. Sledovali sme, ako sa obor ontológie v novoveku zúžil a získaval stále prísnejšie a jasnejšie definované metódy. Ontológiu sme poznali ako špecifický druh filozofie, ako určitý spôsob kladenia otázok o povahe a štruktúre skutočnosti resp. ako (takmer) samostatnú vednú disciplínu.

2.2 Univerzálie

V predchádzajúcej podkapitole sme si predstavili ontológiu v historickom pohľade vo vzťahu s vedou. Získali sme tým predstavu o základných problémoch ontológie ako filozofickej disciplíny. Cieľom nasledujúcej podkapitoly je predstaviť základné ontologické koncepcie vzhľadom na jeden tradičný filozofický problém – problém univerzálií. Filozofia i veda pozoruje skúma jednotlivé veci a javy, svoje závery a teórie vytvára o všeobecnom.

Z čoho sa skladá naša každodenná realita? Zrejme nás ako prvé napadne, že sme obklopení predmetmi. Stôl, stolička, notebook, klávesnica, šálka kávy. Tieto predmety nazveme vo filozofii jednotliviny (prípadne entity, inštancie). Jednotliviny existuje v čase, ale v tom istom momente zaujímajú iba jedno miesto v priestore. Jednotliviny majú svoje vlastnosti a tie sa v čase spravidla menia. Jablko je na začiatku zelené, po dozretí červené. Málokto sa pozastaví na tým, že existuje jednotlivé jablko, má farbu a tá farba sa môže časom meniť. Existuje však entita *zelenosť* a *červenosť*? Pokiaľ neexistuje, ako to, že jablko môže nadobúdať farbu? Bez tejto kvality by sme snáď ani nerozpoznali jablko ako jablko. Pre vlastnosti a kvality používa filozofia pojem univerzálie. Môžeme preformulovať otázku: existuje niečo ako univerzálie? Pokiaľ áno, čo sa o nich dá povedať? Aký je ich vzťah k jednotlivinám?

Otázku po univerzáliách môžeme riešiť z lingvistickej perspektívy. V reči často prisudzujeme predmetom vlastnosti: Jablko je červené, tričko je špinavé, káva je horúca. Tieto vety majú štruktúry podmet-predikát. Pojem podmet odkazuje na jednotlivinu zmienenú vo vete. Predikát popisuje, hovorí niečo je predmete, bližšie ho určuje. Odkazuje ale predikát na niečo, podobne ako to robí podmet? Časť filozofov je toho názoru, že áno. Tak ako vetný podmet odkazuje na jednotlivinu, tak vetný prísudok (predikát) odkazuje na entitu (jednotlivinu) iného druhu. Táto „entitu iného druhu“ bude nazvaná univerzália. Z lingvistickej perspektívy sa zdá, že univerzálie sú súčasťou našej reality podobne ako jednotliviny. Tým ale vzniká celá rada filozofických problémov, najmä vtedy, ak chceme zistiť, aká je povaha univerzálií.

Jednotlivina je tradičný pojem na označenie konkrétneho a jedinečného súcna. Je charakterizovateľná niekoľkými znakmi: Jednotlivina je jednoducho jedna, má v danom čase jeden výskyt. Stolička, na ktorej sedím, nemôže byť súčasne vedľa mňa. V miestnosti môže byť mnoho rovnakých stoličiek, ale pritom viem identifikovať každú zvlášť. Naproti tomu univerzália „stoličkovitosti“ je prítomná po celej izbe. Jednotliviny našej skúsenosti sú spravidla hmotné, zaberajú určitý priestor, vyplňujú ho hmotou. Sú lokalizovateľné v priestore

a čase. Niektorí filozofi k nim pridávajú ešte jednotliviny nemateriálne (duša, vnem) i nečasové (boh, číslo). Univerzálie majú oproti jednotlivinám výskytov mnoho. To je predpokladom toho, aby vôbec mohli slúžiť ako základ kvalitatívnej identity jednotlivín. Dve červené jablká (jednotliviny) zdieľajú jednu univerzáliu červenosti, ktorá sa tu vyskytuje dvakrát a súčasne je v každom výskyte plne prítomná.

Otázku, či všeobecným pojmom zodpovedá nejaká realita, alebo ide len o umelé, konvenčne prijaté znaky, si filozofi kladú dodnes. Spolu s nimi si ju kladú aj logici, matematici, psychológovia a jazykovedci. Otázka, či je pojem univerzálií potrebný či dokonca nutný, zamestnáva metafyziku od jej počiatku. Jednotlivé názory je možné zhrnúť do troch skupín (Cocchiarella, 2007). *Realizmus* univerzálie predpokladá a pracuje s nimi. *Nominalizmus* koncept univerzálií neprijíma a popiera ich užitočnosť. *Konceptualizmus* sa snaží vysvetliť podobnosť jednotlivín odvolaním sa na všeobecné koncepty či predstavy, ktoré existujú iba v rámci ľudskej mysle.

Ktorý problém pomáha koncept univerzálií riešiť? V prípade podmetu a predikátu ide o referenčnú schopnosť podstatných mien. Podstatné meno je menom tým, že odkazuje k nejakej skutočnosti. Význam mena je jeho referent, t.j. to, k čomu meno odkazuje. To znamená, že ak má byť predikát zmysluplný, musí k niečomu odkazovať. Referentom je v tomto prípade univerzália.

V epistemológii sa na univerzálie odvoláva Platón. Pre neho je pravým poznaním to, čo sa nemení, preto musí existovať i nemenný zdroj poznania, zdroj večnej pravdy. Tým pre neho sú univerzálie (ideje). Pre niektorých sú univerzálie základom výkladu nemenných zákonov prírody, podľa ktorých prebiehajú individuálne zmeny. Prírodné zákony sú v tomto pojatí vzťahy medzi univerzáliami.

2.2.1 Realizmus

Realistické východisko zastáva postoj, že existujú pravdy vo všeobecnosti, podobnosť je založená v prirodzenosti vecí. Realistické riešenie má za to, že bez tohto predpokladu nie je možné uspokojivo vysvetliť zjavnú skutočnosť podobnosti a systematickosti vo svete. Realistických riešení je niekoľko. V dejinách filozofie prišiel na realistické riešenie ako prvý Platón. Podľa neho existujú vedľa konkrétneho súcna aj ďalšie súcno, ktoré nazval *formou*. Pokiaľ sú dve jablká červené, je to tak, pretože sa v nich prejavuje forma červenosti. Máme jedno konkrétne červené jablko, máme danú tiež jeho červenosť, ktorá sa na ňom prejavuje a predpokladáme tiež formu červenosti. Forma červenosti vysvetľuje, prečo je jedno jablko červené a prečo červené môžu byť aj ďalšie

jablká. Ale čo nám vysvetlí samotnú formu? Čo sa dá povedať o forme červeno-
sti samotnej? Pre Platóna je forma nemateriálna, je mimo čas a priestor – tak
nejako abstraktná. No aby mohla forma červenej „očerveniť“ jablko, musí
k nemu mať nejaký vzťah. Tento vzťah nazýva Platón participácia, predmety
sveta participujú na svojich formách. Ako môže jablko participovať na červenej
forme, pokiaľ sama forma nie je červená? Tohto nedostatku si však uvedomoval
aj sám Platón. Aristoteles odmieta koncept nezávisle existujúcej formy. Odmie-
ta triádu predmetu, jeho vlastnosti a formy tejto vlastnosti. Kvalita nepotrebuje
ešte svoju formu. Kvalita neexistuje nezávisle na predmete. Univerzáliou je
v tomto prípade vlastnosť, ktoré existuje v čase a priestore a súčasne môže exis-
tovať vo viacerých výskytoch a pritom byť stále jedna. Aristoteles vytýčil pred-
met ontológie ako skúmanie „súčna ako súčna“, chce sa zaoberať „vecnosťou
vecí“. Ako si máme predstaviť takúto analýzu vecnosti vecí? Ilustrujeme si to na
nasledujúcom príklade (Otázky Milindovy, 1988):

„Vysvětli mi, velekráli, co je vůz. Zdaž voj je vozem?

To nikoli, ctihodný.

*Zdaž je vozem náprava, kola, korba, opěradlo, rozporka, jařmo, opratě
nebo zákolníky?*

To nikoli, ctihodný.

Složíme-li všechny tyto předměty na hromadu, je to vůz?

To také nikoli, ctihodný.

*Pak se velekráli musím zeptat: Co je vůz? Není žádného vozu. Je to
prázdný zvuk, nic víc. Myslím, že nemáš pravdu, velekráli.*

*Ctihodný Nágaséno, mluvím pravdu. Úhrnem o voji, nápravě, kolech
a těch dalších součástech, vhodně spojených a účelně sestavených, uívá
se slova a názvu vůz.“*

V čom teda spočíva „vecnosť vecí“, t.j. čo robí voz vozom? Vec, napr. voz,
stôl, jablko, šálka kávy je 1, tvorená svojimi vlastnosťami. Môže mať tvar, farbu,
teplotu, vôňu a pod. 2, Vlastnosti vecí sa môžu meniť, ale predsa vec ostáva tá
istá. Je tu akási jednota vecí, vecnosť, ktorá pretrváva. 3, Ak zmením všetky
vlastnosti, napr. rozbijem šálku, poruším identitu vecí. Zmením spôsob, akým
vlastností sú a tým zmením „vecnosť vecí“ (vec už nie je „šálka“ ale črepiny).
Vec je tvorená vecnosťou – vhodným usporiadaním svojich vlastností.

Vlastnosti vnímame bezprostredne, zmyslovo. Vidíme farbu, cítime vôňu.
Vlastnosti sú všeobecné – biela farba pripadá papieru aj šálke na stole.
Vlastnosti sú určité, majú zmysel len v kontraste s inými vlastnosťami. Vecnosť
je ale na rozdiel od vlastnosti sprostredkovaná. Nevnímame ju priamo, ale pro-

stredníctvom vlastností. Vecnosť je svorníkom vlastností, je časová, je teraz a tu. Rozdiel vecnosti veci a jej vlastností sa vo filozofii od Aristotela nazýva rozdielom podstaty (*hypostasis, substantia*) a akcidentov (*symbebekos, accidens*). Podstata je to, čo „stojí pod“ premenou vlastností ako to, čoho vlastnosťami sú. Akcident ako to, čo veci náhodne pripadá. Konkrétna vec je jednotou podstaty a akcidentov.

Aristotes tvrdí, že existujú štyri výpovede o súcne, prostredníctvom ktorých je možné zistiť, čo vec je (Metafyzika VI, 2, 1026 a 33 b2). Tým ontologický výskum rozdelil do štyroch relatívne samostatných oblastí: výskum kategórií, výskum pravdy, výskum silu a činnosti a výskum náhodného diania. Z týchto výskumných oblastí sa presadil na logiku viazaný kategoriálny prístup. Aristotelova kategoriálna analýza je prvá ucelená ontologická teória.

Kategórie sú najvyššie univerzálne, sú poznateľné a platné nezávisle na doméne poznávania. Slovo kategória pochádza gréckeho slova obžaloba. Aristoteles ním mieni formu výpovede, najvyšší rod, ktorým veci popisujeme. Ale kategórie sú viac než výpoveďou, sú základnými ontologickými formami, spôsobmi bytia. Venuje sa im v spisoch Metafyzika, Topiky, Prvé a druhé analytiky.

Aristotelove kategórie podľa Met IV, 2, 1003a-b (zoznam kategórií nie je v celom Aristotelovom diele jednotný): 1. Substancia, 2. Kvantita, 3. Kvalita, 4. Vzťah, 5. Kde, 6. Kedy, 7. Poloha, 8. Habitus, 9. Činnosť, 10. Trpnosť. Aristoteles veril, že skutočnosť je organizovaná skrze univerzálne, ktorých najvyšším rodom sú kategórie.

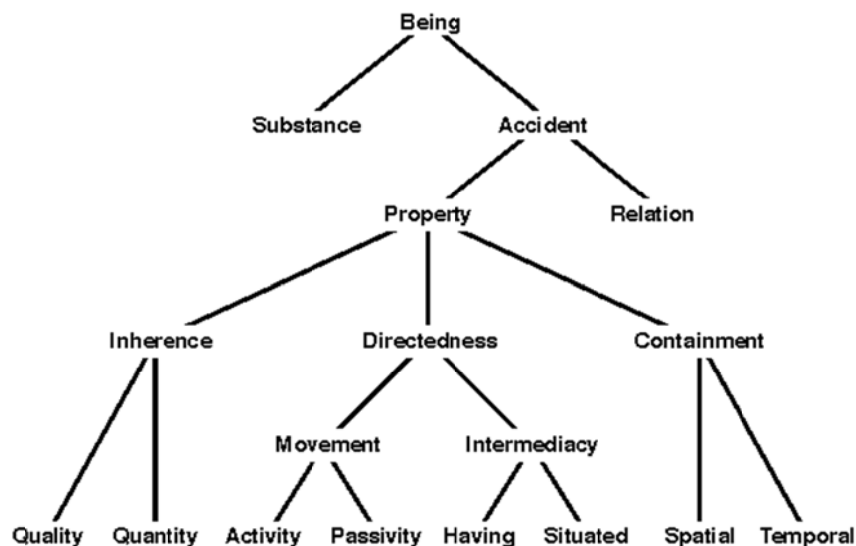


Fig. 4: Kategórie Aristotela, schéma rozpracované Brentanom.

Pre Aristotela je prvou podstatou to individuálne existujúce, jednotlivina. Druhou podstatou – substanciou, ktorá vypovedá o prvej. Napr. vo vete Peter je človek, je prvou substanciou Peter a druhou „človek“ resp. „človekovitosť“. Substancia je to, čo na veciach pretrváva aj pri zmenách. Existujú akcidentálne ale aj substanciálne zmeny substancie. Peter nebol, teraz je, ale nebude večne. Pri akcidentálnej zmene sa na substancii uskutoční prechod od jedného určenia k inému. Pre Aristotela aj pri substanciálnej zmene musí niečo pretrvať, aj substanciálna zmena má štruktúru možnosť-uskutočnenie. Tento substrát v substancii nemá akcidentálne určenia, t.j. 2-10 kategóriu. Ale nemá ani substanciálne určenie. Je potrebné teda zaviesť hraničný pojem. Pre Aristotela je to látka. „*Látkou rozumiem to, čo sa o sebe neoznačuje ani ako určité, ani ako početné, ani iné, čím sa určuje súcno.*“ (Metafyzika VII, 3, 1029a) Je to pasívne potencionálny princíp. Z toho vyplýva – substancia ako taká je výsledkom dvoch momentov uskutočnenia a možnosti: substanciálne aktuálne určenie – forma (*morfé*) a pasívne potencionálny substrát, látka (*hylé*). Takto sa pokúša vysvetliť zmenu v substancii. Je to abstrakcia, nie je možné si ju predstaviť.

	Substanciálna	Akcidentálna
Univerzália	Druhá podstata - muž - jablko	Druhý akcident - bolesť hlavy - červená farba
Jednotlivina	Prvá podstata - <i>tento</i> muž - <i>toto</i> jablko	Prvý akcident - <i>táto</i> bolesť hlavy - <i>táto</i> červená farba

Fig. 5: Aristotelské ontologické schéma

Aristotelovu kategoriálnu analýzu ako ontologickú teóriu použil Porfýrios v úvode k Aristotelovým Kategóriám na prírodu. Stanovil si úlohu stanoviť druhové odlišnosti fyzických súcien:

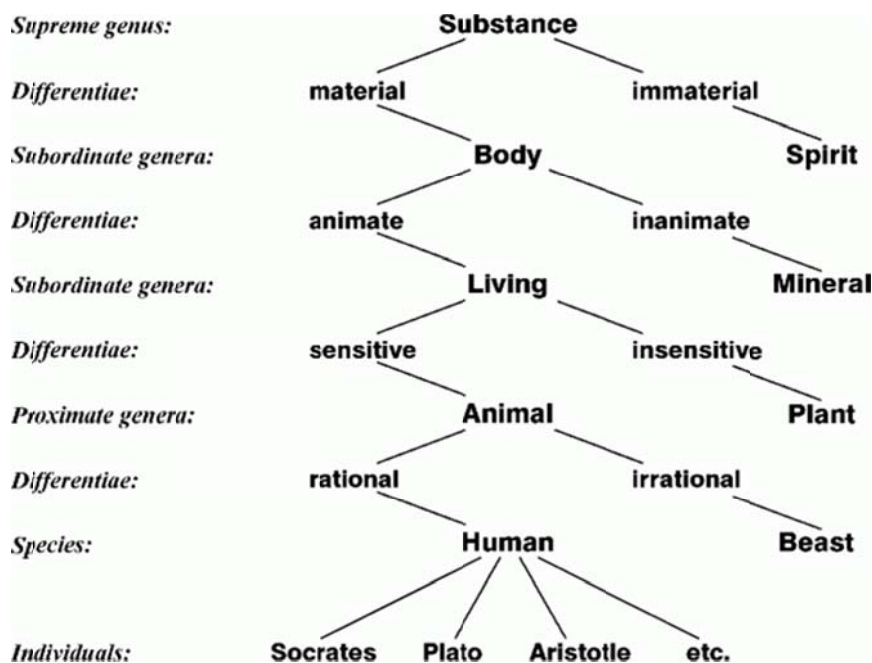


Fig. 6: Porfýriov strom

Dá sa celá naša skúsenosť popísať prostredníctvom aristotelскеj kategoriálnej analýzy? Existuje niekoľko skutočností, pri ktorých môžu nastať problémy, ak by sme ich chceli vysvetľovať na základe substancie a akcidentov. Jedným z nich je existencia hraníc a dier. Napr. v prípade ryby plávajúcej vo vode vieme jasne odlíšiť priestor, ktorý vyplňa ryba, pretože je ohraničená vodou. Ale ako vytýčiť geografické hranice (kde končí nížina a začína vrch), povrch planéty, kožu človeka, hniezdo vtáka, hranice jamy. „Diera“ nie je podstatou, nemá jasné, ale arbitrárne, „bona fide“ hranice.

Pokiaľ hlavnou vedeckou metódou za čias Aristotela bolo pozorovanie prírody, dnes je to skôr „výsluch prírody“. Ak má ontologická teória dbať na našu každodennú skúsenosť i na vedeckú realitu¹³, musí poskytovať prostriedky pre rôzne úrovne granularity poznania a segmenty poznania. V tomto pohľade bude regionálna ontológia zachycovať jeden rez realitou – napr. pohľad na človeka na úrovni atomárnej, úrovni buniek, úrovni tkanív a orgánov až po úroveň sociálnu. Náš jazyk má tendenciu vytvárať jasné celky, pritom hranice v sku-

¹³ Čo ak existuje úroveň reality, ktorá je čisto procesná a nie je opísateľná aristotelským substančne-akcidentálnym modelom ako napr. kvantové javy?

točnosti nie sú diskkrétne, ale nejasné a mlhavé. V ontológii môžeme aplikovať kategórie na entity a zistiť, že nie všetko sedí (napr. existuje nelietavý vták). Vzniká hraničný prípad, ktorý môžeme identifikovať iba preto, že nám kategórie nejakú hranicu vytvorili. V hraničnom prípade je potrebné prejsť na jemnejšiu úroveň granularity. Zo spomenutých dôvodov navrhuje Barry Smith (Smith, 2005) rozšírenie aristotelského schématu:

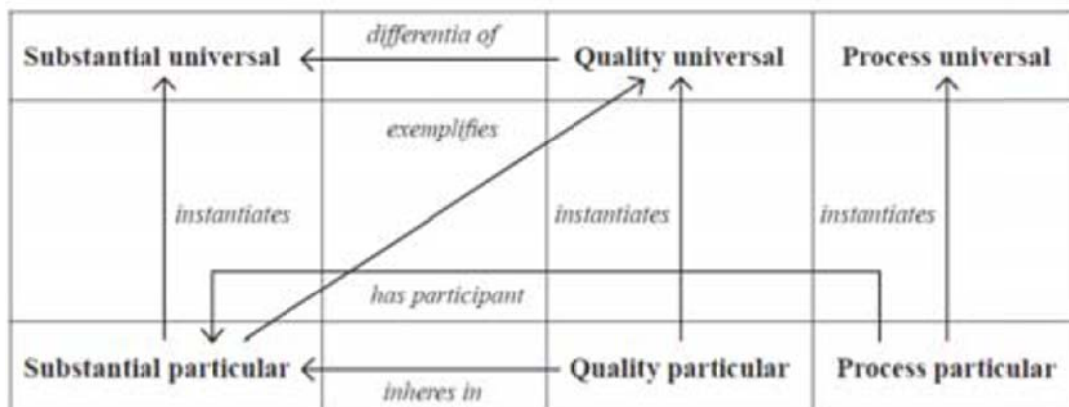


Fig. 7: Rozšírené aristotelské ontologické schéma

Vo svojej kategoriálnej analýze vychádza zo šiestich kategórií súcna vzájomne prepojených formálnymi vzťahmi ako napr. konkretizácia, vzťah celok-časť, participácie a pod. Jeho ontologická teória pozostáva substancií, akcidentov (kvalít), procesov, „dier“ (potrubie, vnútorný priestor), systémov, sietí a funkcií.

2.2.2 Nominalizmus

Pre filozofa, ktorý predpokladá iba existenciu materiálnych predmetov, je nejasná povaha univerzálií dostatočným dôvodom k odmietnutiu. Vo filozofii je známy tzv. argument tretieho muža: Mám červené jablko. Toto jablko získava svoju červenosť na základe participácie na forme červenosti. Svoju kvalitu získava participáciou na kvalite formy. Aby forma červenej mohla „očerveniť“ jablko, musí byť sama červená. Odkiaľ získava svoju červenosť? Môžeme odpovedať, že od nadradenej formy. Ale takto by sme sa dostali do nekonečného reťazca „participácie“ (námietka proti platónskemu realizmu). Iná námietka vychádza z princípu Ockhamovej britvy: čím menej pojmov potrebujeme na vysvetlenie daného javu, tým lepšie. Ak by bolo možné vysvetliť podobnosť bez konceptu univerzálií, je realizmus nadbytočný. Pre nominalizmus existujú iba jednotliviny, konkrétne predmety. Problém univerzálií je otázkou správneho myslenia o vzťahoch medzi jednotlivinami.

Verzia predikátového nominalizmu: Ako teda vysvetlíme červenú farbu jablka na našom stole? Napríklad tým, že predikát „je červené“ je možné pravdivo jablku prisúdiť. Predikát „je červené“ sám o sebe je proste iba zhuk písmen. Ontológia predikátového nominalizmu: všetko, čo jestvuje sú jednotliviny (konkrétne predmety sveta) a slová, ktoré sa o nich dajú vyriešiť. Je to riešenie problému, alebo jeho ignorancia? Pýtame sa, prečo je jablko červené a odpoveď znie: lebo je to fakt.

Iným riešením je usporiadať jednotliviny do množín podľa vzájomnej podobnosti a na základe príslušnosti do tej istej množiny vysvetľovať ich kvalitatívnu identitu. Červené jablká patria do spoločnej množiny, a preto sú červené. Jablko je členom množiny, pretože zdieľa s jablkami, ktoré už v množine sú, spoločné znaky. Ako ale vybrať znak, podľa ktorého vyberám členov množiny. A vytvorím množinu na základe znaku „má srdce“ a inú množinu za základe znaku „má ľadviny“, ide tú istú množinu (predpokladám, že každý organizmus, ktorý má srdce má aj ľadviny). Ide o jednu množinu, potom znak „mať srdce“ a znak „mať ľadvinu“ je tým istým znakom, čo ale nie je pravda. Toto riešenie podobnosti nás dostalo do sporu. Akým spôsobom vytvárame množiny? Ak mám na začiatku jedno červené jablko, ako budem postupovať pri konštrukcii množiny? Ďalšie červené jablko sa podobá tomu pôvodnému, ale v inom zmysle sa mu podobá aj červená dopravná značka, červené tričko a červená jahoda. Z nich vytvorím množinu. Červenému jablku sa podobá iné jablko, ktoré je zelené. Aj to by mohlo patriť do množiny, pretože vyhovuje kritériu podobnosti – ale pritom nie je vôbec červené. Snaha vysvetliť červenosť jablka nás vedie do kruhu a nakoniec nič nevysvetľuje. Červená jahoda sa podobá červenému jablku, podobá sa mu aj zelené jablko. Je zrejmé, že ide o inú podobnosť. V čom spočíva tá správna podobnosť? V červenej farbe. Ale tú sa snažíme vysvetliť. Ďalší problém nastáva pri bližšom pohľade na vzťah podobnosti, ktorý je základom explanačnej snahy nominalizmu. Teda vzťah podobnosti musí existovať. Jednotliviny sú vo vzťahu podobnosti. Existenciu jednotlivín nominalizmus prijíma. Objavuje sa tu ale nutnosť prijať existenciu ďalšieho súcna, ktoré nie je jednotlivinou. Tri červené jablká, to sú tri výskyty tej istej podobnosti. Výskyt je ďalšou ontologickou veličinou, ktorú musí nominalizmus prijať. Podobnosť tu plní funkciu univerzálie, ktorú nominalizmus chce odmietnuť ako nepotrebnú.

Nominalistická teória trópov z vlastností vytvára jednotliviny zvláštného druhu. Bežná jednotlivina je kvalitatívne komplexná, tróp je kvalitatívne jednoduchý. Je to konkrétny výskyt (inštancia) danej vlastnosti. Červenosť jablka a červenosť jahody sú dva odlišné trópy, kvalitatívne identické. Jednotlivý predmet je zväzok trópov, komplexná jednotlivina. Jablko je komplex trópov –

tróp červenosti, tróp tvaru jablka, tróp sladkosti a pod. Tróp červenosti je červený zo seba, nie je to vlastnosť, ktorú by mal priradenú externe.

Podobnosť dvoch jednotlivín sa vysvetlí takto: prvá má tróp, ktorá je kvantitatívne odlišný ale kvantitatívne totožný s trópom druhej jednotliviny. Čím ale viem, že obe trópy sú podobné? Tým sa dostávame späť na pôdu nominalizmus podobnosti. V ňom majú jednotliviny mnohé vlastnosti a tie problematizujú necyklickú tvorbu množiny jednotlivým s podobným znakom. Tróp naproti tomu „má“ iba jednu vlastnosť. Množina sa bude dať vytvoriť bez spomínaného problému. Vzťah podobnosti je sám o sebe tróp. Kvalitatívna podobnosť jednotlivín je založená kvalitatívnou podobnosťou trópov, ktoré ich tvoria. Ako to, že vieme, že niektoré trópy sú viazané trópmi podobnosti a iné nie? Ako vieme, ktoré trópy sú podobné a ktoré nie. To je fakt, ktorý sa ďalej nevyvetľuje.

	Substanciálna	Akcidentálna
Univerzália		
Jednotlivina	Entity	Množiny, trópy

Fig. 8: Nominalistické ontologické schéma

	Substanciálna	Akcidentálna
Univerzália		
Jednotlivina		Procesy, trópy

Fig. 9: Ontologické schéma procesuálnej metafyziky

2.2.3 Konceptualizmus

Konceptualistické riešenie je posledným príspevkom k problému univerzálií. Snaží sa hľadať cestu medzi realizmom a nominalizmom. Jednotliviny samé nedostačujú na riešenie problému podobnosti, ale tiež sa nechce odvolávať na univerzálie nezávislé na našom myslení. Kvalitatívnu identitu a podobnosť sa snaží vysvetliť odkazom na koncepty a predstavy. Všeobecné nie je rysom, prvkom reality, ale produktom našej mysle ako pojem a predstavy. Konceptualizmus zachytiť intuíciu, že kvalitatívna podobnosť je založená v zdieľaní niečoho, čo nevyvoláva také pochybnosti ako univerzálie. Dve jablká sú červené, pretože sa na ne vzťahuje koncept červenosti. Koncept červenosti je všeobecný – ale nie preto, že odkazuje na reálnu nie-jednotlivinu, ale pretože mnoho rôznych jednotlivín spadá pod tento koncept. Otázkou zostáva, ako poznáme, ktoré jednotliviny „spadajú“ pod daný koncept a ktoré nie – resp. ako poznáme nesprávne priradenie? Ako poznáme, že A aj B spadajú pod daný koncept ale C už nie? Zrejme je im spoločná nejaká vlastnosť, ktorá C chýba. Nechať túto skutočnosť ako fakt je návratom k nominalizmu, vysvetliť ju zdieľaním spoločnej vlastnosti (že nejaká entita je prítomná v A i v B) nás posúva k realizmu. Podobným prístupom k riešeniu problému univerzálií, akým je konceptualizmus, je použitie prostriedkov logiky na vyjadrenie ontologických výrokov. V predikátovom formalizme $F(a)$ znamená „F“ predikát, vlastnosť a „a“ nejakú jednotlivinu, entitu. Čím sú vlastnosti? Platónskou ideou alebo množinou prvkov, pre ktoré hodnota $F(a)$ je pravdivá? Využívanie jazyka logiky k zachyteniu ontologických tvrdení môže narážať na neschopnosť rozlíšiť univerzálie substanciálne a akcidentálne. Ako rozlíšiť zmenu „podstaty“ od zmeny „na podstate“, napr. vo výrokoch „Peter je muž“ a „Peter je hladný.“ Aplikovaním „F“ na „a“ dostávame pravdivostnú hodnotu. „F“ bez „a“ je tróp. Ale čo je tróp v čase? Ak neexistujú substancie, nemôže existovať zmena, pretože nie je nič, čo by ju podržalo.

	Substanciálna	Akcidentálna
Univerzália		Koncepty, vlastnosti
Jednotlivina	Entity	

Fig. 10: Ontologické schéma konceptualizmu

2.3 Zhrnutie

V predchádzajúceho výkladu je snáď už zrejmé, že slovo ontológia vo filozofii je používané v troch významoch:

- D1: Ontológia ako filozofia, ako spôsob kladenia otázok o povahe a štruktúre skutočnosti resp. ontológia ako (takmer) samostatná vedná disciplína. (Např. Aristotelova „prvá filozofia“)
- D2: Ontológia ako konkrétna teória o povahe a štruktúre skutočnosti. (Např. Aristotelove kategórie)
- D3: Ontológia ako artifakt, konkrétne vypracovanie prvkov skutočnosti, ich vzťahov a vlastností (na základe implicitnej či explicitnej ontológie v zmysle D2). (Např. Porfýriov strom)

3 Ontológia v informatike

„The advent of model-driven architectures in software engineering, of model-based approaches for information integration, and of terminological standards for the annotation of experimental data in the sciences has brought the notion of ontology to the center of attention in a range of disciplines. ...

Nicola Guarino and Mark Musen, Applied Ontology: Focusing on Content

V predchádzajúcej kapitole sme zistili, že vo filozofii sa ontológia vyskytuje zhruba v troch významoch, ktoré sa líšia šírkou svojho záberu. Ontológia je teoretická disciplína, ktorá si kladie špecifické otázky (napr. Aristotelova „prvá filozofia“ skúmajúca súcno ako súcno), v užšom význame je to teória o stavebných kameňoch skutočnosti, ich vzťahoch a metódach ich skúmania (napr. aristotelská kategoriálna analýza) a v najužšom význame je ontológia konkrétne a formalizované schéma skutočnosti podľa danej ontologickej teórie (napr. Porfýriov strom).

Slovo ontológia sa obore IS/ICT objavuje už koncom 60. rokov (Smith, 2003), no najmä v posledných rokoch jeho používanie geometricky narastá. Pritom je v mnohých podoboroch IS/ICT používané veľmi voľne a dochádza k terminologickému zmätku. Cieľom tejto kapitoly prispieť k zvýšeniu terminologickej jasnosti ohľadne pojmu ontológie a ukázať, v ktorých odvetviach informatiky je možné využiť znalostí z oboru filozofickej ontológie.

V kapitole *Ontológia a moderná veda* sme poukázali na ontologické predpoklady (explicitné či implicitné) v základoch vedy. Naše závery môžeme aplikovať aj na oblasť IS/ICT. Mnohé pojmy ako systém, trieda, dedičnosť, agregácia, vzťah a relácia sa používajú, ale spravidla príliš nevysvetľujú. Ron Weber (Weber, 1990) k tomu poznamenáva: „Ak hovoríme o informačných systémoch, mali by sme vedieť, čo je systém.“ V oblasti IS/ICT existujú pre Webera dve dôvody, prečo sa zaoberať ontológiou: informačný systém sám o sebe je modelom reálneho sveta, ontológia definuje základné prvky sveta, ktoré IS má byť schopný modelovať. Za druhé, IS je sám o sebe prvkom sveta, ontológia má ponúkať prostriedky na modelovanie IS. Formálne ontologické teórie môžu byť aplikované na riešenie informatických problémov a pre konceptuálne modelovanie. Okrem oblasti databázových a informačných systémov identifikoval (Smith-Welty, 2001; Guizzardi, 2005) tieto oblasti využívajúce ontologické postupy: znalostné inžinierstvo a umelú inteligenciu a sémantický web. V oblasti umelej inteligencie sa v 70. rokoch objavuje snaha o vytvorenie výpočetných modelov s možnosťou automatického odvodzovania nových znalostí a od 80. rokov sa

termín ontológia začal používať na označenie a, teórie modelovanej časti reality a b, ako súčasť znalostného systému. V oblasti znalostného inžinierstva a umelej inteligencie sa slovom ontológia rozumie „formálna reprezentácia znalostí ako množiny konceptov v rámci domény a vzťahov medzi týmito konceptmi“. Je používaná na popis domény a k odvodzovaniu nových znalostí. V rámci znalostného inžinierstva vzniká podobor „ontologického inžinierstva“, ktorý sa zaoberá vývojom metód pre tvorbu ontológií, nástrojov a jazykov na podporu ich tvorby. Cieľom je znalosti implicitne zahrnuté v softvérových aplikáciách urobiť explicitnými. Riešia sa problémy interoperability, vytvorené rôznymi sémantickými definíciami procesov a tried pri vývoji softwaru.

3.1 Ontológia a konceptuálne modelovanie

ICT výrazne ovplyvňuje svojich užívateľov, spôsob ich práce a ich pracovné prostredie. ICT spracováva dáta, získava informácie, skladuje ich, akumuluje znalosti, umožňuje a urýchľuje komunikáciu. Pritom spravidla podporuje určitý typ činnosti, pracuje v rámci jednej domény ľudskej činnosti, ktoré tvorí jej kontext, univerzum diskurzu (Guizzardi, 2005).

Barry Smith (Smith, 2003) datoval prvý výskyt pojmu ontológia v informatike v práci S. H. Mealyho z roku 1967, ktorá sa venovala základom dátového modelovania. V nej Mealy rozlišuje tri skutočnosti v oblasti spracovanie dát. 1, „skutočný svet o sebe“ 2, „predstavy (*ideas*) o ňom v mysli ľudí“ 3, „symboly na papieri alebo inom uchovávanom médiu“. Mealy sa zaoberá vzťahom existencie vecí v skutočnosti a ich viacnásobnej reprezentácie a prichádza k tomu, že je to otázka ontologická, t.j. otázka „čo vlastne existuje“. Svojím rozvrhom troch úrovní skutočnosti ukazuje na tri pohľady (realistický, konceptualistický a nominalistický) na problém univerzálií, ako sme sa s ním stretli v podkapitole o probléme univerzálií.

V priebehu 60.-70. rokov sa zvyšoval záujem i znalosti v tvorbe informačných systémov. Spravidla sa tvorcovia IS zameriavali na dva rôzne pohľady na dáta IS: pohľad z perspektívy užívateľa a pohľad z perspektívy počítača. Perspektíva užívateľa IS (externý diagram) zaznamenáva dátové reporty a snímky obrazovky navrhnuté pre konkrétne úlohy. Požadovaná štruktúra dát z pohľadu užívateľa sa mení v závislosti na podnikovom prostredí a užívateľských preferenciách. Perspektívu počítača (interný diagram) predstavujú dáta definované ako súborová štruktúra k ukladaniu a získavaniu dát. Dátová štruktúra je závislá na technológii uloženia a potrebe efektívneho spracovania.

Interný a externý diagram bol vytváraný pre každý IS zvlášť a stále odznova, pretože spravidla nie je možné použiť interný diagram vytvorený pri tvorbe jedného IS pre ďalšie informačné systémy. Výsledkom sú redundantné a vzájomne nekonzistentné definície tých istých dát. Pred uvedením systémov správy a riadenia databáz (DBMS), ktoré umožňovali náhodný prístup do logiky prepojených dát, sa dáta zaznamenávali sekvenčne a definovali ako fyzické záznamy. Logické štruktúry v rámci DBMS sú zvyčajne definované ako hierarchie, siete alebo relácie. DBMS priniesli významný pokrok v zdieľateľnosti dát, nevyriešili ale úplne problémy s konzistentnou definíciou dát (ďalším problémom bola vzájomná interoperabilita rôznych DBMS).

Študijná skupina ANSI/X3/SPARC prišla s návrhom tretieho pohľadu na dáta. Tento pohľad (konceptuálny diagram) je integrovanou definíciou dát v rámci podniku, ktorá nie je zameraná na jeden spôsob využívania dát a je nezávislá na spôsobe, akým sú dáta uložené.

Modelovanie dát a informačných systémov sa od 70. rokov rozvíjalo podľa tzv. prístupu troch diagramov (*three schema approach*) (Jardine, 1976).

Modelovanie dát rozdeľuje do troch diagramov:

- Externý diagram (prezentačné schéma): Definuje pohľad na dáta z perspektívy určitej množiny programov alebo koncového užívateľa.
- Konceptuálny diagram zobrazuje pohľad na dáta z perspektívy návrhára systému, nezávisle na užívateľoch a spôsobe uloženia dát. (prvky sveta diskurzu)
- Interný diagram (implementačné schéma) zobrazuje organizáciu dát v rámci aplikácie a je závislý na implementácii. (fyzický spôsob uloženia dát a procedúr)

Zmysel oddelenia návrhu na niekoľko úrovní je nezávislosť návrhu na implementácii. Ide o možnosť zmeniť usporiadanie na jednej úrovni bez nutnosti meniť usporiadanie vyjadrené nadradeným diagramom. Architektúra troch diagramov bola prvým krokom k nezávislosti návrhu na konkrétnom spôsobe uloženia dát.

Prístup troch diagramov¹⁴:

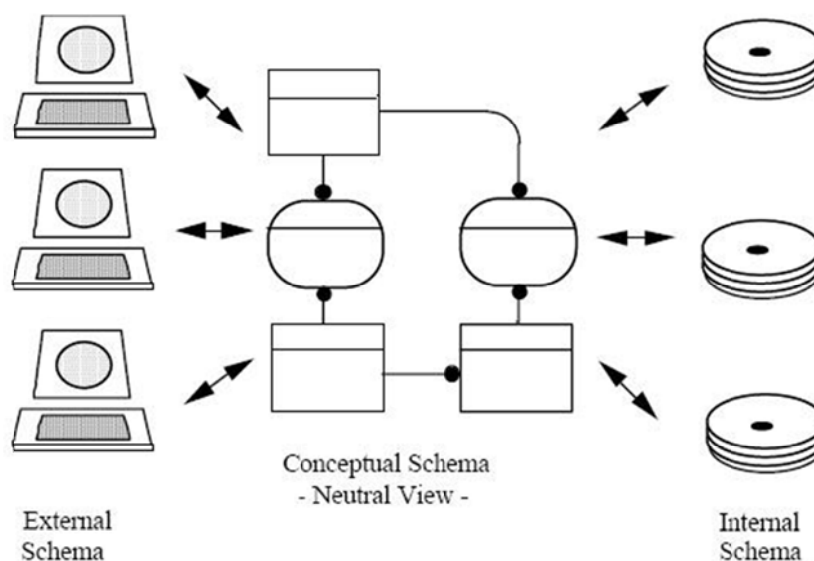


Fig. 11: Externé, konceptuálna a interné schéma

Zmyslom konceptuálneho diagramu bola konzistentná definícia zmyslu dát a ich vzájomného previazania s účelom integrácie, zdieľania a správy. Akým spôsobom ale vytvárať tieto konceptuálne diagramy? Našlo sa niekoľko návrhov: logické modely v začiatkoch 70. rokov (relačné a sieťové modely) obsahovali abstraktné prvky nezávislé na fyzickom modelovaní. Boli ale považované za neintuitívne a málo expresívne. Ďalšími návrhmi bol sémantický model (Jean-Raymond Abrial, 1974) a ER diagram (Peter Chen, 1976), používaný dodnes.

Motívom k tvorbe rôznych logických a konceptuálnych modelov bola snaha o vytvorenie jazyka, v ktorom je možné vytvoriť reprezentáciu daného úseku reality. Sémantický model i ER model predpokladajú určitý pohľad na svet. Ich implicitným ontologickým predpokladom je presvedčenie, že sa štrukturálne aspekty sveta dajú uspokojivo vyjadriť použitým pojmom entita a vzťah (relationship). Rovnako výber kategórií tvoriacich súčasť konceptualizácie, na ktorej sú tieto modely založené, je arbitrárny a rôzne ontologické rozhodnutia zostávajú nerefektované. Konceptuálne modelovanie sa vo svojich začiatkoch dialo *ad hoc* a nekonzistentne a to viedlo následne k problémom v integrácii databáz (Smith, Welty 2001). Konceptuálny model bol s príchodom objektovo-orientovaného paradigmatu pridáva ďalšie typy vzťahov: vzťah dedičnosti (špecializácia-generalizácia) a vzťah agregácie (vzťah celok-časť).

¹⁴ Zdroj: Integration Definition for Information Modeling (IDEFIX).
[online]: www.itl.nist.gov/fipspubs/idefix.doc.

Snaha o tvorbu konceptuálnej schémy si s rastúcou zložitou IS/ICT vyžiadala vznik konceptuálneho modelovania ako disciplíny. Konceptuálne modelovanie definoval (Mylopoulos, 1992) ako „*činnosť formálneho popisu niektorých aspektov fyzického a sociálneho sveta okolo nás za účelom pochopenia a komunikácie... Konceptuálne modelovanie podporuje usporiadacie a deduktívne schopnosti, ktoré sú založené psychologicky. Pretože popisy získané konceptuálnym modelovaním sú zamýšľané k použitiu ľuďmi, a nie strojmi... Adekvátnosť notácie konceptuálneho modelovania spočíva v jej prínose k tvorbe modelov reality, ktoré podporujú všeobecnú zrozumiteľnosť tejto reality medzi užívateľmi*“. Cieľom konceptuálneho modelovania je modelovanie skutočnosti reálneho sveta a to prostredníctvom pojmov tohto sveta. Výsledný model nemá byť závislý na implementácii.

Konceptuálny model je účelovou abstrakciou reality. Jeho úlohou je podporovať komunikáciu, učenie a analýzu relevantných aspektov tej časti reality, ktorú modeluje (budeme ju nazývať doména). Model konzervuje a komunikuje určitý pohľad na svet. Môže sa stať prostriedkom analýzy problému i zdrojom nových poznatkov. Model musí byť zachytený vhodným jazykom, ktorý je pre svojich používateľov jasný a intuitívny a nedovolí modelovanie situácie, ktorá v skutočnosti nemôže nastať. Má byť schopný verne reprezentovať skúmaný obor reality (Guizzardi, 2005).

Abstrakcie danej oblasti reality sú vytvárané ako koncepty, t.j. abstraktné reprezentácie určitých aspektov entít existujúcich v doméne. Množina konceptov, ktorá vyjadruje abstrakcie stavu vecí v doméne, tvorí *konceptualizáciu*. Abstrakciu danej oblasti reality podľa doménovej konceptualizácie tvorí model. Konceptualizácia a modely existujú ako myšlienkové abstrakty v rámci spoločenstva užívateľov spoločného jazyka. Tieto myšlienkové abstrakty musia byť vyjadrené konkrétnym spôsobom, ak ich chceme zdieľať a analyzovať. Reprezentáciou modelu je špecifikácia modelu. K tomu potrebujeme modelovací jazyk. Uvedené vzťahy vyjadruje Guizzardiho schéma (Guizzardi, 2005):

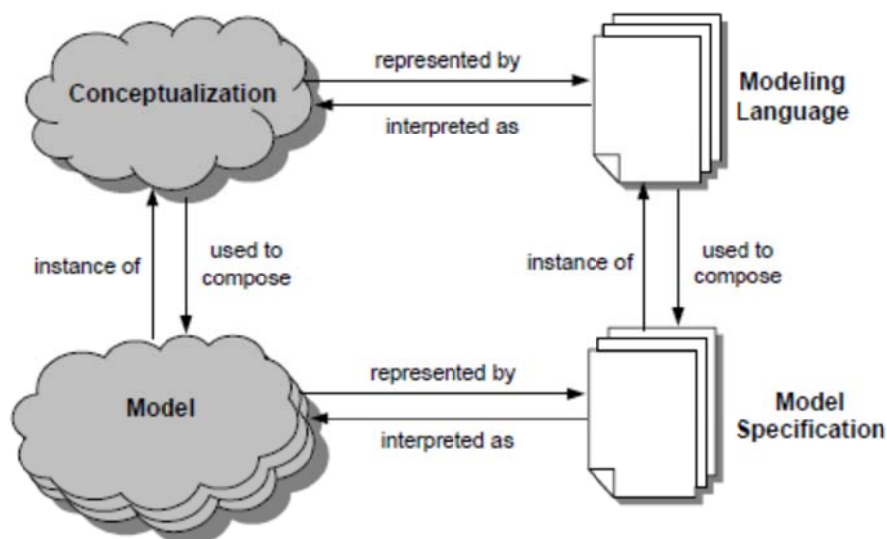


Fig. 12: Vzťah konceptualizácie, modelu, jazyka a špecifikácie

Kvalita IS je závislá na kvalite konceptuálnych špecifikácií, na ktorých je tento systém založený. A následne kvalita konceptuálnych špecifikácií je závislá na modelovacom jazyku, ktorý musí byť adekvátny a pravdivý k realite a vhodný na modelovanie danej domény. Čím viac vieme o doméne a čím presnejšie ju vieme reprezentovať, tým väčšia šanca, že IS bude *konzistentný s realitou*. Presná konceptualizácia je o to dôležitejšia, pokiaľ nám ide o integráciu rôznych, na sebe nezávisle vyvinutých systémov, založených na rôznych konceptualizáciách. Tam, kde dochádza k prieniku domén záujmu týchto dvoch systémov, je dôležité, aby entitám reality dávali rovnaký zmysel a rovnako s nimi pracovali. Táto vlastnosť sa nazvaná *sémantické interoperabilita* (Vermeer 1997). Modelovací jazyk má byť dostatočne výrazovo silný, aby vyjadril konceptualizáciu domény záujmu, ale *sémanticky zreteľný*, aby konštrukty jazyka boli jednoducho priraditeľné k doménovým konceptom (tzn. aby zrozumiteľne komunikoval konceptualizáciu). Guzzardi (Guzzardi, 2005) ukazuje, že vhodnosť konceptuálneho modelovacieho jazyka k reprezentácii fenoménov sveta a dá zhodnotiť prirovnaním s explicitnou a formálnou reprezentáciou konceptualizácie domény, t.j. referenčnou ontológiou. Ako referenčnú ontológiu volí *General Ontological Language*: a ukazuje, že bežne používané konceptuálne modelovacie jazyky (LINGO, OWL) nie sú navrhnuté so zámerom vernosti realite nezávislosti na konkrétnej doméne použitia (UML ako jazyk vytvorený pre podporu vývoja software). Ich ontologické metamodely nie sú adekvátnymi konceptualizáciami reality.

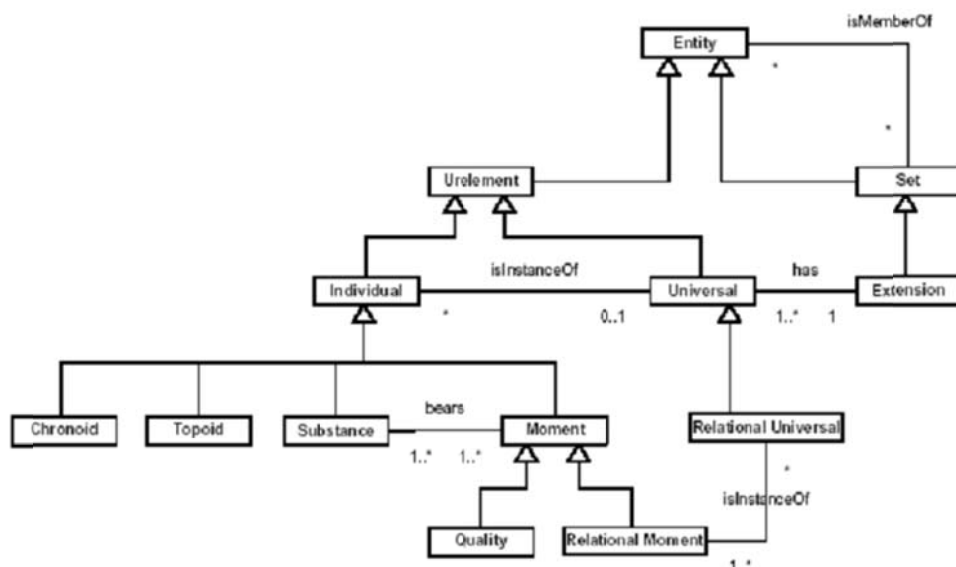


Fig. 13: Schéma ontologického jazyka GOL v UML (Heller, Hesse 2004)

3.2 Ontológia, znalostné inžinierstvo a UI

William Clancy (Clancy, 1993) položil základy použitia ontológie v oblasti umelej inteligencie. Kritizoval definovanie znalostí UI funkčným spôsobom. Znalostná báza bola záznamom krokov, ktoré obvykle pri riešení problému vykonávajú experti. Tým však sa znalostné inžinierstvo podľa jeho slov viac venovalo replikácii spôsobu myslenia expertov, než modelovaním systémov. Znalostná báza nemá byť iba zásobníkom znalostí získaných od expertov, ale odkazovať k objektívnej realite. Vychádza pritom z toho, čomu sa klasicky hovorí korešpondenčná teória pravdy¹⁵. Modelovanie má zaistiť korešpondenciu medzi znalostnou bázou a dvomi systémami: chovaním sa inteligentného systému a jeho okoliu (Guarino, 1995). Guarino argumentuje, že modelovanie doménovej znalosti má prebiehať nezávisle na možných budúcich úlohách, ktoré bude expertný systém riešiť. Uvádza dve dôvody: 1, Znalosti musia byť súčasťou objektívnej reality domény. Majú ju reprezentovať, nemajú reprezentovať myseľ toho, kto modeluje. V prípade integrácie rôznych systémov je jediným spoľahlivým referenčným bodom realita, ku ktorej sa vzťahujú. 2, Získavanie znalostí je nákladné a preto je prioritou možnosť znovuužívania doménových znalostí a reprezentácií v najrôznejších aplikáciách. Čím sú pravdivejšie

¹⁵ Korešpondenčná teória pravdy sa zakladá na myšlienke, že poznatok je pravdivý, keď obsah našej myšlienky je zhodný (korešponduje) s poznávanou skutočnosťou (reálnym svetom). Ide o klasickú teóriu (Platón, Aristoteles), ktorá bola rozvinutá Russelom a Wittgensteinom v tom zmysle, že pravdivosť výroku je určená odkazom k existujúcej entite alebo faktu. Naproti tomu koherenčná teória pravdy má za to, že pravdivosť alebo nepravdivosť tvrdenia je určená vzťahom tohto tvrdenia k iným tvrdeniam (konzistencii) a nie vzťahom k svetlu.

(v zmysle korešpondenčnej teórie pravdy), tým sú použiteľnejšie. Z týchto dôvodov je snáď zrejmejšie, prečo má štúdium ontológie ako filozofickej disciplíny pre informatiku zmysel.

Vedľa softwarového inžinierstva a v určitej nezávislosti na ňom sa začalo rozvíjať doménové inžinierstvo. Dôvodom jeho vzniku bolo zníženie nákladov na tvorbu a údržbu software vďaka konceptu znovupoužiteľnosti (re-use) (Arango, 1994). Pri procese tvorby software získavame znalosti o fungovaní aplikačnej domény. Tieto znalosti, za predpokladu, že budú dostupné, je možné využiť aj pri budúcich projektoch pri danej alebo podobnej aplikačnej doméne. Proces doménového inžinierstva pozostáva z doménovej analýzy a designu. Doménový design sa skladá zo špecifikácie infraštruktúry a implementácie infraštruktúry. Doménová analýza je pokusom o identifikáciu objektov, operácií a relácií, ktoré považujú doménový experti za dôležité v danej doméne. Výstupom analýzy je doménový model.

Doménový model definuje objekty, udalosti a relácie relevantné pre danú doménu. Výsledný model je súhrnom komponentov, ktoré sú spoločné pre celú paletu aplikácií, t.j. dajú sa viacnásobne použiť. Konceptuálne komponenty je možné použiť k identifikácii, explanácii a predikcii faktov v danej doméne (problem-solving). Doménový model je súčasne referenčným modelom v prípade nejasností a dvojznačností (plní komunikačnú úlohu) a zdrojom znalostí, ktorý je možné použiť na učenie sa o doméne. Špecifikácia, ktorá vznikne v rámci doménového modelovania je „zdieľaná reprezentácia entít, ktoré považujú doménový experti za relevantné v univerze diskursu a môže sa využiť k riešeniu problémov, komunikácii, učeniu a znovuužitiu na vyššej úrovni abstrakcie“. (Arango, 1994)

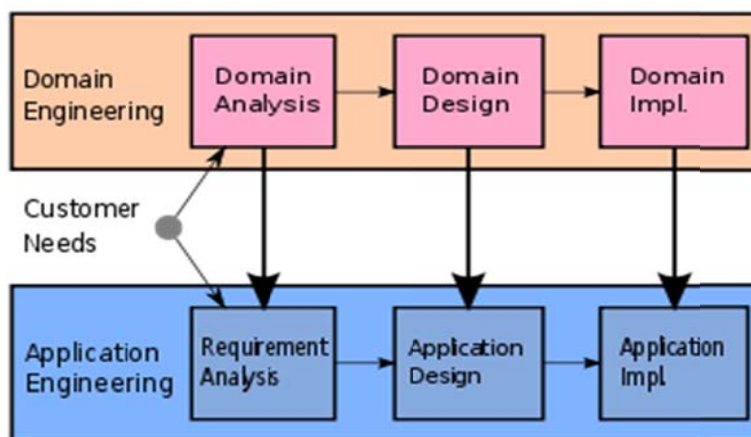


Fig. 14: Vzťah procesov softwarového a doménového inžinierstva

Výsledkom procesu doménového inžinierstva je znovu-použiteľný doménový model, použiteľný pri tvorbe niekoľkých aplikácií, ktorých požiadavky spoločne nadefinované. Doménový model musí byť reprezentatívny, t.j. musí používať správnu konceptualizáciu entít expertmi považovaných ako dôležité v rámci domény. Potom môže byť používaný ako referenčný model ku komunikácii pri analýze požiadaviek aplikácie. Podobne ako v konceptuálnom modelovaní aj pri doménovom inžinierstve je dôležité nájsť najlepšie pojmy, ktoré budú použité na vytvorenie reprezentácie fenoménov univerza diskurzu (existujú v skutočnosti a verne odrážajú realitu). Medzi doménovými modelmi a doménovými ontológiami (oblasť UI) je veľa podobností. Ontológie sa postupne začali používať ako základ doménového inžinierstva. Dnes už klasická Gruberova (Gruber, 1993) definícia znie: „ontológia je špecifikácia konceptualizácie“. Ako vyzerá ontologický prístup aplikovaný na doménu samotnej tvorby software? (Falbo, 2002) navrhuje ontologicky podložený proces vývoja softwaru a ukazuje, ako môžu ontológie podporiť úlohy tohto procesu. Ontological approach for domain engineering (ODE) je metodika a modelovací jazyk pre tvorbu ontologicky podložených doménových modelov. Súčasťou ODE sú i návrhové vzory, ktoré majú uchovať ontologické vlastnosti (nereflexivitu, asymetriu, tranzitivitu a zdieľateľnosť) niektorých vzťahov, napr. vzťahu celok-časť. Príklad vytvorenia ontológií a odvodenia modelu pre doménu softwarového procesu a softwarovej kvality (Guizzardi, 2005):

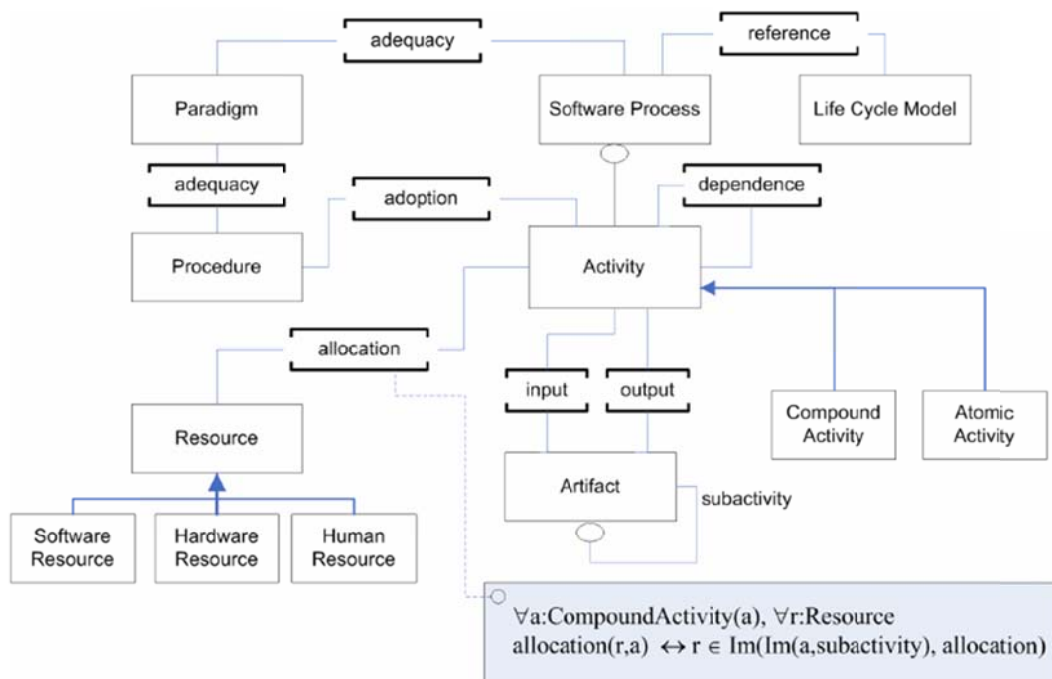


Fig. 15: Príklad ODE

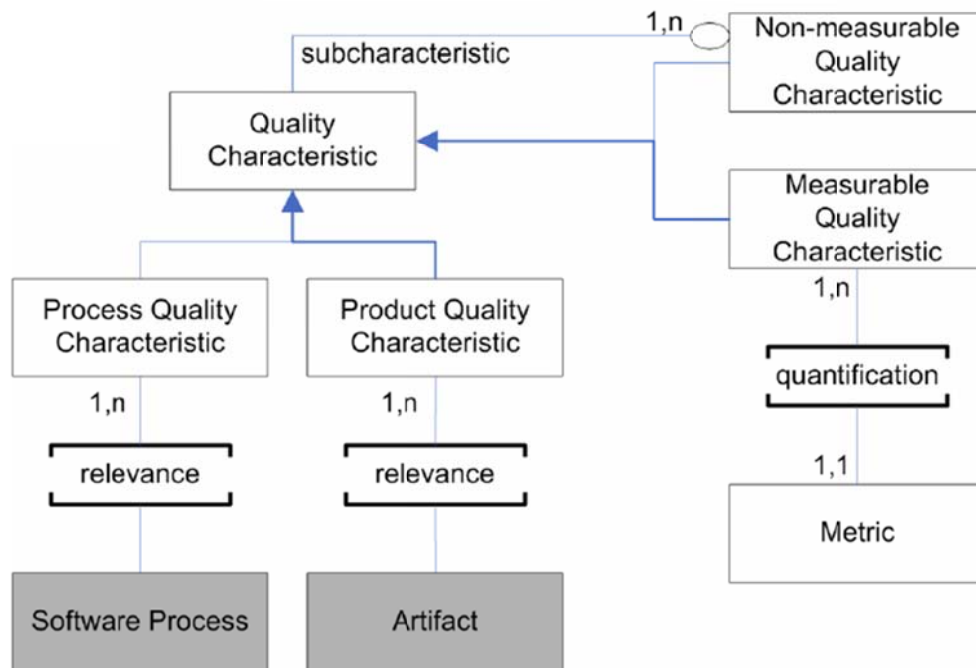


Fig. 16: Príklad ODE

Popis ontologickej schémy: Plné obdĺžniky sú koncepty, otvorené obdĺžniky reprezentujú materiálne vzťahy, šípky podradovacie vzťahy (šípka smeruje k všeobecnejšiemu konceptu) a kruh reprezentuje vzťah celok-časť. Obmedzenia kardinality v príslušnom koncepte predstavujú obmedzenie protiľahlej strany vzťahu. Napr. *MeasurableQualityCharacteristic* môže byť merané 1 až *n* metrikami. Pokiaľ je obmedzenie nevyjadrené, znamená o..many. Šedý obdĺžnik označuje importovaný koncept. Axióm: zdroje alokované zloženej softwarovej aktivite A sú práve tie, ktoré sú alokované pod-aktivitám A.

Na základe tejto doménovej ontológie je odvodený doménový model:

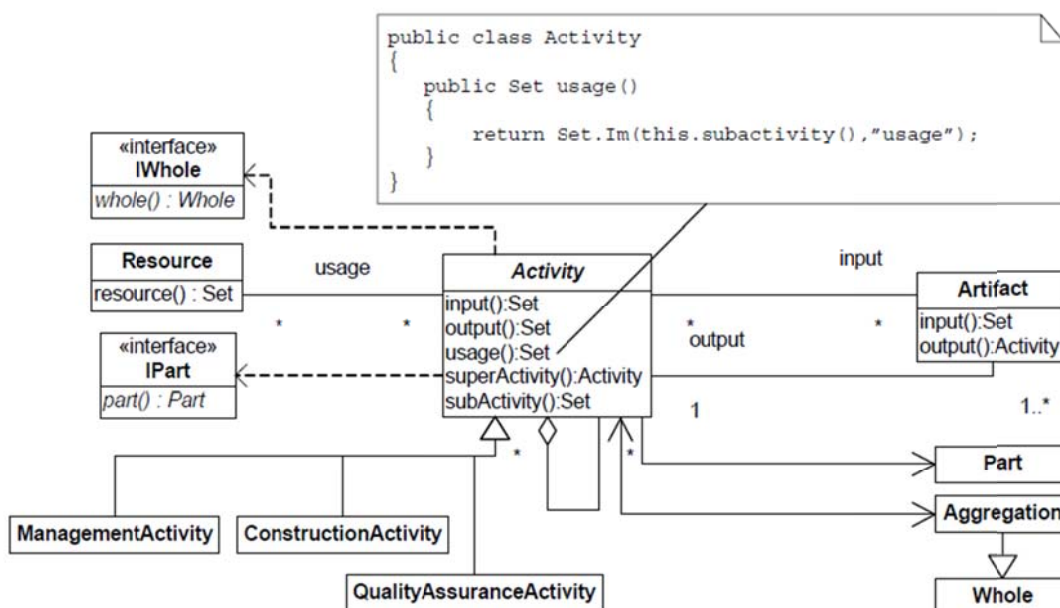


Fig. 17: Doménový model

Doménový model ukazuje, ako sa sú skrze metodologicky navrhnuté pravidlá premietnuté axiómy doménovej ontológie systematicky a explicitne do metód modelu. Napr. metóda `usage()` objektu **Activity** vracia množinu riešení korešpondujúceho axiómu ontológie, t.j. množinu zdrojov používaných aktivitou. Namiesto skrytia doménových znalostí v rámci kódu sú tu explicitne znázornené metódy ukazujúce oblasti kompetencie ontológie a tým sa zvyšuje možnosť znovupoužiteľnosti doménových znalostí. Podobne ako pre doménu tvorbu software existujú ontológie pre domény alokácie zdrojov, softwarových rizík, znalostného managementu, organizačného modelovania.

3.2.1 Fundačné a aplikačné ontológie

Prvou zmenou s ohľadom na náš problém ontológie, ktorú sme mohli zatiaľ pozorovať, je, že sa slovo ontológia v informatike (na rozdiel od filozofie) používa často v množnom čísle. Táto skutočnosť si vyžaduje našu pozornosť. V prvom rade sa pokúsime informatické ontológie roztriediť. Guarino (Guarino, 1998) ako kritérium navrhuje mieru nezávislosti ontológie na doméne záujmu a na konkrétnom účele plánovaného využitia svojho autora.

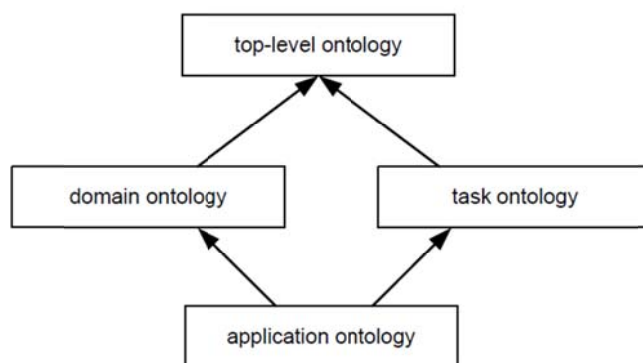


Fig. 18: Vzťahy medzi ontológiami podľa miery abstrakcie

Top-level ontologie (tiež: upper-level ontology, foundational ontology, general ontology) sa zaoberajú entitami, ktoré sú nezávislé na konkrétnej doméne a teda aplikovateľné na viaceré nezávislé domény. Fundačná ontológia slúži ako integračný bod rôznych doménových ontológií, ktoré sú tvorené často eklekticky a potrebujú prepojenie. Premetom fundačných ontológií sú najvšeobecnejšie pojmy ako napr. priestor, čas, hmota, predmet, udalosť, akcia. Výhody využitia fundačnej ontológie: pri tvorbe IS sa môžeme sústrediť na zachytenie doménových súvislostí. Dobrá fundačná ontológia zabráni časti ontologických návrhových chýb, disjunktným axiómom a pod. Fundačná ontológia slúži ku krížovému mapovaniu taxonómií a IS. Príklady: Basic Formal Ontology, Cyc, DOLCE. Formálne upper level ontologie sú postavené spravidla na dichotómii dynamických (endurant) a statických (perdurant) entít. Endurant (continuant, podstata) označuje entity, ktoré sú vnímané ako kompletný koncept, bez ohľadu na čas. Jablko, človek, hranica štátu. Perdurant (occurent) označuje entity, ktoré v čase existujú iba čiastočne. Proces, napr. bežanie. Nepostihnuteľné pri zastavení času. Aktivácia, procedúra. Súčasťou formálnej upper level ontológie sú ešte kvality (vlastnosť, tróp, akcident). Neexistujú nezávisle, ale v závislosti na inej entite (spravidla perdurante). Napr. teplota a farba. Niektoré ontologie (DOLCE) ich vnímajú ako tretiu kategóriu vedľa endurantov a perdurantov, iné (BFO) ako podmnožinu endurantov. Ontologický jazyk je formálnym jazykom pre reprezentáciu ontológie: Common Logic, CycL, OWL a pod. Najpoužívanejším fundačným ontológiám sa budem venovať v podkapitolách.

Doménové ontologie a „task-“ ontologie popisujú slovník vzťahnutý na danú doménu (napr. oblasť medicíny, managementu) určitou špecializáciou top-level ontológie. Niekoľko príkladov doménových ontológií (Guizzardi, 2005): Doména *Inžinierstvo a technické aplikácie* – ontológia YMIR (doménová ontológia pre formálnu reprezentáciu znalostí inžinierskeho návrhu, založená na systémovej teórii), EngMath (ontológia pre matematické modelovanie

v strojárenstve, obsahuje skalárne, vektorové a tenzorové veličiny, miery, merné jednotky apod.), Psyssys (ontológia pre modelovanie, simuláciu a návrh fyzikálnych systémov). Doména *modelovania podnikových procesov*: TOVE (ontológia formalizujúca znalosti o komunikačných procesoch, aktivitách, zdrojoch a nákladoch v podnikoch), Enterprise ontology (kolekcia pojmov, aktivít a procesov – napr. organizácia, stratégia, marketing, ktoré sú považované za relevantné). Doména *chémie a biológie*: CHEMICALS (ontológia chemických prvkov a kryštalických štruktúr), GENE ontology (snaží sa vyhovieť potrebe konzistentného popisu genových produktov medzi svetovými zásobníkmi rastlinných, živočíšnych a mikrobiálnych genómov). Ďalšie: Fishery core ontology (zameraná k inteoperabilite medzi rybárskymi systémami), GALEN (terminologický server pre medicínske pojmy ako napr. zlomenina, kosť a vzťahy, v akých môžu byť koncepty kombinované napr. zlomenina sa môže stať na kosti), Core Legal ontology (organizuje právnické koncepty a reprezentuje kompatibilitu rôznych právnych systémov alebo vzťahy medzi normami a prípadmi. Použitá bola k vytvoreniu lexikónu s podpore vyhľadávania právnických informácií.)

Aplikačné ontológie (v obore znalostného inžinierstva) obsahujú „situation-independent“ informácie znalostnej bázy danej domény. Tieto koncepty sú často rolami, ktoré preberajú doménové entity pri plnení danej úlohy.

3.2.1.1 CYC

Cyc¹⁶ je projektom encyklopedického systému svoj druhu, iniciovaným Dougom Lenatom v roku 1984 a od roku 1994 spravovaným komerčnou spoločnosťou Cycorp. Cieľom projekt Cyc (zo slova encyklopédia) bolo vytvorenie znalostnej bázy „common-sense“ znalostí, t.j. bežne známych informácií a faktov, za použitia reprezentácie prístupnej algoritmom umelej inteligencie. Znalostná báza obsahuje cez milión tvrdení a pravidiel formulovaných v jazyku CycL, založenom na predikátovej logike. Pôvodná znalostná báza je komerčným produktom, jej časti boli ale uvoľnené pod open source licenciou pre vedecké účely.

Cyc má svoju ontologickú časť, vypracovanú študentmi a absolventmi filozofických oborov. Súčasťou tejto ontológie sú napríklad množiny tried a jednotlivín, vecí, časti vecí a materiály, vlastností vecí, funkcie a použitie vecí, miesto a trvanie vecí, predpokladov pre výskyt akcie alebo stavu, následkov stavu alebo akcie, chovania vecí ale tiež ľudských motivácií, cieľov, plánov, straté-

¹⁶ <http://www.cyc.com/cyc> a <http://www.opencyc.org/>

gií a kontextov. Myšlienkou zakladateľa Cyc bolo, že po prekročení určitej kritickej miery tvrdení a axiémov, začne Cyc vytvárať nové informácie a odvodzovať znalosti. Cyc má byť 1, široko pojatou ontológiou 2, znalostnou bázou 3, deduktívnym strojom (*modus ponens* a *tollens*, všeobecný a existenčný kvantifikátor).

Úlohou ontológie je v rámci Cyc je reprezentácia znalostí. Pokiaľ pre filozofa je znalosť spojená s pravdou (napr. znalosť ako overená domnienka) a pravda znamená vzájomnú konzistentnosť, v oblasti znalostného inžinierstva je znalosť chápaná ako daný informačný obsah. Znalostná báza Cyc pracuje s predpokladom, že ľudské znalosti si môžu protirečiť a preto vytvára systém mikroteórií, ktoré sú vnútorne konzistentné ale vzájomne si môžu protirečiť.

Príklad záznamov znalostnej bázy:

(#\$isa #\$VaclavKlaus #\$CzechRepublicPresident)

Využitie predikátu isA. Václav Klaus je inštanciou z množiny českých prezidentov.

(#\$genls #\$Tree-ThePlant #\$Plant)

Využitie predikátu genls, t.j. podmnožina množiny. Všetky stromu sú rastliny.

(#\$capitalCity #\$CzechRepublic #\$Prague)

Praha je k Českej republike vo vzťahu „Hlavné mesto“.

(#\$implies

(#\$and

(#\$isa ?OBJ ?SUBSET)

(#\$genls ?SUBSET ?SUPERSET))

(#\$isa ?OBJ ?SUPERSET))

Príklad zápisu pravidla: Ak je predmet OBJ prvkom množiny SUBSET a množina SUBSET je podmnožinou SUPERSET, potom je OBJ prvkom SUPERSET.

3.2.1.2 SUMO

Suggested Upper Merged Ontology¹⁸ (SUMO) je ontológia vyvíjaná pod vedením Adama Pease, obsahuje cez 1000 vlastných termínov, 4000 axiémov, 750 pravidiel. Spolu s doménovými ontológiami cez 20 000 termínov a 70 000 axiémov. Používa sa pri vývoji aplikácie na vyhľadávanie, lingvistiky a umelej inteligencie. Je namapovaná na WorldNet lexikón (slovník anglických podstatných mien, slovies a prísloviek združených do množín kognitívnych synonym, vzájomne prepojených). SUMO používa jazyk SUO-KIF (Standard Upper Ontology Knowledge Interchange Format) založený na predikátovej logike. Patronát nad vývojom udržiava organizácia Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

Celý balík SUMO pozostáva z fundamentálnej ontológie, mied-level ontológie (MILO) a doménových ontológií pre rôzne oblasti, napr. krajiny a regióny, komunikáciu, ekonomiku (na základe CIA Word Factbook), finančníctvo, geografiu, štátnu správu, armádu atď. Existujú k nemu nástroje na tvorbu. Vývoj začal v roku 2000 na základe vládneho grantu. Terminológia preložená aj do češtiny.

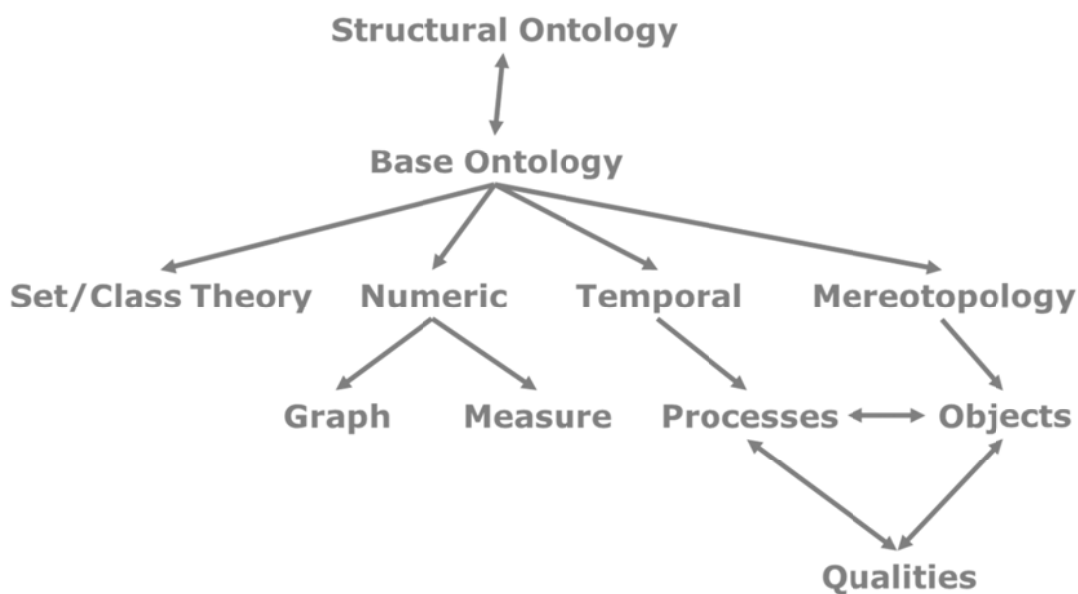


Fig. 20: Ontologické schéma SUMO¹⁹

Základné rozlíšenia: entita fyzická alebo abstraktná, objekty, procesy (napr. internalchange, ShapeChange, Motion, Transportation), role (case roles – agent, patient, instrument).

¹⁸ <http://www.ontologyportal.org>

¹⁹ http://ontolog.cim3.net/file/resource/presentation/AdamPease_20070906/Suggested-Upper-Merged-Ontolog_SUMO--AdamPease-20070906.ppt

Príklad: Brutus bodol Cézara nožom v utorok.

(exists (?S ?K ?T)

(and

(instance ?S Stabbing)

(instance ?K Knife)

(instance ?T Tuesday)

(agent ?S Brutus)

(patient ?S Caesar)

(time ?S ?T)

(instrument ?S ?K)))

Využitie: reengineering business procesov ako nástroj. Výhody: je axiomatizovaná, jasná logická štruktúra, intuitívna, voľne prístupná. Problémy: zatiaľ je to ontológia pre abstraktné entity, nejasná práca so vzťahmi medzi instanciami a vzťahmi medzi triedami.

3.2.1.3 DOLCE

DOLCE²⁰ (Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering) z lingvistického prostredia. Deskriptívny charakter, kategórie sú vytvárané na kognitívnom základe, t.j. na common-sense a lexike jazyka. Filozoficky založená v konceptualizme – kategórie ako konceptuálny svorník, bez ďalekosiahlych ontologických dôsledkov („kantiánska“ ontológia). Koncept je kognitívny artefakt, závislý na ľudskej percepcii, kultúrnom a sociálnom kontexte a konvenciách. Úlohou je explicitné vyjadrenie už premyslenej konceptualizácie. Je to ontológia jednotlivín, univerzálne sú použité na organizáciu jednotlivín (individuals), sami o sebe nie sú charakterizované a organizované.

Bohatá axiomatizácia: 37 kategórií, 7 základných typov vzťahov, 80 axiómov, 100 definícií, 20 teorémov. Dobrá dokumentácia.

Vývoj: Nicola Guarino / Laboratory for Applied Ontology²¹.

Sociálne entity, organizácie, plány, normy, informačné objekty.

DOLCE nebol vyvíjaný ako kandidát na univerzálnu top level ontológiu.

²⁰ <http://www.loa-cnr.it/Papers/DOLCE2.1-FOL.pdf>

²¹ <http://www.loa-cnr.it/>

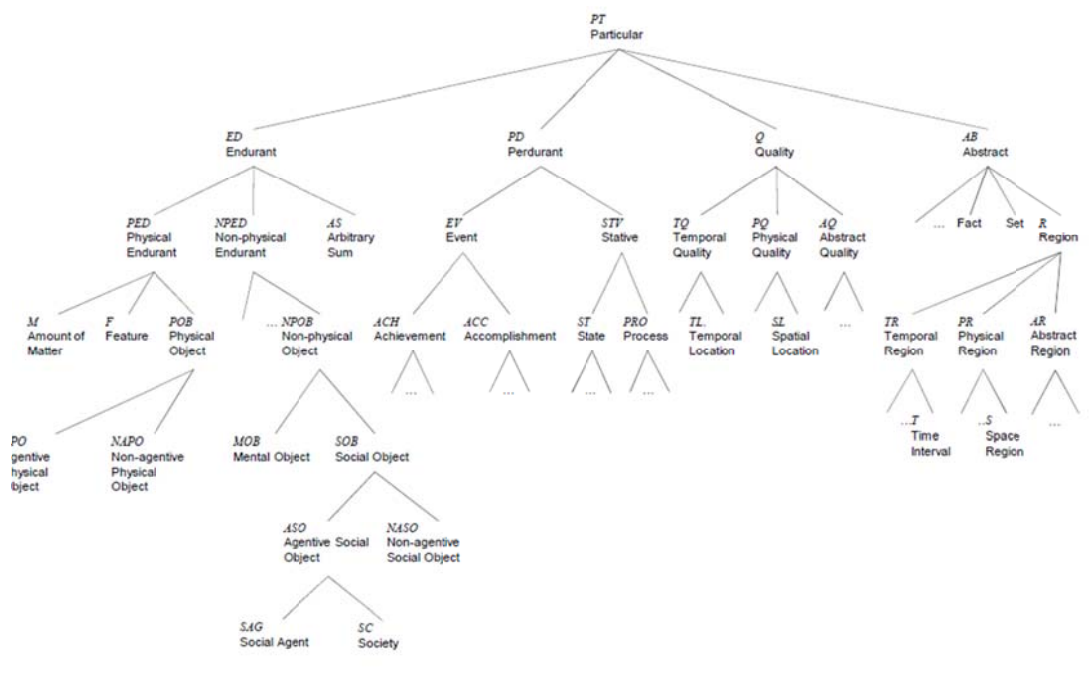


Fig. 21: Top level kategórie DOLCE

Výhody – logická štruktúra, koherentnejšia než Cyc. Úspešná aplikácia v mnohých projektoch. Fyzický pohľad – základné kvality sa pripisujú atomic-kému časopriestorovému regiónu – hmota, energia, elektrický náboj. Fyzický proces je časopriestorová rozmiestnenie kvalít. Kognitívny pohľad – ľudský agent vníma a izoluje relevantný invariant na základe viacerých faktorov (vnímacích schopností, kultúrnej skúsenosti, jazyka). V každej situácii vzniká množina atomických vnemov.

Problém – je DOLCE ontológia reality alebo ontológiou konceptov (entít ľudskej mysle).

3.2.1.4 BFO

Basic formal ontology²² (BFO) vychádza z podobných filozofických základov ako DOLCE a SUMO. Na rozdiel o nich je jej účelom byť skutočnou fundamentálnou ontológiou, ktorá slúži k podpore doménových ontológií vyvíjaných pre vedecký výskum (napr. biomedicínskych doménových ontológií združených v projekte OBO Foundry). Jej teoretickému založeniu sa venuje Barry Smith a Pierre Grenon na NCOR (National Center for Ontological Research).

BFO je teóriou tvorby ontológií a súčasne ontologickou knižnicou. Tú tvorí fundamentálna ontológia a rada regionálnych ontológií rôznej granularity, určených hlavne pre oblasť biomedicínskeho výskumu. Ontológie sú rozdelené do dvoch skupín: SNAP (snapshot) ontológie pre statické trojdimenzionálne entity

²² <http://ontology.buffalo.edu/bfo/>

a SPAN ontológie pre procesy rozložené v čase. Takto BFO zahŕňa trojdimenzionálnu aj štvordimenzionálnu perspektívu v rámci jedného systému. Vzájomné prepojenie medzi týmito dvomi typmi ontológií dáva BFO možnosť vyrovnávať sa so statickými i dynamickými prvkami skutočnosti. Každá SNAP ontológia je katalógom všetkých entít existujúcich v danom čase, každá SPAN ontológia je katalógom procesov prebiehajúcich (i začínajúcich a končiacich) behom daného časového intervalu. Obe ontológie slúžia ako základ rady regionálnych ontológií, ktoré sú „oknom“ do reality v danom stupni granularity.

Výhody BFO. Fundačná ontológia od začiatku vývoja. Bez zasahovania do doménových ontológií, fyziky, biológie, matematiky. Adekvátne spôsoby práce s inštanciami, typmi, reláciami a kvalitami.

BFO je postavená na „troch fundamentálnych dichotómiách“: objekt (continuant) a proces (occurent), dependent (akcident) a independent (podstata), type (univerzália) a instance (inštancia).

3.3 Ontológia a sémantický web

World Wide Web, služba ktorej základy položil pred 20 rokmi Tim Berners-Lee, vedec ženevského CERNu, sa rýchlo stala tak obľúbenou a koncom 90. rokov aj komerčne využívanou, že je dnes pre väčšinu ľudí synonymom internetu. Web začal ako sieť vzájomne prepojených textových dokumentov (hypertext), ktorá funguje vďaka mnohým štandardom zaručujúcim vzájomnú interoperabilitu na transportnej, aplikačnej (TCP, HTTP) a prezentačnej úrovni (HTML, CSS). Postupne sa posunul od prostriedku zdieľania informácií k médiu nasadenia aplikácií (napr. ASP). Populárny termín Web 2.0 (Wiki, sociálne siete, blogy) charakterizuje premenu chápania webu ako média k prezentácii statických dát k médiu tvorby a prezentácie dynamických dát. Nemení sa základný spôsob práce: dáta sú tvorené, spracovávané a späťne aj interpretované ľuďmi. Ak si človek prezerá noviny, nakupuje vo virtuálnom obchode alebo číta blog, sám musí vyhodnotiť daný obsah.

Ďalším vývojovým krokom je podľa Tima Barners-Lee (Barners-Lee, 2001) posun k sémantickému webu, dnes populárne označovanom Web 3.0: *„Sémantický web prinesie štruktúru zmysluplnému obsahu webových stránok, tak vytvorí prostredie, v ktorom môžu stránkami prechádzať softwarové agenti a vykonávať sofistikované úlohy. Takýto agent príde na webovú stránku kliniky a nedozvie sa iba kľúčové slová ako napr. „odborná starostlivosť, medicína, fyzická, terapia“ (ako je tomu dnes), ale zistí, že Dr. Hartman pracuje na tejto klinike každý pondelok, stredu a piatok a skript nájde dátum vo formáte dd-mm-rrrr a užívateľovi vráti pracovnú dobu...“* Vízia sémantického webu predpokladá po-

sun webu od „machine-readable, human-understandable“ k „machine-readable machine-understandable“. Nejde iba o to, aby bol webový dokument pre počítač spracovateľný, ale aby bol priamo zrozumiteľný.

Premýšľanie a porozumenie človeka je ale pomerne zložitý fenomén sociálnej reality a zahŕňa mnoho neredukovateľných skutočností (rečový akt sľubu, povinnosti; zámery; inklinácie k jednaniu, pamäť, zvyky a iné kontextové fenomény. Ak Barners-Lee hovorí o *strojovej* zrozumiteľnosti, má na mysli nejaký druh anotácie webových zdrojov meta-dátami vo formálnom jazyku reprezentácií znalostí s presne a prísne definovanou sémantikou. Na takto anotované dáta je potom možné použiť metódy znalostného inžinierstva (napr. inteligentné vyhľadávanie a filtrovanie informácií).

Porozumenie (anotovanému) textovému dokumentu človekom a softwarovým agentom²³:

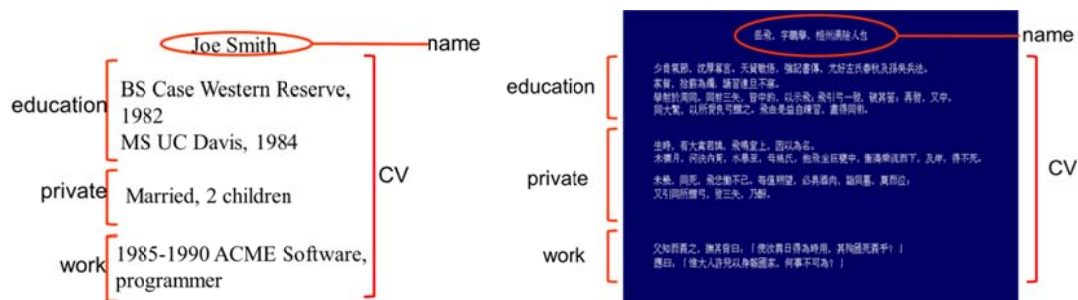


Fig. 22: Ako vidí dokument človek a stroj

Doménové ontológie reprezentujúce expertné znalosti by, za predpokladu ich špecifikácie v strojovo zrozumiteľnom jazyku, mohli slúžiť strojovej zrozumiteľnosti webového obsahu a mohli by byť využité k dodaniu sémantiky syntaktickým symbolom webových zdrojov (Guizzardi, 2005). Tomuto cieľu slúži vrstevnatá architektúra sémantického webu:

²³ Zdroj obrázkov:

http://ontolog.cim3.net/file/resource/presentation/AdamPease_20070906/Suggested-Upper-Merged-Ontolog_SUMO--AdamPease-20070906.ppt

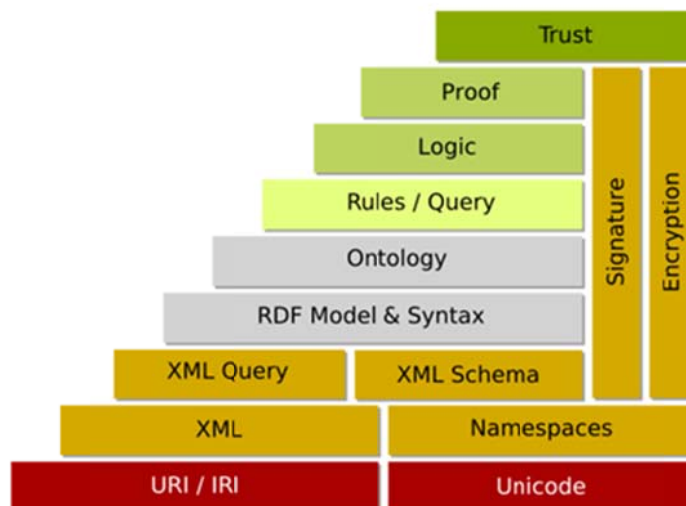


Fig. 23: architektúra sémantického webu

Najnižšiu jazykovú vrstvu tvorí XML, ktorý má na rozdiel od napr. HTML, flexibilnú syntaktickú štruktúru dokumentu. Pomocou XML definícií schém (XSD) je možné definovať syntax pre triedu XML dokumentov a tak určiť slovník a synkatické pravidlá pre skupinu aplikácií. XDS ale definuje iba syntaktické pravidlá, zamýšľaná sémantika je mimo oblasť XML.

Príklad dokumentu „Vizitka“ v XML. Je *Jules Deryck* meno človeka, ale názov vizitky? Ako to má softwarový agent poznať?

```
<BUSINESS-CARD>
<NAME>Jules Deryck </NAME>
<COMPANY>Newco</COMPANY>
<MEMBEROF>XTC Group</MEMBEROF>
<JOBTITLE>Business Manager</JOBTITLE>
<TEL>+32(0)3.471.99.60</TEL>
<FAX>+32(0)3.891.99.65</FAX>
<GSM>+32(0)465.23.04.34</GSM>
<WEBSITE>www.newco.com</WEBSITE>
<ADDRESS>
<STREET>Dendersesteenweg 17</STREET>
<ZIP>2630</ZIP>
<CITY>Aartselaar</CITY>
<COUNTRY>Belgium</COUNTRY>
</ADDRESS>
</BUSINESS-CARD>
```

Pre spracovávajúci aplikáciu značky, ktoré štruktúrujú dokument, nenesú žiaden zmysel. Preto je na vrstvou XML umiestnený RDF (Resource Description Framework), štandardizujúci definíciu a používanie metadát o webových zdrojoch. Webový zdroj je čokoľvek, čomu je možné priradiť URI (Uniform Re-

source Identifier): napr. webová stránka, počítač alebo mobilné zariadenie, fotka, video. Metadáta môžu popisovať mapu webových stránok, systém hodnotenia fotiek a videa, užívateľské preferencie a pod. Dátový model RDF pozostáva z tripletu v tvare subjekt-predikát-objekt. Je to minimalistický model a nemá prostriedky pre definíciu pojmov používaných pri anotácii zdrojov, napr. autor, spolupracovník. K tomu je navrhnuté RDF schéma, ktoré môže na rozdiel od XML definovať sémantiku. RDF schema je vnímaná ako jednoduchý ontologický reprezentačný jazyk (obsahuje triedy, vlastnosti, doménové obmedzenia, vzťahy, inštancie, podtriedy a podvlastnosti). Z dôvodu rôznych nedostatkov RDFs (napr. nemožnosť vyjadriť obmedzenie kardinality) bol pod patronátom W3C vytvorený OWL (Web Ontology Language).

Príklad (ontologicky nesprávnej) definície v OWL. Autor dokumentu je osobou. Kapitola dokumentu je *textovým reťazcom*?

<http://ebiquity.umbc.edu/ontology/publication.owl>

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="author">
<rdfs:label>Resource Author</rdfs:label>
<rdfs:domain rdf:resource="#Resource" />
<rdfs:range rdf:resource="http://ebiquity.umbc.edu/ontology/person.owl#Person"/>

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="chapter">
<rdfs:label>Publication Chapter</rdfs:label>
<rdfs:domain rdf:resource="#Publication" />
<rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
```

Motiváciou k vytvoreniu jazyka OWL bola predovšetkým vhodnosť pre použitie metód znalostného inžinierstva. Tomuto cieľu boli prispôsobené možnosti ontologickej pravdivosti a adekvátnosti. OWL je výhodný pre vyjadrenie statických kombinatorických dát, ale nevhodný na modelovanie napr. sociálnej reality.

Jednou z možností aplikácie ontológií sémantického webu je „*context aware computing*“. Tento termín vyjadruje prechod používania počítača prevažne v podobe desktopu k skutočnosti, že práca s informáciami je integrovaná do množstva predmetov každodennej potreby (hudobné prehrávače, mobilné telefóny, rôzne „smart devices“ a veci s pridaným RFID čipom). Context-aware computing zohľadňuje dynamický kontext užívateľa pri poskytovaní služieb s cieľom poskytovať adaptované, personalizované, komplexné informačné služby. Kontext je situácia zahrňujúca užívateľa a jeho okolie, ktoré je relevantné pre danú aplikáciu (napr. fyzikálny kontext polohy a času, počasie, rýchlosť pohybu, nadmorská výška, vlhkosť vzduchu, svetlo; informačný kontext: stav akcií

na burze, športové výsledky; osobný kontext: zdravie, nálada, aktivita; sociálny kontext: sociálne vzťahy, susedské vzťahy; technologický kontext: dopravná situácia, stav tlačiarne, nabitosť batérie mobilu, kapacita pamäťových médií fotoaparátu, vyťaženie procesoru...)

Príkladom využitia ontológií v sémantickom webe pre context-aware computing je WASP (Web Achitecture for Services Platform) (Ríos, 2003):

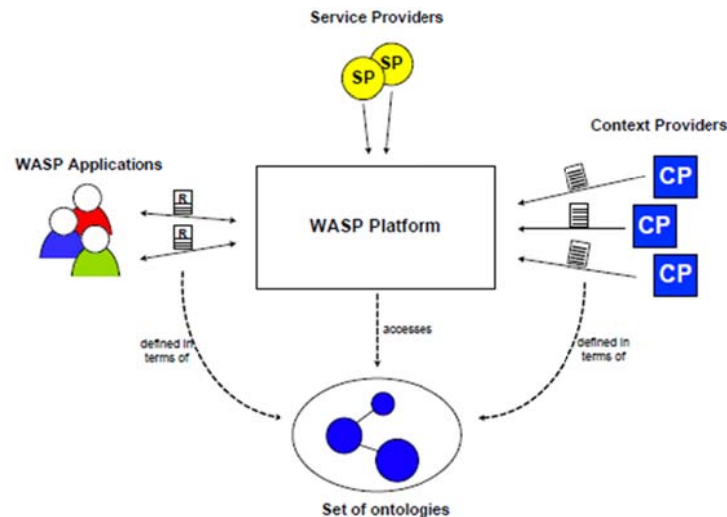


Fig. 24: WASP

WASP je sprostredkovateľom medzi poskytovateľmi kontextu, poskytovateľmi služieb, WASP aplikáciami a sémantickými ontológiami. CP dodávajú kontextuálne informácie. Príkladom sú napr. čidlá a RDIF čipy. CP zašle správu: Jozef práve vošiel do múzea. Je to informácia, ktorá sa vzťahuje na zdroj *Jozef* a zdroj *múzeum* a ich vzťah je „vo vnútri“. Service provider zistí, že zdroj Jozef sa nachádza v múzeu a môže reagovať napr. zaslaním SMS s aktuálnymi zľavami vstupu do jednotlivých expozícií, alebo SMS, ktorá automaticky prepne mobil do tichého módu. Poskytovatelia kontextu a služieb môžu spolupracovať, pretože používajú rovnakú množinu prepojených ontológií. Situáciu „byť vo vnútri“ je možné riešiť na úrovni top-level ontológie ako vlastnosti fyzických objektov alebo na úrovni doménových ontológií, ktoré riešia charakteristiky múzeí. Odvodzovaním znalostí z ontológii je WASP schopný zistiť nekonzistencie, napr. človek nemôže byť na dvoch miestach súčasne, alebo zaistiť inteligentnejšie chovanie (byť vo vnútri miestnosti zároveň znamená byť vo vnútri budovy) Napr. na letisku dostávam informácie relevantné k môjmu letu, aplikácia typu advisor mi dáva tipy na kultúrne vyžitie podľa miesta, kde sa nachádzam alebo kam sa chystám cestovať – obe aplikácie môžu použiť ontológiu turizmu.

3.4 Zhrnutie

V tejto kapitole sme sa venovali ontológiám v informatike. Identifikovali sme tri disciplíny, v ktorých sa s úspechom využívajú „ontológie“ s rôznym účelom. V informatike najvplyvnejšou definíciou ontológie je definícia Toma Grubera: „ontológia je formálna špecifikácia konceptualizácie.“ (Gruber, 1993). V tomto kontexte je ontológia technickým termínom artifakt navrhnutý s účelom modelovania znalostí o danej doméne záujmu. Je deskripciou konceptov a vzťahov, ktoré existujú či môžu existovať pre potrebu softwareového agenta. Vo svojej novšej definícii (Gruber, 2007) dodáva, že úlohou ontológie je definovať základné prvky reprezentácie modelovania doménovej znalosti, ktorými sú spravidla triedy (resp. množiny), atribúty (resp. vlastnosti) a vzťahy medzi členmi daných tried (množín). Definície obsahujú sémantiku a obmedzenia logicky prípustnej aplikácie.

Hlavným problémom tejto definície je, že je príliš voľná. Tým umožňuje, aby sa slovom ontológia označovala celá rada špecifikácií od jednoduchých slovníkov až po prepracované logické teórie. Rôzne podnikové dátové formáty (PDF, Office dokumenty, relačné databázy) sú schopné ukladať sémanticky presné metadáta. Takto voľne definované ontológie je možné usporiadať napr. podľa expresivity (miera, v akej je ontológia schopná popísať doménovú sémantiku), štruktúry (úroveň organizácie či hierarchickej rozľahlosti) a granularity (úroveň detailu, ktorú ontológia poskytuje). Pričom na jednom konci spektra budú folksonomie a na opačnom upper-level ontológie. Bergman (Bergman, 2010) ukazuje, že sa dajú nájsť desiatky príkladov, ktoré sú voľne nazývané „ontológiami“, pretože organizujú, klasifikujú alebo ináč tematizujú „to, čo je“:

Tag cloud	Social bookmarking	Ontology	Topic Maps
Controlled vocabulary	Tags	Microformats	Concept Maps
Thesauri	Tagging	Data dictionary	Synsets
Collaborative tagging	Taxonomy	OPML	Glossary
Folk taxonomy	Folksonomy	XOXO	WordNet
Directory	Classification	OWL	Metadata
Subject Map	Categorization	Subject Trees	Facets
Semantic Web	RDF	Information Architecture	Structure
Cladistics	Metadata	Data Reference Model	Dublin Core
Markup languages	Systematics	Phylogeny	Typology

Fig. 25: „Ontológie“ v informatike

Folksonomia je klasifikačný systém založený na kolaboratívnej tvorbe a údržbe štítkov k anotácii webového obsahu (collaborative tagging, social indexing) (Vaishar, 2010). Pojem zaviedol Thomas Vander Wal ako zloženinu slov

folk (ang. ľud) a taxonómia (odborníkmi vytvorená kategorizácia pojmov, jasne definovaná hierarchia termínov, určených pre triedenie dokumentov. Folksonómia je na rozdiel od taxonómie vytváraná voľne, bez dopredu daných pravidiel. Znakmi folskonómie je nesystematickosť a neudržiavanosť (problémy so synonymami, skloňovaním). Jediným druhom vzťahu je štatistický výskyt. Pojem bol síce zavedený ako protiklad k taxonómii (a je v istom zmysle protikladom ontológie), existujú ale štatistické štúdie (Halpin, 2007), ukazujúce, že aj ten živelný spôsob anotácie webových zdrojov tenduje k stabilnému slovníku. Oblak štítkov (tag cloud) je vážený vizualizovaný zoznam slov, najčastejšie autorom zadáných značiek popisujúcich obsah elektronického zdroja (prípadne zoznam najčastejšie sa vyskytujúcich slov v rámci daného textu). Jeden z typických príkladov konceptu Web 2.0.

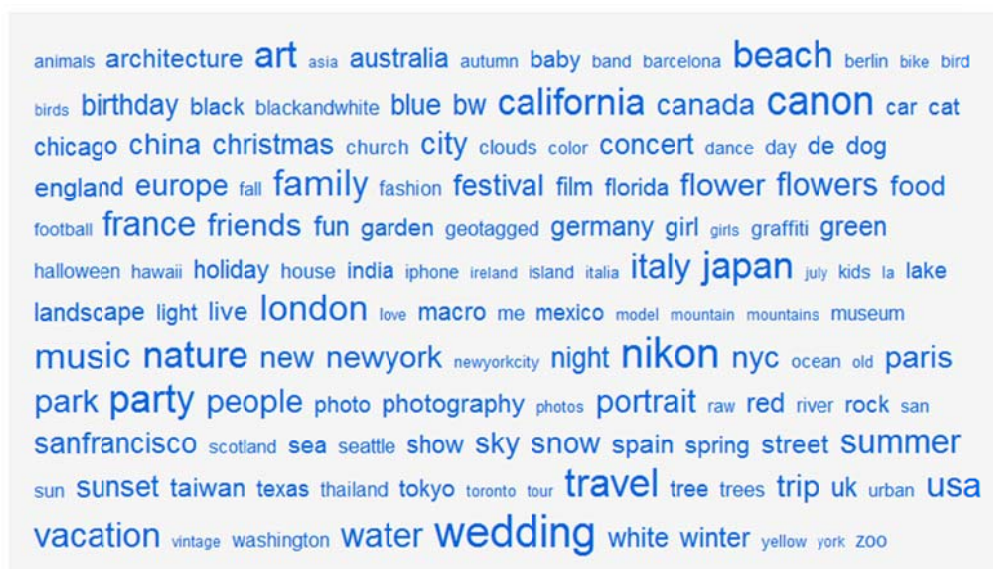


Fig. 26: Tag cloud

Vyššiu mieru expresivity ako folksonómia má thesaurus, hierarchicky štruktúrovaný kontrolovaný slovník usporiadaný podľa vopred určeného poriadku, ktorého účelom je podpora konzistentnej organizácie dokumentov. Thesaurus modeluje vzťahy medzi termínmi (napr. WordNet, CALL, DTIC, MeSH, National Agricultural Library Thesaurus). Taxonómie sú klasifikačná sémantické hierarchie (stromy), organizujúce obsah podľa predpokladaných vzťahov entít skutočného sveta, ktoré reprezentujú. Vzťahy sú typu podtrieda (slabé taxonómie), prípadne generalizácia/specializácia (silné taxonómie). Príklady taxonómií: hierarchie katalogizačných služieb (Yahoo hierarchy), biologické taxonómie). Sémanticky najsilnejšie sú potom formálne (BFO, DOLCE, SUMO) a doménové (Gene Ontology, SNOMED CT, UMLS, ICD) ontológie.

Schematické znázornenie rôznych „ontologických artefaktov“ podľa šírky definície ontológie:

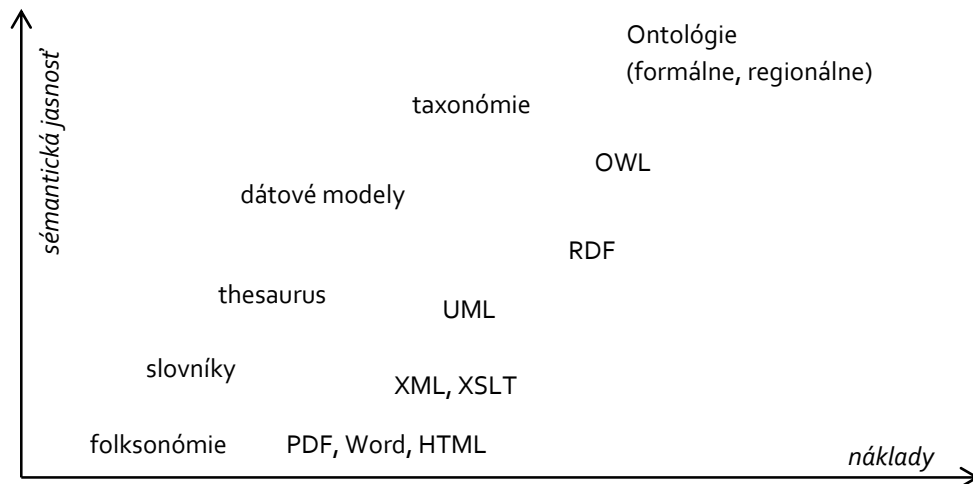


Fig. 27: Schéma ontológií

Pri snahe získať jednotnú definíciu ontológie v informatike narážame na skutočnosť, sa samotné slovo sa spravidla používa v množnom čísle. Väčšinou tak nehovoríme o ontológii v informatike ale o ontológiách.

V kapitole venovanej filozofii sme si ontológiu predstavili ako disciplínu, ktorá si kladie špecifické otázky – prípadne ako teóriu, ktorá bola vytvorená odpoveďami na vzniklé otázky. Rozlíšenie ontológie na formálnu a materiálnu, navrhnuté Husserlom, je možné vidieť v obore doménového inžinierstva medzi upper-level ontológiou a doménovými ontológiami. To, čo sa v informatike nazýva formálna ontológia, nezodpovedá Husserlovej definícii, skôr ide o formalizovanú (logickým formalizmom) doménovú ontológiu.

Ontológia (v informatike): Vedná disciplína, ktorá sa zaoberá teóriami typov entít, ktoré môžeme nájsť v danej doméne skutočnosti a vzťahmi medzi týmito entitami, ako aj spôsobmi overovania týchto teórií, napr. podporou aplikovania na empirické dáta iných vedných odborov

Ontológie (pl.): Štandardizované klasifikačné systémy na podporu prepájania dát z rôznych zdrojov.

4 Záver

"... developing philosophical foundations is a necessary step to be taken if conceptual modeling, in general, and domain ontology engineering, in particular, are to become mature disciplines with sound principles and practices. 'Every science presupposes some metaphysics', hence, a scientific field can either choose to develop and make explicit its philosophical foundations or to remain oblivious to its inevitable and often ad hoc ontological and epistemological commitments. Or, as nicely put by [Recker and Nieves], 'the alternative to philosophy is not no philosophy, but bad philosophy'"

Giancarlo Guizzardi and Terry Halpin, Ontological Foundations for Conceptual Modelling

Hlavným cieľom tejto práce podať prehľad o problematike ontológie vo filozofii a informatike. V kapitole venovanej ontológii vo filozofii sme sledovali vznik, vývoj a spôsob kladenia otázok vo filozofii v spojení s poznáním, vedou. Videli sme, že ontologická problematika začala u prírodných filozofov v snahe nájsť neempirické vysvetlenie empirických poznatkov. U Aristotela sme sledovali, v akom zmysle je ontológia „prvou vedou“. Sledovali sme, ako sa obor ontológie v novoveku zúžil a získaval stále prísnejšie a jasnejšie definované metódy. Ontológiu sme poznali ako špecifický druh filozofie, ako určitý spôsob kladenia otázok o povahe a štruktúre skutočnosti. V kapitole venovanej ontologickej problematike v informatike sme videli v zásade dve motivácie k aplikácii „ontologických prístupov“: pri vývoji systémov, ktoré sú modelované verne vzhľadom k realite a pri štrukturalizácii znalostí a poznatkov, ktoré presahujú kompetenciu informatického oboru. Táto práca môže byť užitočná pre každého, kto sa zaujíma o ontológiu v informatike a potrebuje sa rýchlo v danej problematike zorientovať.

Dedičstvo filozofickej ontológie v informatike tvoria teórie o tom, ako správne klásť ontologické otázky a tým vytvárať ontologické rozlíšenia a rozhodnutia systematicky a koherentne. Výsledky skúmania vo formálnej ontológii o štruktúre skutočnosti sa využívajú na organizáciu a analýzu dát reálneho sveta. V oblasti informačných systémov sa pojem ontológia používa vo význame podobnom filozofickému zmyslu slova (D2), ako systém kategórií nezávislá na jazyku (tak ako Aristotelova ontológia je vždy tá istá, nezáleží či, sa reprezentuje v gréčtine alebo slovenčine). V oblasti doménového inžinierstva a UI je ontológia vnímaná ako konkrétny artefakt. Ukázalo sa, že nejakým spôsobom systematizovať spôsoby užitia slova ontológia v informatike, je náročnejšie, než som pôvodne predpokladal. Z ontológie sa v súčasnosti stáva „buzzword“, módnny pojem.

Táto práca ukázala, že ontologické bádanie v informatike je dnes rapídne rastúcim fenoménom. Ukazuje to aj jednoduchá štatistika vyhľadávača Google, zohľadňujúca počet internetových zdrojov o ontológii vo filozofii a informatike: jeho anglická jazyková mutácia nájde k dotazu „ontology + philosophy“ 1 630 000 odkazov a k dotazom „ontology + software“ 1 620 000, „ontology + database“ 1 480 000 a „ontology + information systems“ 1 260 000 odkazov.

Sme svedkami vývoja, keď sa väčšina ontologického bádania presúva z tradičného miesta (filozofia) a miesta nové. Jedným sú nové, prudko sa rozvíjajúce odbory empirických vied (biomedicína, génový výskum, kognitívne vedy. Ďalším miestom je informatika a v nej oblasti spojené s tvorbou informačných systémov (konceptuálne modelovanie, doménové inžinierstvo). Jedným z možných dôsledkov je vznik ontológie ako nového, multidisciplinárneho oboru.

Zoznam literatúry

- [1] ABRIAL, J-R. *Data semantics*. Klimbie and Koffeman (eds.) Data Management Systems, North-Holland, 1974.
- [2] ANZENBACHER, Arno. *Úvod do filozofie*. Praha: SNP, 1990
- [3] ARANGO, G. *Domain Analysis Methods*. Workshop on Software Architecture. Los Angeles: USC Center for Software Engineering, 1994
- [4] ARMSTRONG, David Malet. *Universals: An Opinionated Introduction*. Boulder: Westview Press, 1989.
- [5] BERNERS-LEE, Tim. *The Semantic Web*. Scientific American Magazine, May 17, 2001. [online]: <
<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=the-semantic-web>>
- [6] BENYOVSZKY, Ladislav a kol.: *Úvod do filozofického myšlení*. Plzeň: Aleš Čeněk, 2007
- [7] BERGMAN, M.K. An intrepid guide to ontologies. [online]:
<<http://www.mkbergman.com/374/an-intrepid-guide-to-ontologies/>>
Cit. 1. 10. 2010
- [8] BUNGE, Mario. *Treatise on basic philosophy: The furniture of the world*. Dordrecht: Reidel, 1977
- [9] CARNAP, Rudolf; SCHILPP, Paul Arthur. *The Philosophy of Rudolf Carnap*. LaSalle: OpenCourt, 1963
- [10] CLANCY, W. J. *The Knowledge Level Reinterpreted: Modelling Socio-Technical Systems*. International Journal of Intelligent Systems, 8/1993
- [11] COCCHIARELLA, Nino. *Conceptual Realism as Formal Ontology*. in: Roberto Poli, Peter Simons (eds.). *Formal Ontology*. Dordrecht: Kluwer, 1996
- [12] COCCHIARELLA, Nino. *Formal Ontology and Conceptual Realism*. New York : Springer 2007
- [13] ERESHEFSKY, Marc. *The Poverty of the Linnaean Hierarchy: A Philosophical Study of Biological Taxonomy*. Cambridge University Press, 2007
- [14] FALBO, R. A., GUIZZARDI, G., DUARTE, K. C. *An Ontological Approach to Domain Engineering*. In: Proceedings of the 14th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE), Ischia, Italy, 2002
- [15] GRUBER, T. R. *A translation approach to portable ontologies*. Knowledge Acquisition, 5(2), 1993. [online]: <http://tomgruber.org/writing/onto-design.htm>

- [16] GRUBER, T. R. *Ontology*. in: The Encyclopedia of Database Systems, Ling Liu; M. Tamer Özsu (Eds.), Springer-Verlag, 2009. [online] <<http://tomgruber.org/writing/ontology-definition-2007.htm>>
- [17] GUARINO, Nicola. *Formal Ontology, Conceptual Analysis and Knowledge Representation*. International Journal of Human and Computer Studies, 43(5/6), 1995
- [18] GUARINO, Nicola. *Formal Ontology and Information Systems*. In. Guarino, N. (ed.) *Formal Ontology in Information Systems, Proceedings of the International Conference on Formal Ontology and Information Systems (FOIS)*, Trento, Italy, June 6-8. Amsterdam: IOS Press, 1998
- [19] GUIZZARDI, Giancarlo. *Ontological Foundations for Structural Conceptual Models*. Enschede: Telematica Instituut, 2005
- [20] HALPIN, Harry; ROBU, Valentin; SHEPHERD, Hana. *The Complex Dynamics of Collaborative Tagging*, Proceedings of the 16th International Conference on the World Wide Web (WWW'07), Banff: ACM Press, 2007 [online]: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1242572.1242602>>
- [21] HELLER, B., HERRE, H. Ontological Categories in GOL. *Axiomathes* 14(1). Kluwer Academic Publishers, 2004
- [22] HEMELÍK, Martin. *Cesty k bytí (Uvedení do klasického ontologizujícího způsobu filosofování)*, Praha: Nakladatelství VŠE, 1998
- [23] HUME, David. *Zkoumání o lidském rozumu*. Prel. Josef Moural. Praha: Svoboda, 1996
- [24] CHEN, P. *The entity-relationship model: Towards a unified view of data*. ACM Transactions on Database Systems 1(1), 1976
- [25] JARDINE, D.A. *The ANSI/SPARC DBMS model*. Proceedings of the second SHARE Working Conference on Data Base Management Systems, Montreal, Canada, April 26-30, 1976
- [26] KVASZ, L.: *O hraniciach idealizácie vo vede*. In: *Filozofia a kognitívne vedy*. Bratislava : Iris, 2002
- [27] LORHARD, Jacob. *Ogdoas Scholastica*. Prel. Sara L. Uckelman. [online] <<http://www.illc.uva.nl/Publications/ResearchReports/PP-2008-20.text.pdf>> Cit. 1. 9. 2010
- [28] MOLHANEC, Martin. *Konceptuální modelování, formální základy a ontologie*. Konference Tvorba softwaru 2006. [online]: <<http://formular-ekf.vsb.cz/formulare/Fo1/tsw/?page=prispevek&rok=2006&prispevekid=873>>
- [29] MYLOPOULOS, J. *Conceptual modeling and Telos*. In P. Loucopoulos and R. Zicari, (eds.) *Conceptual modeling, databases, and CASE*. Wiley, 1992.
- [30] *Otázky Milindovy*. Prel. Vladimír Miltner. Praha: Lyra Pragensis, 1988
- [31] ØHRSTRØM, Peter. *Jacob Lorhard's Ontology: a 17th Century Hypertext on the Reality and Temporality of the World of Intelligibles*. [online]

- <<http://www.illc.uva.nl/Publications/ResearchReports/PP-2008-20.text.pdf>> Cit. 1. 9. 2010
- [32] POLI, Roberto. *Descriptive, Formal and Formalized Ontologies*. in: Denis Fisette (ed.). *Husserl's Logical Investigations reconsidered*. Dordrecht: Kluwer, 2003
 - [33] POLIAWSKI, Andrzej. *Ingarden, Roman*. in: Hans Burkhardt & Barry Smith (eds.) *Handbook of Metaphysics and Ontology*. Munich: Philosophia Verlag, , 1991
 - [34] RIOS, D. *Using Ontologies in Context-Aware Service Platforms*. University of Twente, 2003
 - [35] SMITH, Barry. *Franz Brentano: Four Phases of Philophy*. Atlanta: Rodopi, 1998
 - [36] SMITH, Barry. *Ontology*. in L. Floridi (ed.). *Blackwell Guide to the Philosophy of Computing and Information*, Oxford: Blackwell, 2003
[online] <http://ontology.buffalo.edu/ontology_long.pdf>
 - [37] SMITH, Barry. *Against Fantology*. in: M.E. Reicher, J.C. Marek (Eds.), *Experience and Analysis*. Vienna: OBV-HPT, 2005
 - [38] SMITH, Barry; WELTY, Christopher. *Ontology: Towards a new synthesis*. In: Chris Welty and Barry Smith (eds.). *Formal Ontology in Information Systems*. Maine: ACM Press, 2001.
 - [39] VAISHAR, Antonín. *Folksonomie*. InFlow Information Journal. [online]: <<http://www.inflow.cz/folksonomie>, 16. 11. 2007>
 - [40] VERMEER, M.W.W. *Semantic interoperability for legacy databases*. University of Twente, 1997
 - [41] WEBER, Ron; WAND, Yair. *Ontological Foundations of information systems*. IEEE TRANSACTIONS ON SOFTWARE ENGINEERING, VOL. 16, NO. 11, November 1990. [online]: <http://cpe.njit.edu/dlnotes/CIS/CIS677/CIS677_14_Ontological.pdf>
 - [42] WEISSMAHR, Bela. *Ontologie*. Kohlhammer, 1991

Terminologický slovník

Artefakt (z lat. arte factus, umelo vyrobený) termín označuje ľubovoľný predmet alebo proces, ktorý vznikol ľudskou (v protiklade ku prírodným predmetom)

Bytie (filoz.) Skutočnosť, že niečo je. Bytie vždy niečomu patrí, bytie je vždy bytím nejakého súcna. Bytie je najzákladnejším komponentom súcna, ktorým je určené jeho holé existovanie.

Skutočnosť (filoz.) Najširší mysliteľný predmet poznania. To, čo je skutočne, t.j. nezávisle na ľudskom subjekte, je reálne existujúce. Systémové okolie realitu tvorí *idealita* (to, čo existuje ideálne), *intencionalita* (to, čo existuje v našom vedomí), *valorita* (to, čo existuje ako svet hodnôt), *potencionalita* (to, čo existuje ako možnosť). Toto všetko je systémové okolie reality.

Súcno, jestvujúcno (filoz.) Substantívum od slovesa byť. Súcno je prvok toho, čo je. Existuje neobmedzený počet súcien. Vo filozofii je pojem súcna pojem s výnimočným postavením. Je možné ho priradiť ku každému prvku reality, pritom každý prvok presahuje. Súcno môže byť individuálny prvok alebo komplex prvkov. Súcno je možné na základe ontologickej diferencie k nebytiu. Je najvšeobecnejším pojmom, vzťahuje sa na všetko, čo existuje.

Univerzálie (obecniny) sú na mysli nezávislé entity, ktoré slúžia pre vysvetlenie vzťahov kvalitatívnej identity a podobnosti jednotlivín.