

Webové a agentové technologie

Pavel Burian

- Co jsou agenty a multiagentní systémy
- Návrh a programování multiagentního systému
- Multiagentní systém řídí podnik i technologii
- Distribuovaná inteligence a multiagentní systémy
- Případové studie aplikací multiagentních systémů

Poděkování a podpora

Děkuji své přítelkyni ing. Alexandře Trnkové za pomoc při překreslování obrázků.

Děkuji generálnímu řediteli ing. Milanu Teplému společnosti MADETA a.s. za umožnění spolupráce a získání informací z vybraných technologických i podnikových procesů společnosti MADETA a.s.

Děkuji pracovníkům jihočeské společnosti MADETA a.s. za poskytnutí technických i programových podkladů pro popis chování výrobní linky zakysávaných výrobků.

Tato publikace byla vypracována za podpory programu č. MSM 6046137306 MŠMT ČR, za což děkuji.

Webové a agentové technologie

Pavel Burian

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

Webové a agentové technologie

Ing. Pavel Burian, CSc.

Vydala Grada Publishing, a.s.
U Průhonu 22, 170 00 Praha 7
tel.: +420 234 264 401, fax: +420 234 264 400
www.grada.cz
jako svou 4829. publikaci

Odpovědný redaktor Ing. Pavel Němeček
Sazba a zlom Tomáš Brejcha
Počet stran 384
Vydání 1., 2012

Vytiskla Tiskárna PROTISK, s.r.o., České Budějovice

© Grada Publishing, a.s., 2012
Cover Photo © allphoto.cz

ISBN 978-80-247-4376-9 (tištěná verze)
ISBN 978-80-247-7687-3 (elektronická verze ve formátu PDF)
ISBN 978-80-247-7688-0 (elektronická verze ve formátu EPUB)

Úvod	11
------------	----

1.

Cíle knihy

2.

Základní definice, definice odvozených pojmů a charakteristika vybraných myslitelů

2.1 Informace, Teorie informace, Informační systémy, Analýza systémů, Systémová integrace aj., Nová definice Informačních systémů, Počítání typu „Cloud“, Sociální sítě	17
2.2 Od dat k informacím, od informací ke znalostem (management dat, informací, znalostí), Informační a Kooperativní společnost	23
2.3 Umělá intelligence, Distribuovaná umělá intelligence, Emergence, Konekcionismus	27
2.4 Kybernetika, Nová kybernetika	30
2.5 Indukce, Dedukce, Analýza, Syntéza, Modelování, Teorie aj.	34
2.6 Myšlenky Platona, Racionalismus a jeho představitelé, Empirismus a jeho představitelé, myšlenky I. Kanta z hlediska poznání	37
2.7 Základní a stručná charakteristika multiagentních systémů a metody umělé intelligence v multiagentních systémech	43
2.8 Charakteristika dalších vybraných myslitelů	44

3.

Informační systémy, interakce a algoritmy – Paradigma posunu od algoritmů k interakcím

3.1 Paradigma posunu od algoritmů k interakcím od Turingova stroje k Interakčnímu stroji	55
3.1.1 Interaktivní základy počítání	56
3.1.2 Za on-line algoritmy	58
3.1.3 Co jsou agenty a multiagentní systémy	58
3.1.4 Tvzení (Propositions)	59
3.1.5 Rozšíření klasického Turingova stroje	59
3.2 Od racionalismu k empirismu	60
3.3 Informační systém jako spojení databází a interakcí	62
3.3.1 K základům projektu informačního systému	62
3.3.2 Databáze, informační systémy a jejich uživatelé	62
3.3.3 Využití jazyka UML pro modelování informačních-interaktivních procesů	63
3.3.4 Formální modely databázových a informačních systémů	64
3.3.5 Klasická a Nová definice Informačního systému	65

3.4 Přesnější definice základů matematického modelování interakčních procesů	66
3.4.1 Konečné počítání agenty, definice Turingova stroje, popis Interakčních strojů, Matematiky interaktivního počítání, Interaktivní technologie	66
3.4.2 Modely sekvenčních interakcí	69
3.4.3 Matematiky sekvenčních interakcí	69
3.4.4 Za sekvenčním počítáním	71
3.4.5 Specifikace Interakčních (Interaktivních) systémů	72
3.4.6 Závěrečné úvahy	72

4.

Základní vlastnosti, komunikace, metodologie návrhu, Servisně orientovaná architektura – SOA Multiagentních systémů

4.1 Definice a stručný popis agentů	75
4.2 Komunikace, kooperace, vyjednávání (protokoly a metody), koordinace agentů	79
4.3 Systémové a softwarové inženýrství multiagentních systémů (Metodologie návrhu a vývoje)	86
4.3.1 Metodologie MaSE (Multiagent Systems Engineering)	87
4.3.2 Ontologie a návrh a modelování multiagentních systémů	89
4.3.3 Jadex – Nástroj pro vývoj multiagentních systémů	90
4.3.4 Agenty v systému Jadex identifikované metodologií MaSE	91
4.4 Stručný popis jazyka UML a možnosti jeho rozšíření pro popis multiagentních systémů	92
4.4.1 Stručný popis objektově orientovaných principů a jazyka UML (Unified Modelling Language)	92
4.4.2 Rozdíly mezi objekty a agenty a rozšíření jazyka UML pro agentové systémy	102
4.5 Jazyk Java a možnosti popisu multiagentních systémů	109
4.6 Multiagentní systémy a Servisně orientovaná architektura – SOA	111
4.6.1 Agentové a na služby orientované technologie	111
4.6.2 Agentové metodologie orientované na služby – Servisně orientované metodologie	112
4.6.3 Agentově-založená servisně orientovaná architektura	113
4.6.4 Skládání služeb v souvislosti s architekturou podniku, společnosti orientovaných na služby	115
4.6.5 Závěr – Servisně orientované multiagentní systémy a jejich rozvoj ve spolupráci se SOA a SOC	118

5.

Intelligentní, výrobní, distribuované multiagentní systémy a agentové kolony v řízení, ovládání a optimalizaci průmyslových procesů

5.1 Agentově založené intelligentní výrobní systémy	125
5.2 Standardy pro integrované výrobní systémy	128
5.3 Distribuované výrobní systémy	129

5.4 Systémy MAS a základní programové vybavení automatizačních systémů	132
5.5 Multiagentní systémy a řízení výroby	139
5.5.1 Stručný přehled vlastností Multiagentních systémů	139
5.5.2 Proč používat Multiagentní systémy v řízení podniku, společnosti	139
5.5.3 Systém PABADIS – systém typu MES s distribuovanou inteligencí	140
5.5.4 Přínosy systému PABADIS a typické aplikační oblasti	145
5.6 Agentové kolony při ovládání a optimalizaci průmyslových procesů	146
5.6.1 Rozbor řešení problému	146
5.6.2 Charakteristika vybraných úloh a problémů řešitelných pomocí chování agentových kolon	146
5.6.3 Chování mravenčích kolon a systém shánění potravinových zdrojů s využitím feromonového principu	148
5.6.4 Příklady řešení úloh a ovládání průmyslových procesů založených na chování kolon využívajících feromonového principu	150
5.6.5 Systém shánění potravinových zdrojů včelí kolonou s pomocí kývavého, kmitavého tance (waggle dance) a prozkoumáváním květinových polí	156
5.6.6 Příklad postupu řešení úloh založených na chování včelích kolon s využitím kývavého, kmitavého tance (waggle dance) a shánění (foraging) potravy, prozkoumáváním květinových polí	157
5.6.7 Závěrečné úvahy a příklady použití týkající se algoritmů hmyzích kolon	159
5.6.8 Závěr – Shrnující požadavky a doporučení	160

6.

Podnikové ERP systémy, Webové služby, Multiagentní systémy a prostředí počítání typu „Cloud“

6.1 Definice a analýza vybraných pojmů a vztahů, rozbor řešení problémů	167
6.2 Multiagentní systémy – architektura, koordinace a workflow v ERP systémech	175
6.2.1 Kam směřuje architektura ERP systémů a co znamená koordinace agentů reprezentující komponenty ERP?	175
6.2.2 Jak mohou být vytvářeny a koordinovány agenty z komponent ERP systémů?	176
6.2.3 Workflow a webové služby jako nástroj koordinace pro komponenty a agenty ERP systémů	177
6.2.4 Příklady aplikací	178
6.3 Multiagentní systémy a SCM (Řízení dodavatelských řetězců) ERP systémů	180
6.3.1 Procesy dodavatelského řetězce a model SCOR	181
6.3.2 Základní vlastnosti multiagentních systémů	181
6.3.3 Architektury multiagentních systémů MAS vhodné pro SCM	182
6.3.4 Modelování a průmyslové aplikace MAS pro řízení dodavatelského řetězce SCM	186

6.4 Multiagentní systémy a konkurenceschopnost výrobních a logistických ERP systémů	187
6.4.1 Jaké jsou nejdůležitější procesy v podniku, co může zlepšit konkurenceschopnost a proč používat multiagentní systémy?	187
6.4.2 Multiagentní systémy ve struktuře podnikových procesů	188
6.4.3 Konkrétní příklady použití multiagentních systémů při monitorování a řízení podnikových procesů	189
6.5 Multiagentní systémy pro servisně a na počítání orientovanou architekturu (SOA a SOC) v ERP systémech	192
6.5.1 Agentové a na služby orientované technologie	192
6.5.2 Agentové metodologie orientované na služby – Servisně orientované metodologie	194
6.5.3 Agentově-založená servisně orientovaná architektura	195
6.5.4 Skládání služeb v souvislosti s architekturou podniku, společností orientovaných na služby	197
6.5.5 Závěr – Servisně orientované multiagentní systémy a jejich rozvoj ve spolupráci se SOA a SOC	198
6.6 Počítání typu „Cloud“ a podnikové informační systémy s Multiagentními systémy	199
6.6.1 Počítání typu „cloud“ a služby jako nové příležitosti a výzvy pro podnikové informační technologie a systémy	199
6.6.2 Počítání typu „cloud“, workflow a na Služby orientovaná architektura (SOA)	200
6.6.3 Počítání typu „cloud“ v podnikové i univerzitní oblasti, příklady aplikací	201
6.6.4 Poskytovatelé služeb počítání typu „cloud“	203
6.6.5 Cíle uplatnění multiagentních systémů a počítání typu „Cloud“ v podnikových ERP systémech	204
6.6.6 Koordinace událostmi řízených služeb pro integraci procesů ve „všudypřítomném“ ERP podnikovém prostředí	205
6.6.7 Rekonfigurovatelné výrobní systémy a jejich procesní řízení pomocí Multiagentních systémů v rámci podnikových ERP systémů	206
6.6.8 Metodika použití Multiagentních systémů a ERP podnikových systémů v prostředí počítání typu „Cloud“	208
6.6.9 Závěr pro použití MAS a ERP v prostředí typu „Cloud“	210

7.

Diagnostika chybových stavů typického vsádkového procesu, modely vybraných chemicko-technologických a potravinářských jednotek a diagnostika chybových stavů

7.1 Model typického vsádkového procesu	217
7.2 Definice důležitých chybových (fault) stavů typického vsádkového procesu	219
7.3 Použití modelu a přístupu DMP (Diagnostic Model Procesor) a DMA (Deep Model Algorithm) při diagnostice chybových stavů vsádkových procesů	221

7.4 Modely vybraných chemicko-technologických a potravinářských jednotek procesního průmyslu a diagnostika chybových stavů	228
7.4.1 Charakteristika a rozbor vlastností procesních systémů	228
7.4.2 Stručný popis vybraných chemicko-technologických jednotek z hlediska jejich vnitřních parametrů a z hlediska vlivu okolního prostředí (vstupů a výstupů)	232
7.4.3 Popis vybraných subsystémů, běžně se vyskytujících v chemické a potravinářské technologii a diagnostika chybových stavů	234
7.4.4 Možnost popisu chování standardních, výjimečných, chybových stavů subsystémů, jednotek pomocí neuronových sítí	245
7.4.5 Multiagentní systém jako množina agentů, prostředí a spojení mezi nimi	245
7.4.6 Příklady modelů vybraných chemicko-technologických a potravinářských jednotek, subsystémů procesního průmyslu	246
7.5 Vybrané informace z hlediska požadavků na ovládání chybových, výjimečných stavů (Exceptional Handling) vsádkových procesů	251

8.

Multiagentní systémy, virtuální modelování, projektování, modelování a řízení vsádkových procesů

8.1 Jazyky UML a BatchML pro projekty řízení vsádkových výroby	259
8.1.1 Co znamenají objektově-orientované technologie při projektování, programování a řízení chemických a vsádkových výroby?	260
8.1.2 Jazyk BatchML, UML a standard ANSI/ISA-S88	264
8.1.3 Jazyk B2MML a standard ANSI/ISA-S95	272
8.1.4 Objektové přístupy jako nástroj pružné flexibilní procesní vsádkové výroby a výměny informací s podnikovými systémy	276
8.2 Virtuální monitorování, chování, řízení a projektování vsádkových procesů a systém ControlDraw	278
8.2.1 Virtuální monitorování a řízení vsádkových procesů, statické a dynamické vlastnosti	278
8.2.2 Jaké základní prvky a objekty používáme při vytváření modelů vsádkových procesů?	279
8.2.3 Diagramy vsádkových procesů, statické a dynamické vlastnosti a jejich chování	282
8.2.4 Vytváření a ovládání automatizovaných projektů a dokumentace monitorování a řízení systémů vsádkových procesů	286
8.2.5 Závěrečný souhrn funkcí a vlastností systému ControlDraw v oblasti vsádkových procesů	287
8.3 Zobrazení a stručný popis technol. linky na výrobu jogurtů pomocí dotykového ovl. panelu v systému SYSMAC CS Series	287
8.4 Stavové matice a Stavové diagramy pro vybrané standardní fáze tanku, jednotky T406 Zrácího tanku – un_T406	290
8.5 Multiagentní systémy a řízení vsádkových procesů	296
8.5.1 Vybrané základní vlastnosti a charakteristiky MAS	296
8.5.2 Co znamenají objektově-orientované technologie při projektování, programování a řízení chemických a vsádkových výroby a jak je lze rozšířit pro agentové systémy?	297

8.5.3 Návrh použití multiagentních systémů při řízení vsádkových procesů	298
8.5.4 Závěr pro vsádkové procesy, jejich standardy, řízení a užití MAS	304

9.

Případové studie

9.1 Multiagentní systémy v diagnostice a ovládání vsádkových procesů a laboratorní filmové odparky	310
9.1.1 Úvod	311
9.1.2 Vsádkové systémy, ISA-S88 a základní charakteristika	312
9.1.3 Ovládání chybových, výjimečných stavů (Exception Handling)	313
9.1.4 Jadex – Nástroj pro vývoj multiagentních systémů	316
9.1.5 Případová studie (Case Study) – Agenty v systému Jadex pro diagnostiku a ovládání vsádkových (i kontinuálních) procesů v mlékárenském průmyslu – jihočeské společnosti MADETA a.s.	317
9.1.6 Multiagentní systém pro odparku (MASEva)	322
9.2 Multiagentní systém pro diagnostiku chybových stavů a ovládání zařízení a procesů jogurtového zracího tanku	329
9.2.1 Úvod – Proč používat Multiagentní systémy pro diagnostiku, poruchové stavy a ovládání vsádkových zařízení a procesů?	329
9.2.2 Diagnostika a ovládání chybových, výjimečných stavů (Exceptional Handling) vsádkových zařízení a procesů	331
9.2.3 Popis zracího tanku, technologické linky na výrobu jogurtů a receptury realizované na lince	335
9.2.4 Modelové programové řešení monitorování a diagnostiky chybových stavů vybrané fáze jednotky zracího tanku un_T406.	338
9.3 Portál Oracle pro monitorování a ovládání vybraných průmyslových procesů pomocí jazyků typu XML (Modelová Případová studie pro zrací jogurtový výrobní tank společnosti MADETA a.s.)	344
9.3.1 Úvod – Stavba a struktura portálu	344
9.3.2 Jazyky typu XML	345
9.3.3 Standard OPC pro průmyslovou komunikaci	347
9.3.4 Průmyslové procesy, Tank T406, Portál Oracle, Případová studie	350
9.3.5 Závěr	359

10.

Možné přínosy práce, závěrečné úvahy a doporučení

10.1 Možné přínosy práce v koncepční, metodologické a průmyslové oblasti	363
10.2 Závěrečné úvahy a doporučení	365

Seznam důležitých symbolů, základních pojmů a zkratk	369
Anotace – Souhrn	373
Summary	374
Rejstřík	375

Multiagentní systémy patří mezi poslední generace **inteligentních programových systémů**. Multiagentní systémy se objevují jako odpovídající přistoupení a přiblížení se k současným výzvám, které se objevují v mnoha oblastech. Dvě z charakteristik řešení, objevující se v těchto výzvách, které jsou dosti obtížné, aby jich bylo možné dosáhnout, jsou **provozní spolehlivost (Dependability)** a **pružnost (Resilience)**, oba koncepty ve vztahu k reakcím multiagentních systémů na neočekávané situace, události např. výjimečné (Exceptions) události. Multiagentní systémy by tyto charakteristiky řešení, koncepty byly schopny zvládnout. **Provozní spolehlivost (Dependability)** se obrací ke kvalitám programových systémů v termínech, kategoriích použitelnosti, spolehlivosti, jistoty a bezpečnosti. **Pružnost systému** je schopnost systému dosáhnout svůj cíl (navzdory interním problémům) při „ponoření se“ (immersion) do často **dynamického a nespolehlivého okolního prostředí**.

Mezi důležité vlastnosti multiagentních systémů patří též, že to jsou **otevřené, vzájemně spolupracující** a v **heterogenním prostředí pracující** systémy. **Otevřenost (Openess)** dovoluje agentu vstupovat a opouštět systém dynamicky. **Vzájemná spolupráce (Interoperability)** respektuje existenci společných koordinačních a interakčních mechanismů v souvislosti se zasílanými zprávami mezi agenty. **Heterogenost (Heterogeneity)** znamená, že agent může mít vztah k různé architektuře, programovacím jazykům nebo mechanismům přijímajícím účast v systému, který agentu poskytne předpoklady kompletní vzájemné spolupráce. Tyto vlastnosti jsou důležité v průmyslových programových aplikacích.

Tato publikace si všímá již více jak 2 000 let probíhajících sporů, vzájemného osočování a konfliktů, ale i spolupráce při uplatňování racionalistických a empirických, empiricistních metod poznání reálného světa a následného uplatnění tohoto poznání (vzniklého a vznikajícího z výše uvedených procesů) v informačních, diagnostických a řídicích systémech průmyslových procesů zejména v chemickém, potravinářském a farmaceutickém průmyslu.

Publikace nestrání ani racionalismu ani empirismu, jejich soubor resp. konfrontace resp. koexistence resp. soužití trvá jako paradigma již více jak 2 000 let.

Chce však též ukázat, že algoritmický přístup odpovídající spíše racionalistickému přístupu má svá omezení, a že řadu úloh formulovaných v tzv. **Nové kybernetice, Distribuované umělé inteligenci**, lze řešit pomocí interakcí, často jednodušeji než při algoritmickém přístupu nebo v případě, že úloha je algoritmicky neřešitelná. Interakční přístup přitom odpovídá empiristickému přístupu a je podrobně popsán v kapitole 3.

Kontrast mezi algoritmickými a interaktivními modely je paralelou rozdílu přístupu racionalismu a deduktivního způsobu myšlení vůči empirismu a induktivnímu a koinduktivnímu způsobu myšlení.

Turingův stroj odpovídá Platónovým myšlenkám. Rozšířením od Turingova stroje k Interakčnímu stroji, od procedurově-orientovaných k objektově-orientovaným systémům je výpočetní analogií osvobození od Platónova pohledu na svět, který vede k vývoji empirické vědy. Interakční stroj poskytuje konceptuální model pro softwarové inženýrství, multiagentní systémy a reálný svět, počítačovou architekturu aj. (podrobněji v kapitole 3).

Göddova věta o neúplnosti aritmetiky ukázala trhlinu v racionalistické logice.

„Buď je lidská mysl schopna odpovědět na více otázek z teorie čísel než kterýkoli stroj, anebo existují číselně-teoretické otázky, na které lidská mysl odpovědět nedovede. Ke každému rozhodovacímu programu existuje zodpověditelná otázka, na kterou tento program nedovede odpovědět.“

V podtextu publikace můžeme nacházet někdy sugestivně pokládané otázky typu:

Nadchází soumrak algoritmů?

Zvítězí interakce?

1. | Cíle knihy

Jaké jsou cíle následujících kapitol? Čím se publikace zabývá?

Cíle následujících kapitol jsou zejména:

- Zpřesnit a nově definovat pojem Informační systém v rámci Kybernetiky.
- Ukázat, že informační systém neslouží jen pro informování, ale též pro řízení.
- Ukázat souvislost řešení a poznávání problému z hlediska racionalismu a empirismu ve filosofii a řešení a poznávání problému algoritmickými přístupy a přístupy z oblasti distribuované umělé inteligence (multiagentních systémů) a Nové Kybernetiky.
- Ukázat na Paradigma posunu od algoritmů k interakcím.
- Popsat vlastnosti multiagentních systémů, jejich komunikaci, kooperaci, vyjednávání a popsat jejich aplikace v oblasti monitorování, ovládání a diagnostiky technologických procesů, řízení výroby i v oblasti systémů typu ERP (Enterprise Resource Planning) zejména v procesním průmyslu.
- Popsat metody systémového a softwarového inženýrství – životní cyklus rozsáhlého multiagentního systému a jejich užití, popsat metodologii návrhu multiagentního systému.
- Provést stručný popis objektově orientované technologie a systémů a její využití pro popis multiagentních systémů (rozdíly a společné vlastnosti).
- Popsat a provést rozbor souvislostí Multiagentních systémů a Servisně orientované architektury – SOA.
- Popsat užití Multiagentních systémů a Servisně orientované architektury – SOA při řízení technologických i podnikových procesů s využitím prostředí počítání typu „Cloud“ (Cloud Computing).
- Popsat použití multiagentních systémů v distribuovaných, inteligentních systémech při řízení výroby.
- Popsat použití Agentových kolon při ovládání a optimalizaci průmyslových procesů.
- Popsat a provést rozbor nasazení Multiagentních systémů v podnikových ERP systémech.
- Navrhnout použití Multiagentních systémů pro zvýšení konkurenceschopnosti výrobních a logistických ERP systémů.
- Navrhnout a provést rozbor nasazení Multiagentních systémů pro Servisně a na počítání orientovanou architekturu (SOA a SOC).
- Ukázat možnosti počítání typu „Cloud“ a využití v podnikových ERP systémech.
- Popsat možnost Virtuálního monitorování, chování, řízení a projektování vsádkových procesů.
- Popsat a provést rozbor diagnostiky chybových stavů typického vsádkového procesu, modelů vybraných chemicko-technologických a potravinářských jednotek a diagnostiky chybových stavů.
- Provést rozbor vhodnosti nasazení multiagentních systémů v oblasti vsádkové a polokontinuální chemické a potravinářské výroby.
- Popsat aplikace multiagentního systému v rámci Případových studií v průmyslové oblasti.

Ve druhé kapitole se definují základní pojmy z oblasti Informačních systémů, Kybernetiky, Nové kybernetiky, Distribuované umělé inteligence, Počítání typu „Cloud“, Sociálních sítí, objektově orientovaných a multiagentních systémů aj., ale také jsou uvedeny filosofické směry a názory vybraných myslitelů z hlediska poznání.

Je uvedena základní a stručná charakteristika multiagentních systémů a metod umělé inteligence v multiagentních systémech.

Některé pojmy z oblasti „informační vědy“ se od dob zakladatelských prací N. Wienera a C. Shanona příliš nezměnily. Existuje však jistá krize a vágnost pojmů v oblasti „vědy o informacích“. K odstranění této vágnosti práce přispívá novou definicí informačních systémů. Též jsou charakterizováni vybraní myslitelé ve vztahu k uvedeným pojmům.

Třetí kapitola se zabývá paradigmatem posunu od algoritmů k interakcím, uvádí interaktivní základy počítání, dále se zabývá paradigmatem posunu od Turingova stroje k Interakčnímu stroji a od racionalismu k empirismu. Ukazuje souvislost s řešením problémů ve filosofické a technické oblasti. Často pracně objevené řešení problému v technické oblasti již dříve formuloval filosof, k řešení problému se lze inspirovat ve filosofických směrech nebo řešení problému mohou inspirovat biologické systémy. Jsou uvedeny základy matematicky interaktivního počítání. **Informační systém** je definován jako spojením **interakcí a databází** (včetně nástrojů pro získávání informací a znalostí z databází zejména pomocí umělé inteligence).

Čtvrtá kapitola uvádí stručný popis a návrh multiagentních systémů. Uvádí definice a stručný popis agentů, funkční modely agentových systémů, komunikaci, kooperaci, vyjednávání agentů. Dále se kapitola zabývá problematikou systémového inženýrství multiagentních systémů, metodologiemi návrhu, vývoje a celkového životního cyklu multiagentního systému. Podrobněji popisuje např. metodologii MaSE (Multiagent System Engineering), metodologii založenou na rozšíření jazyka UML (Unified Modelling Language) pro popis multiagentních systémů a stručně popisuje další metodologie životního cyklu multiagentního systému. Též v souvislosti s jazykem Java na něm založené vybrané prostředky pro popis multiagentních systémů (MAS).

Kapitola popisuje metodologie a multiagentní systém Jadex a **popisuje vlastní návrh informačního systému pomocí multiagentního systému**.

V závěru se kapitola zabývá využitím multiagentních systémů a metodologií pro Architekturu orientovanou na služby a počítání (MAS pro SOA a SOC) tj. **Servisně orientovanými multiagentními systémy a jejich rozvojem ve spolupráci se SOA a SOC**.

Pátá kapitola popisuje uplatnění multiagentních systémů v řízení a ovládání procesů chemického a potravinářského průmyslu a jiných oborech. Popisuje agentově založené distribuované inteligentní výrobní systémy, jejich použití v distribuovaných automatizačních systémech (projekt systému PABADIS) i použití v oblasti řízení výroby. Uvádí též základní programové vybavení systémů MAS vhodné pro vytváření automatizačních systémů.

Kapitola též popisuje zásadní koncepční změny v automatizačních a informačních strukturách a technologiích a jejich vliv na strukturu a organizaci automatizačních a informačních systémů.

Například se jedná o:

- Možnost samoorganizace a optimalizace výrobních provozů.
- Rekonfigurovatelnost organizačních struktur, výrobních jednotek, programových systémů.
- Schopnost neustálých strukturálních a technologických změn.
- Užívání technologie „Zasuň a účastni se“ – „Plug and Play“.
- Schopnost spolupráce různých, heterogenních systémů.
- Přechod od procedurově-orientovaného k objektově-orientovanému programování a agentovému programování (od PLC řídicích jednotek po podnikové ERP systémy).
- Možnost řízení nejen systémem top-down (shora-dolů), ale též systémem bottom-up (zdola-nahoru).

Kapitola přináší jako jednu z metod **distribuované umělé inteligence** popis **Uplatnění agentových kolon při ovládání a optimalizaci průmyslových procesů**. Hmyzí roj, včelí kolona, mravenčí kolona pracuje bez potřeby nějakého dohlížení, jejich společná práce je samoorganizující se a koordinace činnosti jednotlivců-agentů vzniká na základě různých interakcí mezi jednotlivci-agenty v koloně a mezi prostředím. Analogie s chováním hmyzích kolon slouží pro řešení problému ob-

chodního cestujícího (Traveling Salesperson Problem), problému rozvrhování úloh na dílně, provozu (Job Shop Scheduling Problem), problémů řízení výroby, problémů z oblasti umělé inteligence. Takovéto chování může být nazváno „inteligencí roje, hejna, kolony“.

Šestá kapitola přináší rozbor vhodnosti uplatnění multiagentních systémů v podnikových systémech typu ERP. Multiagentní systémy se uplatňují v architektuře, koordinaci a workflow ERP systémů, v systémech typu SCM (Řízení dodavatelských řetězců), multiagentní systémy zvyšují konkurenceschopnost výrobních a logistických ERP systémů, multiagentní systémy se uplatňují v Servisně a na počítání orientované architektuře (SOA a SOC). Oblast počítání typu „Cloud“ je uváděna pro podnikové informační systémy s Multiagentními systémy, včetně cílů uplatnění.

Sedmá kapitola uvádí modely vybraných chemicko-technologických a potravinářských jednotek, subsystémů procesního průmyslu a rovnice pro diagnostiku chybových (Fault), výjimečných (Exceptional) stavů těchto jednotek, subsystémů. Na základě tohoto popisu provádí rozbor diagnostiky a ovládání chybových (Fault), výjimečných (Exceptional) stavů průmyslových procesů, zejména vsádkových.

Osmá kapitola je zaměřena na popis aplikace multiagentních systémů v oblasti vsádkových (Batch) popř. kontinuálních procesů s tím, že tyto procesy odpovídají doporučení dle ISA-S88 (ANSI/ISA-S88 Batch Standard, 2002; ANSI/ISA-88.00.02, 2001, Batch Control, Part 2; ANSI/ISA-88.01, 1995, Batch Control, Part 1) a organizace WBF – World Batch Forum) (<http://www.wbf.org>). Kapitola popisuje jazyky UML a BatchML pro projekty řízení vsádkových výrob, dále virtuální monitorování, chování, řízení a projektování vsádkových procesů a systém ControlDraw, následuje zobrazení a stručný popis technologické linky na výrobu jogurtů spol. MADETA a.s. Stavové matice a Stavové diagramy pro vybrané standardní fáze jednotky Zracího tanku jsou uvedeny v rámci technik linky na výrobu jogurtů. Multiagentní systémy a řízení vsádkových procesů je uvedeno jako poslední bod kapitoly. **Popis** je však směřován tak, aby popsany postup, metody, metodologie, implementace, doporučení pro realizaci měly **obecnější platnost** a byly použitelné **v obecnější rovině** v oblasti **Multiagentních systémů pro monitorování, ovládání a diagnostiku průmyslových procesů**.

Devátá kapitola popisuje, uvádí **Případové studie**, zejména v oblasti aplikací Multiagentních systémů v průmyslové oblasti.

Desátá kapitola uvádí **přínosy práce v koncepční, metodologické a průmyslové oblasti**.

2. **Základní definice, definice odvozených pojmů a charakteristika vybraných myslitelů**

Definované pojmy, odvozené pojmy jsou používány v následujících kapitolách. Vybrané pojmy, myslitelé filosofické směry jsou charakterizovány zejména z pohledu toho, čím se práce zejména zabývá, tj. informačními systémy, multiagentními systémy, webovými službami aj.

2.1 Informace, Teorie informace, Informační systémy, Analýza systémů, Systémová integrace aj., Nová definice Informačních systémů, Počítání typu „Cloud“, Sociální sítě

Odstavec je zpracován zejména dle [Burian, 2000], dle [Heylighen, 2001] aj.

Informace (Information)

- 1) Informace je to co redukuje nejistotu (Claude Shannon);
- 2) Informace je to co nás mění (Gregory Bateson).

Doslovně to, co utváří je uvnitř, ale výstižněji: ekvivalent nebo schopnost něčeho provést organizační práci, rozdíl mezi dvěma formami organizace nebo dvěma stavy nejistoty před a poté, co zpráva byla přejata, ale také stupeň, na kterém jedna proměnná systému závisí nebo jímž je omezená. Např. DNA nese genetickou informaci, jelikož organizuje nebo řídí řádný růst živoucího organismu. Zpráva nese informaci, jelikož přenáší něco dosud neznámého. Odpověď na obálku nese informaci v rozsahu, ve kterém zmenšuje nejistotu tazatele. Telefonní linka nese informace, pokud signály posílané mají vztah k přijímaným. Jelikož je informace spojena s jistými změnami, rozdíly nebo závislostmi, je žádoucí odvolávat se na téma a rozlišovat mezi informací skladovanou i nesenou i přednášenou i požadovanou atd. Čistá a neoznačená informace je nejistou abstrakcí. Informační teorie měří množství všech těchto druhů informace v pojmech bitů. Čím větší je nejistota odstraněná zprávou, tím silnější je souvztažnost mezi vstupem a výstupem komunikačního kanálu, čím jsou podrobnější dílčí instrukce, tím více informací je předáváno. Informace je významem znázornění skutečnosti (nebo zprávy) pro příjemce.

Proměnná (Variable)

Proměnná – měřitelná veličina, která má za všech podmínek konečnou číselnou hodnotu. Je-li pochybnost zda může být připuštěna jako proměnná, použijte kritérium, zda může být představena ukazatelem na stupnici. Tlak, síla, elektrický potenciál, objem, hmotnost, viskozita, populace, národní příjem na hlavu a čas samotný – jako několik málo příkladů mohou být číselně specifikovány a zaznamenány na stupnici. Eddingtonovo tvrzení o tom je explicitní: „Celá podstata exaktní vědy

spočívá ve čtení ukazatelů a pravdivých indikací. Říkáme-li že provozujeme nějakou veličinu, skutečný postup končí téměř vždy u odečtení ukazatelů nějakého indikátoru na dělené stupnici nebo jejím ekvivalentu.“

Informační technologie (Information technology)

Informační technologie (IT) se zabývá zpracováním, skladováním a přenášením informací. To zahrnuje zvláště počítačovou technologii a různé komunikační technologie (elektronické, rádiové, optické atd.).

Informační systém (Information System) – Klasická definice

Systém funkcí týkající se získávání a přenosu informací, jejichž nositeli mohou být biologické, osobní, sociální nebo technické jednotky. Informační systém se zaměřuje na určitý druh informací (předmět – téma), i když tento může být velmi široký. Jeho účelem je vždy poskytování informací uživateli nebo skupině uživatelů. Ve většině případů je zařízení pro uskladňování (databáze) součástí informačního systému.

Informační prostředí (Information Environment)

Zprávy, symboly, významy, které si osoba průběžně sděluje konverzací s ostatními osobami a prostřednictvím medií. Lidé obývající téměř stejné fyzické prostředí mohou žít ve velmi odlišných informačních prostředích. Příkladem mohou být lidé pracující na univerzitách nebo v mezinárodních organizacích.

Teorie informace (Information Theory) – Klasická definice

Informační teorie (nebo statistická komunikační teorie) variační počet, variabilita a variace původně objevená Shannonem k odlišení šumu od signálů nesoucích informací, nyní používané ke sledování toku informací ve složitých systémech, k rozložení systému na nezávislé pod systémy, k vyhodnocení účinnosti komunikačních kanálů a různých komunikačních kódů a k porovnání potřeby informací s kapacitami existujících informačních procesorů atd. Základní veličina, kterou tento počet analyzuje (viz analýza) je celkové množství statistické entropie kterou obsahují data v pozorovaném systému. Počet poskytuje algebru pro dekompozici, a tím kalkulaci této entropie v řadě postupů. Např. množství entropie v pozorovaném systému se rovná entropii ve všech jeho oddělených částech minus množství informací přenášených uvnitř systému. Tato poslední veličina je množství entropie v systému nevysvětlitelné z jeho částí a je výrazem pro komunikaci mezi těmito částmi. Tento vzorec je dalším příkladem kybernetické analýzy systému, podle které každý celý systém je posuzován nebo definován v termínech soustavy, složek a jejich organizace. Celkové množství informace přenášené v kvantitativním analogu sem a tam možno uvažovat jako míru systémové struktury. Informační teorie poskytuje četné teoremy a algebraické identity, kterými lze pozorované systémy popsat, např. zákon požadované variety, Desátý teorém informační teorie.

Desátý teorém informační teorie (Tenth Theorem)

„Připojením korekčního kanálu“ s kapacitou rovnou nebo převyšující množství šumu v kanálu původním je možné zakódovat korekční data posílaná tímto kanálem tak, že všechny, až na přípustně malý zlomek chyb přispívajících k šumu budou opraveny. To není možné, pokud je „kapacita korekčního kanálu menší než šum“. Tento teorém je isomorfní zákonu žádoucí rozdílnosti.

Entropie (Entropy)

Nedostupná energie nebo molekulární neuspořádanost. Entropie je na maximu, jsou-li všechny molekuly plynu na stejné energetické úrovni. Entropie nesmí být zaměňována s nejistotou. Nejistota je na minimu, jsou-li všechny částice stejné kategorie (viz statistická entropie, termodynamická entropie). Podobnost mezi dvěma typy entropie je pouze formální v tom, že oba jsou vyjádřeny jako logaritmy pravděpodobnosti. Termodynamická entropie $S = K \cdot \log W$ je funkcí rozptýlu W

tepla, kde K je Boltzmannova konstanta. Statistická entropie události a je $H_a = -K \log p_a$, kde p_a je statistická pravděpodobnost a K je dohodou nastaveno tak, aby logaritmus byl dvojkový. Záporné znaménko dalo vyniknout pojmu negentropie (naturální entropie viz znečištění, sociální entropie).

Neurčitost (Uncertainty)

Je měřítkem rozmanitosti, takže neurčitost H je nulová, jsou-li všechny částice ve stejné kategorii. H roste počtem kategorií a jejich stejnou nepravděpodobností. Neurčitost vyplývající ze dvou nebo více souborů kategorií je součtem neurčitostí těchto souborů kategorií počítaných nezávisle. $H = -\sum p_i \log p_i$ kde p_i je pravděpodobnost že částice je v kategorii i . Jelikož jsou kategorie specifikovány pozorovatelem, mohou být neurčitosti systému různé z hlediska různých pozorovatelů. Vzhledem k nešťastnému užití terminologie v diskusi o systémové analýze má slovo „neurčitost“ jak přesný technický význam, tak i volné, přirozené vyjádření o události nebo situaci, která není jistá.

V teorii rozhodování a statistice se rozlišuje přesně mezi situací s rizikem a s jistotou. Existuje i nekontrolovatelná nevhodná událost i v obou těchto situacích.

Rozdíl je v tom, že rizikové situace docházejí k nekontrolovatelné události se známým rozložením pravděpodobnosti, zatímco v nejisté situaci je rozdělení pravděpodobnosti neznámé. (IIASA).

(Průměrný) počet lineárních rozhodnutí které musí rozhodovatel učinit, aby vybral jednu ze souboru vzájemně se vylučujících alternativ, míra pozorovatelovy neznalosti nebo nedostatek informací. Jelikož jsou kategorie, v nichž jsou události pozorovány, vždy určeny pozorovatelem, zdůrazňuje pojem nejistoty poznávací rozměr informačních procesů, specificky ve formě měřítek rozmanitosti (variety) statistické entropie včetně šumu a nejednoznačnosti.

Počet (Calculus)

Systém pravidel pro zacházení se znaky jako v logickém nebo diferenciálním počtu. Jsou-li znaky SYMBOLY, poskytuje počet základnu pro analýzu toho, co představují symboly společně a samostatně. Informační teorie je počet pro analýzu množství entropie v provozovaném systému podle různých množství informace vyměňovaných uvnitř systému.

Teorie logických typů

Teorie nazývaná B. Russellem, která vylučuje sebe-referenci, aby se zabránilo výskytu antinomií a paradoxů v logice. Tvrdí, že třída je vyššího logického typu než její členové, a jelikož logické typy se nesmějí zaměřovat, jediná třída nesmí obsahovat sebe jako člena. Např. zákon vyloučeného středu, který stanoví, že tvrzení mohou být buď pravdivá, nebo chybná, je tvrzením, a musí proto být buď pravdivé, nebo chybné. Ale protože může být jenom pravdivé, (jinak by nebyl zákonem) porušuje své vlastní tvrzení. Russellovo řešení je takové, že zákon je tvrzením o tvrzení, a nesmí být zaměřován s tvrzením, ke kterému se vztahuje. Podle této teorie není sebe-referující tvrzení ani pravdivé ani chybné ale bezvýznamné.

Teorie byla významná v lingvistice při rozeznávání důležitosti logických stejně jako gramatických omezení kombinací slov. Poskytla podporu útokům na logický pozitivismus, zvláště na jeho ověřovací zásady a podnítila pátrání v logických patologiích, které vznikají ve zmatení mezi logickými typy, tj. obsahem a vztahovými aspekty komunikací. Vyloučením sebe-referencí zpomalila ovšem teorie logických typů teoretický vývoj, zejména teorie poznání v oblastech, kde sebe-reference převažuje. Se zaměřením na cirkularitu (kruhovitost) kybernetika tuto teorii překročila a zásadně vyřešila problém sebe-referencí.

Varieta (Rozmanitost) (Variety)

Ve vztahu k souboru rozlišných částí buď (1) počet rozlišných částí nebo (2) dvojkový logaritmus tohoto počtu podle kontextu, ze kterého je smysl patrný. Je-li varieta měřena v logaritmické formě, její jednotka je bit „zkratkou Binary digit“.

Množství výstupů systému je omezeno varietou uvnitř systému, anebo varietou vstupu do systému. Počet možných alternativních komunikací mezi dvěma systémy je omezen tím systémem, který má méně výstupních alternativ, anebo méně vstupních alternativ.

Je to alternativní vlastnost souborů, nebo proměnné označující počet vzájemně se vylučujících alternativ v nich dostupných. Varieta může být vyjádřena buď prostým počtem odlišných částí (viz stupeň volnosti) nebo dvojkovým logaritmem téhož.

Zákon žádoucí rozdílnosti (Law of Requisite Variety)

(1) Množství správného výběru, který možno provést je omezeno množstvím dostupné informace.

(2) Pro správnou regulaci musí být varieta v regulátoru rovna nebo větší, než je varieta regulovaného systému. Nebo, čím větší je varieta uvnitř systému, tím větší je schopnost redukovat varietu v jeho prostředí prostřednictvím regulace. Pouze varieta (v regulátoru) může rozbít varietu (v regulovaném systému). Zákon formuloval Ross Ashby.

Jeho dvě interpretace zní: (1) množství správného výběru, který možno provést je omezeno množstvím dostupné informace. Více informací může přijít nazmar, ale méně informací vyústí ve svévolná rozhodnutí (2) omezení variety v systému se vstupem vyžaduje, aby regulátor systému měl přinejmenším tolik dostupné variety jako má varieta rušící systém svými vstupy.

Zákon požadované identity modelu s regulátorem je obecnější versí zákona žádoucí rozdílnosti-variety.

Analýza systémů (Systems Analysis)

Tento pojem má mnoho různých významů. Ve smyslu zde přijatém je analýza systémů explicitní formální postup ustavený tak, aby pomohl (někomu označenému jako rozhodovatel) určit lepší postup činnosti nebo měnit rozhodnutí lepší, než by mohl učinit jinak. Charakteristickým příznakem problémové situace, ke které je analýza systémů povolována je složitost věcí a nejistota výsledku kteréhokoli postupu, který může být rozumně zvolen. Analýza systémů obvykle užívá kombinace něčeho z postupů: identifikace a neidentifikace záměrů, omezení a alternativních postupů činnosti, zkoumání možných následků alternativ v pojmech nákladů, výhod a rizik, prezentaci výsledků ve srovnávacím rámci tak, že rozhodovatel může provést informovanou volbou mezi alternativami. Typickým užitím analýzy systémů je pomoc v rozhodování o věcech, jako jsou národní a podnikové plány a programy, použití zdrojů, ochránářská politika, výzkumu a vývoj v technologii, oblastní a městský vývoj, systémy vzdělávání a zdravotnické a sociální služby. Povaha těchto problémů vyžaduje jednoznačně interdisciplinární přístup. Pro některé specifické druhy zaměření analýz systémů jsou užívány zvláštní pojmy: systémové analýzy vztahené na veřejné rozhodování jsou často označovány jako politické analýzy (ve Spojených státech jsou tyto pojmy užívány záměrně). Systémové analýzy, které se soustřeďují na srovnání a vymezování alternativ na základě poznatých charakteristik, jsou označovány jako rozhodovací analýza. Ta část nebo hledisko analýzy systémů, která se soustřeďuje na nalezení toho, zda zamýšlený postup ohrožuje nějaká omezení, je označována jako analýza proveditelnosti. Analýza systému, ve kterém jsou alternativy řazeny v pojmech efektivnosti plných nákladů nebo v pojmech nákladů na stejnou efektivitu je pojmenována jako cenově-efektivní analýza. Cenově-užitkovou je nazývána studie, kde pro každou alternativu je časový průběh nákladů a časový průběhů zisků (obojí v peněžních jednotkách) odečítán k získání současných hodnot. Srovnání a řazení se provádí v pojmech čistého zisku (zisk minus náklady nebo poměr zisku k nákladům). V analýze rizikového zisku jsou náklady (v peněžních jednotkách) přiřazovány ke každému riziku tak, aby bylo možno provést srovnání diskontovaného součtu těchto nákladů (a rovněž ostatních nákladů) s diskontovaným součtem zisků, které jsou predikovány jako výsledek vyhodnocování. Jako riziko jsou obvykle uvažovány události, jejichž pravděpodobnost výskytu je nízká, ale jejichž následky by byly významné (např. události jako je zemětřesení nebo výbuch zařízení). Viz operační výzkum (IIASA). Formulace diagnózy a řešení problémů které vyvstávají ze složitých forem instrukce v systémech od hardware ke společnosti, které jsou nebo byly zahájeny k uskutečnění jednoho nebo více zvláštních cílů. Analýza systémů poskytuje řadu analytických ná-

strojů, poskytovaných metod a vyhodnocovacích technik pomáhajících měnit rozhodnutí týkající se takových systémů.

Systémové inženýrství (System Engineering)

Systematická aplikace inženýrství k řešení ucelených problémů v jejich plném prostředí systematickým shromažďováním a nastavením částí do kontextu celoživotního použití systému.

Systémová integrace

Systémová integrace dnes věcně především zahrnuje:

Ve **strategické rovině** propojení podnikatelských záměrů do informační strategie, v **projektové rovině** vytvoření konzistentní architektury a navržení procesů informačního systému, v **řídící rovině** optimalizaci organizace a řízení dodávek komponent informačního systému od všech subdodavatelů včetně samotného zákazníka, v **technicko-technologické rovině** propojování hardware a software do komplexního funkčního celku.

V rámci Systémové integrace též probíhá:

Souboj komplexních řešení a komponentních řešení

Principiálně se jedná o propojování různých komponent většinou od různých dodavatelů do integrovaných řešení, nebo o integrované víceméně komplexní řešení od jednoho dodavatele. Komponentový přístup je veden snahou propojit nejlepší komponenty na trhu. Druhým rozumným důvodem pro uplatnění komponentového přístupu bývá zachování stávajících komponent a jejich postupná obměna. Integrace hardwarových komponent od různých dodavatelů je již vyřešena, v oblasti software však stále zbývá co řešit. Současný middleware stále ještě neumožňuje bezešvou integraci provázaných procesů různých aplikací. Oproti tomu plně integrovaná řešení od jednoho výrobce nebo aliance partnerů umožňují integraci na úrovni metadat uvnitř systému. Ukazuje se, že právě metadata jsou důležitým informačním zdrojem při posunu myšlení směrem k většímu důrazu na informace obsažené v informačních systémech než na použité technologie. Zdá se, že souboj integrovaných a komponentových řešení se začíná přenášet na pole datových skladů (data warehouse) a navazujících manažerských informačních systémů (MIS, EIS). Doplněním manažerských modulů do rozsáhlých balíků a zajištěním jejich přístupu k metadatům z jiných modulů téhož systému se integrovaná řešení od jednoho dodavatele posouvají do oblasti tradičně patřící dodavatelům speciálních technologií nazývaných dnes znalostní technologie. Lze očekávat rychlý nárůst významu integrace znalostních technologií do stávajících ERP systémů.

A dále:

Souboj centralizovaných a distribuovaných řešení

S rozvojem komunikační infrastruktury a rovněž s rozvojem Web technologií se stává opět velmi aktuální otázka centralizace či distribuce informačního systému. U geograficky rozprostřených společností či u skupin majetkově provázaných společností je dnes dobře možné postavit jejich informační systém tak, že aplikační a datové servery nebudou umístěny v jednotlivých organizacích, ale několik z nich popřípadě všechny budou využívat jednu skupinu serverů spravovanou z jednoho fyzického místa. Centralizovaná správa totiž přináší řadu zejména personálních výhod. Propracovaná distribuovaná řešení založená na replikacích dat dnes ztrácejí svůj základní smysl, tj. řešit propustnost komunikačních tras.

Nová definice informačních systémů

Informační systémy jsou komplexní systémy, jejichž působením jsou vytvářeny a vznikají interakce, které jsou prováděny samy o sobě (itself) a se svým prostředím. Momentka, snímek systému zachycuje jeho statické aspekty, takové jako databázové schéma, jeho obsah, okamžitou interakční historii. Některé z těchto aspektů jsou fixní pro daný systém, zatímco jiné se mění, vyvíjí v čase.

Systémový snímek nějakého bodu v čase poskytuje informaci o systémovém stavu. Dynamika systému není zachycena „snímkovým“ modelem, který zachycuje pouze jeho statické aspekty. Dynamiky jsou procesy, které ovládají systémový stav. Pro programové systémy takové jako informační systémy, dynamiky mohou buď být algoritmické, sekvenční interakce nebo souběžné interakce. Tyto dynamiky jsou reprezentovány **Turingovým strojem** a **Interakčními stroji**, jejichž definice jsou uvedeny v kapitole 3.

Databáze (DB) se v základech týká ovládání statických aspektů systému. Zatímco databázové výpočty, počítání mohou být modelovány algoritmy nebo Turingovými stroji, podchycení dynamiky IS (informačního systému) vyžaduje expresivnější interaktivní modely počítání, které lze modelovat Interakčními stroji.

Modelování nějakého systému za účelem projektování IS obvykle zahrnuje koncepční modelování aktérů systému, jeho uživatelů a ontologické popisy struktury a chování systému. Uživatelé interagují se systémem, který je organizovaný podle svých ontologických popisů k využití služeb, které poskytuje.

Obraz **informačního systému** může být v souhrnu definován jako: **IS = DB + interakce**. To znamená, informační systém vzniká spojením interakcí a databází (včetně nástrojů pro získávání informací a znalostí z databází zejména pomocí prostředků umělé inteligence).

Počítání typu „Cloud“

Počítání typu „cloud“ je dalším přirozeným krokem ve vývoji, v evoluci služeb a produktů týkajících se informačních technologií, systémů na vyžádání (on-demand). Jedná se o jistý „počítačový styl“, ve kterém odpovídající kapacity informačních technologií jsou poskytovány jako služby umožňující uživatelům přístup k těmto službám, technologiím prostřednictvím sítě Internet, bez nutnosti expertních znalostí a řízení technologické infrastruktury, která podporuje tyto služby.

Pošta typu e-mail je pravděpodobně první službou typu „cloud“. Existuje jistý posun v oblasti počítačového průmyslu týkajícího se poskytování platformy jako služby (Platform as a Service – PaaS) a programového vybavení jako služby (Software as a Service – SaaS) pro uživatele a podniky, společnosti v přístupu na vyžádání (on-Demand) bez ohledu na čas (nezávisle v čase) a lokalitu.

Hostování (hosting) služeb a počítání typu „cloud“ je stále populárnější a je mu předpovídána světlá budoucnost. Proč tomu tak je? Mezi hlavní důvody patří fakt, že služby typu „cloud“ jsou schopny uspokojit potřeby jednotlivců, malých firem i nadnárodních korporací za rozumnou cenu. Chce-li zákazník hostovat webovou aplikaci nebo případně hledá vhodné úložiště obrázků pro svou webovou galerii, pak služby typu „cloud“ jsou velice dobrým řešením z pohledu výkonu i ceny. Zákazník totiž platí pouze za to, co skutečně spotřebuje.

Počítání typu „cloud“ je paradigma, které se soustřeďuje na sdílení dat a počítání nad odstupňovanou, měřitelnou sítí uzlů. Příklady takových uzlů zahrnují počítače koncových uživatelů, datová centra, Webové služby. Takové uzly sítě označujeme termínem mrak – „cloud“. Mrak – „cloud“ je vlastně metaforou pro síť typu internet a je abstrakcí pro komplexní infrastrukturu, která se „skrývá“. Hlavní myšlenka užití takovéto existující infrastruktury je přinést všechny vykonatelné služby do mraku – „cloud“, označující výše uvedené a vytvářející schopnost přístupu těchto služeb bez ohledu na čas a lokalitu, umístění.

Jestliže např. vytváříme „excelovskou“ aplikaci v rámci systému – služby Docs Google (Aplikace typu Microsoft Office, vytvářená prostřednictvím internetového prohlížeče.), většina programových komponent sídlí na „neviditelných“ počítačích rozptýlených v rámci sítě internet popř. i na různých kontinentech.

Sociální síť

Sociální síť lze definovat jako skupinu sociálních vztahů mezi aktéry, které je vzájemně propojují. Analýza sociálních sítí se zabývá zkoumáním a popisem vztahů mezi uzly (reprezentující jedince, týmy, organizace a zdroje informací) pomocí map (sociogramů). Sociogram znázorňuje formální vztahy a jejich strukturu. Ke znázornění těchto relevantních vazeb mezi uzly se užívá hran (většinou

mají formu přímky nebo křivky). Jacob Levy Moreno sledoval interakce uvnitř malých sociálních skupin a při své práci začal využívat systém záznamů komunikace a interakce. Zároveň jako jeden z prvních využívá grafické znázornění sociálních sítí a vytváří sociogram.

Mapování struktury sociálních a znalostních skupin užívá řady sociologických ukazatelů. Jejich prostřednictvím lze popsat situaci ve zkoumané skupině nebo týmu a vyhodnocením dospět k závěrům a doporučením vhodných změn. Tato doporučení mohou směřovat například ke zlepšení výkonnosti skupiny, stejně jako mohou být zaměřena na zvýšení míry odolnosti skupiny jako celku vůči stresovým zátěžím a zlepšení schopnosti adaptace na změny v okolním prostředí [Měsíček, 2011]. Cílem projektu Sociální síť informatiků v regionech ČR1 (SoSIReČR) je podpora komunikace a spolupráce mezi ICT profesionály, univerzitami, firmami i veřejným sektorem v ČR. Projekt je zaměřen na vybudování sociální sítě (ve smyslu sociálního webu) informatiků ve všech regionech ČR jako základny pro partnerství různých typů. Cílem je zvýšení konkurenceschopnosti ČR v oblasti informatiky, zlepšení postavení ICT v ČR a její přínos společnosti. Projekt je hrazen z rozpočtu Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky.

Sociální síť informatiků ČR je podporován webovým portálem. Jeho hlavní přínos vidíme v těchto oblastech [Vojtáš, 2011]:

Usnadnění komunikace mezi informatiky v regionech i s dalšími subjekty z oblasti vzdělávání a výzkumu, hospodářské sféry a státní správy prostřednictvím globálního fóra a dalších, specifických diskusních fór resp. jejich tematicky zaměřených vláken pro centralizovanou diskusi naléhavých témat v oblasti informatiky, jako jsou např. studijní plány, financování výzkumu apod.

Zpřístupnění velkého množství informací, materiálů a odkazů týkajících se informatiky a informatiků.

Navazování a rozvíjení spolupráce, vytváření pracovních či zájmových skupin, vyhledávání vhodných entit (lidí, institucí, výzkumných týmů, či firem).

Zprostředkování nabídky a poptávky pracovních příležitostí.

Na projektu participuje několik organizací. Katedra softwarového inženýrství MFF UK, též koordinátor projektu, se věnuje zejména analýze uživatelských požadavků, konceptuálnímu návrhu systému, komunikace s regionálními koordinátory. Katedra kybernetiky FEL ČVUT zodpovídá za vývoj a technickou realizaci portálu. Problematické informatického výzkumu a vývoje v duchu cíle Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost „zlepšením podmínek výzkumu přispět k rozvoji vzdělanostní společnosti a následně konkurenceschopnosti České republiky“ se v rámci projektu věnuje Ústav informatiky AV ČR, v.v.i. (dále ÚI). Na Katedře informačních technologií FIS VŠE se zabývají zejména průzkumem znalostí ICT a požadavků na ně ve vztahu VŠ a praxe.

2.2 Od dat k informacím, od informací ke znalostem (management dat, informací, znalostí), Informační a Kooperativní společnost

Odstavec je zpracován zejména dle [Burian, 2000] a dle [Hujňák, 2001].

Management dat

Management dat se koncentruje na zvládnutí ukládání a výběru dat, rychlost předávání dat a na účinnost zpracování dat. Tento úkol je plněn provozně-transakčními systémy podporující zpracování dat typicky v ekonomické oblasti, obchodní činnosti a ve výrobě.

Úroveň managementu dat dosáhla u nás již většina organizací. O rozvoj informačního systému se starají počítačová profesionálové, technologicky vzdělaní odborníci, jejichž cílem je zajistit v organizaci aplikace informačních technologií. Uživatelé informačního systému stanovují požadované funkce a procesy informačního systému na základě analogie s činností jim přidělenou v rámci organizační struktury.

Organizace zařazují útvar informatiky pod vrcholového člena vedení společnosti, který „nejlépe“ z členů vedení rozumí informačním technologiím. Zařazení se často mění podle toho, kdo má z vr-

cholového vedení momentálně nejbližší k informatice. Jiný ještě častější způsob zařazení útvaru informatiky souvisí s neustálými inovacemi informačního systému vlivem rychlého morálního zastarávání technologií. Protože inovace mají velmi často charakter rozsáhlých investic do informačních technologií, zdá se být logické zařadit útvar informatiky jako na nezbytné náklady na provoz organizace. Vedení společnosti zastává názor, že pokud informační systém funguje správně, není potřeba se jím na jejich úrovni zabývat. Vrcholové vedoucí pracovníci rovněž nejsou uživateli informačního systému, protože jim v podstatě nic kvalitně nového nenabízí.

Vrcholové pracovníci nemají definovány požadavky na rozvoj informačního systému. Stejně tak útvar informatiky nemá vypracovanou informační strategii a usiluje o zavádění těch nových informačních technologií, se kterými jsou jeho pracovníci nějak seznámeni, popř. se objevují v jejich okolí. Oprávněnost tohoto přístupu k informatice bývá nezdůvodnitelně počištěna počítačovou profesionalitou odborníků, kteří často stojí mimo možnosti kritiky ostatních v informačních technologiích málo vzdělaných manažerů.

Management informací

Management informací představuje posun od technologického pojetí informačního systému k pojetí informačnímu. Poukazuje na nezbytnost přeměny dat do informací použitím analýz. Analýzy jsou prováděny pomocí analytických systémů, které akumulují množství údajů, prezentují jejich vazby a vytvářejí odvozené informace. Data jsou získávána převážně z podnikových provozně-transakčních systémů.

Hledání technologií pro podporu rozhodování a řízení dalo vznik datových velkoskladům (data warehouse). Cílem je dostat jeden pohled na velké množství dat uložených v podnikových databázích v různých formátech. Vychází se z toho, že systém dat a informací organizace je využitelný nejen pro automatizaci úloh, ale rovněž pro podporu rozhodování a řízení, tedy pro poskytování manažerských informací. Skutečným přínosem datových velkoskladů je bezesporu podpora procesu rozhodování. Jakmile však organizace vytvoří velkosklad s vyčištěnými a konzistentními daty z řady zdrojů, zjistí, že není dosažen hmatatelný přínos, dokud nejsou data přetvořena aplikacemi do podnikatelsky hodnotných informací, které by bez využití analytického systému nebyly přístupny. Takové aplikace se nazývají analytické systémy a mají řadu jmen jako DSS, EIS, MIS anebo BIS (Business Intelligence System). Analytické systémy podporují strategické rozhodovací procesy na rozdíl od operativních systémů, které generují a udržují primární data vytvořená provozně-transakčními systémy.

Na úrovni managementu informací se již většinou setkáváme s existencí informační strategie, nicméně bývá pojata spíše technicky jako výčet používaných informačních a komunikačních technologií podniku. Řada informačních manažerů přebírá praktiky z managementu dat a projektuje a nasazuje manažerské informační systémy tak, že vychází z technologického pojetí těchto systémů a data jsou do systému dávána bez strategické analýzy jejich informačního obsahu. Samotné analytické systémy bývají nezdůvodnitelně zaváděny zdola nahoru, to znamená, že se nasadí technologie a očekává se postupné vytváření informačních potřeb uživatelů. Na úrovni zapojení uživatelů pak záleží, jak kvalitní informační zdroje budou v jejich oblasti vytvořeny. Pak je samozřejmě otázkou, zda přítomnost analytických nástrojů a datových velkoskladů opravňuje hovořit o dosažené úrovni managementu informací.

Management informačních procesů

Manažerská práce je obecně založena na zvládnutí informačních procesů. Myslí se tím schopnost vybírat data, zpracovávat je, transformovat data na informace, zasazovat informace do kontextu a rozhodovat na základě informací. Stejně tak podnikové procesy, jako sledy činností probíhající v čase, jsou v informačním systému uchovány jako záznamy o těchto činnostech. Záznamy o činnostech mohou být uloženy v datovém skladu a analyticky zpracovány, nicméně to dosud neznamená, že proaktivně řídíme procesy zaměřené na získávání a účelnou distribuci informací. Cílem managementu informačních procesů je definovat procesy zaměřené na práci s informacemi tak,

aby podporovaly, popř. umožňovaly dosahování strategických podnikatelských cílů a tyto procesy vzniku, předávání, výměny, úprav a kompletace informací pak podporovat informačními technologiemi.

Dalším rysem managementu informačních procesů je načasování dodávky informací a zvládání obrovského informačního prostoru. Jestliže pro analytické systémy je klíčovou otázkou přístup k informacím a jejich dostupnost, je problémem managementu informačních procesů vědět, jaké informace potřebujeme a kdy je dodat. Rozlišuje se mezi tím, že „víme, že nevíme“ nebo že „nevíme, že nevíme“ apod. V rámci managementu informačních procesů dochází k řízené distribuci informací. Nestačí informace jenom mít a zpřístupnit, ale je třeba zajistit jejich individualizovanou řízenou distribuci dle informačního obsahu. Všechny informace zpracované pro určitou oblast budou v rámci informačních procesů cíleně zasílány na odpovědné pracovníky společnosti, úroveň jejich informačního zázemí pro rozhodování a řízení nebude vycházet jen z jejich vlastních informačních zdrojů, ale bude systematicky naplňována informacemi zvenčí.

Z hlediska informačního systému dojde v rámci managementu informačních procesů k vytváření tzv. kooperativních informačních systémů. Kooperativní informační systémy budou vytvářeny jako virtuální systémy navazujících podnikových informačních systémů partnerů kooperujících na globální komunikační infrastruktuře. Kooperativní informační systémy budou postaveny na stejných technologických principech jako samotná globální infrastruktura. Dnešní základy kooperativních informačních systémů jsou vedeny nikoli principem obchodování s informacemi, ale principem obchodní komunikace. Typickým příkladem je užití EDI (Electronic Data Interchange) mezi kooperujícími partnery v obchodních a výrobně-logistických řetězcích. Nicméně, dnes není většina manažerů firem připravena platit za dodávku informací šitých na míru.

Management znalostí

Je rozdílné pracovat s informacemi a znalostmi. Informace odstraňuje míru neurčitosti u příjemce, říká mu něco, co neznal. Je lehce přenositelná pomocí technologie na jiného příjemce. Znalost je mnohem nesnadněji přenositelná na jiného příjemce. Vzniká zasazením množství informací do kontextu, čímž se odemyká kontextuální hodnota informací.

Management znalostí začíná identifikací zdrojů informací a znovupoužitelných znalostí, které mají hodnotu pro plnění strategických podnikatelských cílů organizace. Zdroje znalostí se nacházejí uvnitř organizací i vně organizací. Dnes typicky existují zdroje informací u kooperujících partnerů, na WWW a u tradičních mediálních společností poskytujících nepřetříděné toky mediálních dat nebo cílené informace. Druhým krokem managementu znalostí je vytvoření plánu pro užití identifikovaných zdrojů informací a znalostí. Plán by měl obsahovat definici prostředí, v jehož kontextu budou znalosti aplikovány. Dále musí být definováno, na jaké problémy budou znalosti použity. Znalosti jsou pak průběžně vytvářeny a uchovány v informačním systému podniku. Kontinuálně rovněž dochází i v využitých znalostech ke zpětné vazbě, čímž se znalost obohacuje o další zkušenosti. Často se v této souvislosti mluví též o „učící se“ organizaci a o tom, že výše popsany proces správy znalostí tvoří inteligenci organizace.

Podpora procesu správy a sdílení znalostí se stane součástí informačních systémů. Klíčové aplikace budou obsahovat metody podpory přeměny informací do znalostí a budou se orientovat na strategickou analýzu a plánování. Znalostní manažeři budou hrát stěžejní roli ve společnosti a budou členy nejužších vedení firem. Konkurenceschopnost bude profilována schopností akumulace znalostí ve společnostech a jejich kooperací s jinými společnostmi v rámci zhodnocené kooperativní sítě. Kooperativní informační systémy budou vytvářeny jako virtuální systémy navazujících podnikových informačních systémů partnerů kooperujících na globální komunikační infrastruktuře. Cílem kooperace bude vytvořit síť s přidanou hodnotou danou sdílením informací a znalostí. Síť lze zhodnotit službami vycházejícími z kooperace jejich uživatelů a ze schopnosti řídit nejen přesun informací v místě a čase, ale i ze schopnosti řídit znalosti, které lze z kontextu informací na síti získat. Vzniknou aliance partnerů kooperujících na síti. Konkurenceschopnost organizace pak bude záležet méně na přímé (např. výrobní) produktivitě a více na správném využívání informací z okolí organizace a na

schopnosti adaptace k rychle se měnícímu trhu, podmínkám, příležitostem a hrozbám. Znalosti budou vedeny skrz kooperativní informační systém.

Informační a kooperativní společnost

Éra informační společnosti a síťová éra

Výsledkem současné éry Informační a komunikační technologie ICT (Information and Communication Technology) bude vytvoření celosvětové virtuální sítě. Podnikové informační systémy a systémy dalších subjektů budou na této infrastruktuře vytvářet kooperativní sítě, jejichž cílem bude získávat přidanou hodnotu na základě spolupráce a sdílení informací. Informace sehraji a již sehraji klíčovou roli pro rozvoj informačních systémů, a to jak na podnikové úrovni a úrovni dalších subjektů, kde roste role analytických systémů (systém pro podporu rozhodování), tak na národní makroekonomické úrovni.

Technologická revoluce je umožněna zdánlivě jednoduchou věcí – digitální technologií, která spojila informační technologie a komunikační technologie do jednotně technologicky založených informačních a komunikačních technologií (ICT).

Významným faktem ICT je, že informační a komunikační technologie se neustále vyvíjejí tak, že činí zastaralými samy sebe. Přesto lze vždy vystopovat megatrendy, které určují základní směry dalšího rozvoje ICT.

Nejvýznamnějším megatrendem současnosti je vývoj globálních tzv. kooperativních systémů překračujících hranice podnikových informačních systémů různých subjektů. Podnikové informační systémy se zapojují do vyšších národních a nadnárodních systémů a zdaleka již nepracovávají data jen z vnitřních (intranetovských) databází. Přitom pro rozvoj kooperativních systémů je třeba vybudovat globální komunikační infrastrukturu a tuto infrastrukturu řídit. To již nelze provádět z pozice podniků a ostatních subjektů, a vzniká potřeba makroinformačního rozvoje národních infrastruktur, na kterých budou vybudovány podnikové informační systémy.

Samotný vývoj moderních podnikových informačních systémů se přizpůsobuje makroinformatickým trendům a klade důraz na komunikační schopnosti systémů na jedné straně, na druhé pak schopnosti zpracovávat a řídit informace.

Kolem roku 2012 se očekává nástup éry informační společnosti, jejímž rysem bude vytvoření globální sítě umožňující nejen komunikaci, ale především poskytující velké množství dat. Z těchto dat se budou důslednou kooperací prvků na síti odvozovat informace a znalosti. Vzniknou tak kooperativní informační systémy, nad kterými bude prováděn intenzivní management znalostí. Typicky budeme v éře informační společnosti vědět „jak“ získat informace, ale nebudeme znát „co“ chceme. V informační společnosti budou organizace založeny na externalizaci nestrategických aktivit (externím využíváním aktivit jiných organizací) zaručující vyšší flexibilitu a na vývoji vnitřní ekonomické inteligence se schopností analýzy a prognózování trhu. Konkurenceschopnost organizace pak bude záležet méně na přímé (např. výrobní) produktivitě a více na správném využívání informací z okolí organizace, a na schopnosti adaptace k rychle se měnícímu trhu, podmínkám, příležitostem a hrozbám.

Kooperativní informační systémy budou vytvářeny jako virtuální systémy navazujících podnikových informačních systémů partnerů kooperujících na globální komunikační infrastruktuře s cílem vytvořit síť s přidanou hodnotou. Při globalizaci společnosti si nebudou organizace vytvářet vlastní gigantické sítě, ale zapojí se do celosvětové kooperativní sítě. Kooperativní informační systémy budou vytvořeny na globální komunikační infrastruktuře účelové a budou postaveny na stejných technologických principech jako samotná globální infrastruktura. Z tohoto pohledu hraje makroinformatika stále rostoucí roli pro rozvoj samotných podnikových informačních systémů.

Kooperativní společnost – nová kvalita konkurence

Vývoj ve společnosti směřuje od „klasické nestrukturované“ konkurence ke konkurenci nové kvality, ke konkurenci aliancí, v jejímž rámci se naopak výrazně posiluje kooperativnost. Rozsah kooperací

roste nejen v lokálním měřítku, ale zejména v globálním měřítku. Růst kooperací a vznik aliancí je podmíněn řadou ekonomických a technologických důvodů:

- Komunikační a informační infrastruktura vytváří nové a velmi příznivé prostředí pro rozvoj nových, intenzivních a vysoce efektivních forem kooperací – např. virtuální týmy;
- Kvalifikační úroveň populace i jednotlivých ekonomických subjektů stoupá, a to jak v oblasti informačních technologií, tak v dalších oblastech; vytváří se tak nezbytný předpoklad pro kooperace;
- Vývoj nových produktů a služeb je tak náročný na rychlost, finance i další zdroje, že si vynucuje rozsáhlé kooperace různorodých vysoce specializovaných subjektů;
- Logistické řetězce již dnes výrazně překračují svou integrací hranice jedné firmy, zasahují stále větší část ekonomických subjektů; toto propojení subjektů v rámci logistického řetězce bylo podpořeno mimo jiné i vývojem standardů EDI;
- Rychlý vývoj aplikace elektronické výměny dat i u středních a malých podniků – je a bude to pro ně podmínkou.

Třetím výrazným rysem kooperativní společnosti je permanentní vyhledání nejvhodnějších dodavatelů produktů a služeb.

První podmínkou úspěšnosti jak jednotlivců, tak hospodářských subjektů je permanentní osvojování znalostí vytvořených jinými a tvorba vlastních.

Druhou podmínkou je maximální flexibilita.

Třetí podmínkou úspěšného zapojení do kooperativní společnosti je informovat ostatní o znalostech, dovednostech a zdrojích, kterými disponuji a které nabízím.

Pro kooperující subjekty bude důležitější nalézt odpovídající úroveň provázanosti jejich informačních systémů. Jde tu např. o informační podporu kooperace při vývoji nových výrobků, rozvoji marketingových aktivit, koordinaci výrobních plánů apod. Tato úvaha nás vede k představě „otevřených architektur informačních systémů“, a to nejen technologicky, ale i aplikačně. Informační systémy kooperujících partnerů se při zahájení kooperace opět spojí. Bude tak docházet k časově omezené integraci různých informačních systémů různých firem. Otevřené architektury informačních systémů budou koncipované se základní ideou schopnosti kooperovat s okolím, tzv. přijímat nabízené služby a zdroje a současně, což je ještě důležitější, své služby a zdroje poskytovat. Nejde tu pouze o zpřístupnění vlastních informací (například pomocí WWW) svým partnerům. Uvedené řešení je chápáno ve smyslu poskytnutí nebo sdílení aplikace (aplikačních modulů a dat), např. při řešení výrobní technologie, plánování a sledování průběhu zakázky, přípravy marketingové strategie, nabídkových dokumentů apod. Naznačené formy spolupráce na bázi informačních technologií již dnes existují. Internet pro ně vytvořil celosvětový prostor.

Kooperativní síť s přidanou hodnotou

Sledují vytvoření globální end-to-end informační infrastruktury. Povýšení infrastruktury z komunikační na informační úroveň a zapojení podnikových informačních systémů do kooperativních sítí.

2.3 Umělá inteligence, Distribuovaná umělá inteligence, Emergence, Konekcionismus

Odstavec je zpracován zejména dle kapitoly 1 [Mařík, 2001], dle [Searle, 1997] a dle [Končel, 2003].

Umělá inteligence – klasické definice a charakteristiky

Minského definice

Minského definice vychází z Turingova imitačního testu: „Umělá inteligence je věda o vytváření strojů nebo systémů, které budou při řešení určitého úkolu užívat takového postupu, který – kdyby ho dělal člověk – bychom považovali za projev jeho inteligence“ (Minsky M., 1997).

Podobně i umělá inteligence se pokouší řešit úlohy využíváním znalostí. Ty mohou být získány jednak převzetím od člověka, který je schopen úlohu inteligentně řešit, jednak analýzou příkladů zadání úlohy a jejího inteligentního řešení. Znalosti mohou mít jednak charakter exaktní (teorémy, fyzikální zákony apod.), jednak mohou být tvořeny **heuristickými poznatky**, které nebývají podloženy hlubší teorií, avšak velmi často pomáhají účinně nalézt řešení (i když obecně nalezení řešení negarantují). Exaktní znalosti vedou většinou k matematické formulaci nebo algoritimizaci, které po vyhodnocení dávají hledané řešení. Oproti tomu heuristické znalosti bývají často vyjádřeny pomocí nekategorických, neurčitých pravidel chápaných pouze jako neexaktní návod k řešení.

Definice Richové

„Umělá inteligence se zabývá tím, jak počítačově řešit úlohy, které dnes zatím zvládají lidé lépe“ [Rich, 1991].

Podle této definice (nebo spíše jistého vymezení) obsahu umělé inteligence je tento obsah bezprostředně vázán na aktuální stav v oblasti počítačových věd, a lze tedy očekávat, že s rozvojem počítačové techniky se bude těžiště umělé inteligence posouvat a měnit.

Kotkova definice

Kotkova definice je definicí umělé inteligence jako takové vlastnosti technických systémů, která je předmětem zkoumání umělé inteligence jako vědní disciplíny.

„Umělá inteligence je vlastnost člověkem uměle vytvořených systémů vyznačujících se schopností rozpoznávat předměty, jevy a situace, analyzovat vztahy mezi nimi, a tak vytvářet **vnitřní modely světa**, ve kterých tyto systémy existují, a na tomto základě pak přijímat účelná rozhodnutí, za pomoci schopností předvídat důsledky těchto rozhodnutí a objevovat nové zákonitosti mezi různými modely nebo jejich skupinami“ [Kotek a kol., 1983].

Pro umělou inteligenci jako vědní disciplínu je specifické to, že zatím nejde o disciplínu s pevně vymezeným předmětem a s jednotícím teoretickým základem – spíše jde o soubor metod, teoretických přístupů a algoritmů, které sjednocuje úsilí o počítačové řešení velmi složitých úloh.

Například rozvoj některých učících se algoritmů je dnes již nedílnou součástí moderní teorie automatického řízení. Techniky reprezentace a využívání znalostí tvoří páteř moderní, znalostně orientované části softwarového inženýrství [Král, Demner, 1991].

Podobně teorie reprezentace znalostí pomocí rámců a scénářů (byť s využitím poněkud odlišné terminologie) plně „zdomácněla“ ve světě objektového programování a objektově orientovaných databázových systémů atd.

Pro umělou inteligenci jako vědní disciplínu je zcela logické, že ji tvoří souhrn stále se vyvíjejících a vzájemně prorůstajících partií. Tak například příznakové metody rozpoznávání jsou dále zobecňovány již zmíněným studiem a simulací neuronových sítí. Část problematiky expertních systémů postupně splývá s nově se formující partií kvalitního modelování. Metody získávání znalostí jako specifický nástroj znalostního inženýrství prorůstají s technikami strojového učení atd.

Distribuovaná umělá inteligence

Distribuovaná umělá inteligence je chápána jako podmnožina Umělé inteligence. Dělí se obvykle na 3 části:

- **Řešení distribuovaných problémů** (Distributed Problem Solving) znamená rozdělení problémů na malé subproblémy, tak že mohou být řešeny samostatně.
- **Paralelní umělá inteligence** (Parallel Artificial Intelligence) zkouší zvýšit účinnost řešení algoritmů jejich převodem na paralelní.
- **Multiagentní systémy** (Multi Agent Systems – MAS).

Emergence

Termín emergence byl nejprve užít G. H. Lewesem v polovině 19. století a C. Loyd Morganem začátkem 20. století. V diskusi o evolučních teoriích, a to ve snaze vyhnout se mechanistickému reduk-

cionismu na jedné straně a teleologickému postoji na straně druhé. V tomto tradičním významu je zdůrazněno temporální hledisko: jde o vznik něčeho (života, člověka), co nelze predikovat nebo vysvětlit z předchozího stavu věcí.

Současné pojetí je poněkud obecnější a temporální hledisko ustupuje do pozadí, nahrazeno důrazem, na působení z nižší úrovně na vyšší. Kolektivní systémy skýtají vhodné příklady, od makroskopických vlastností látek až po politický vývoj společnosti. Méně banálním příkladem je entropická šipka času jako emergentní jev v systémech, které jsou na mikroúrovni, tím spíše se nám jeho chování jeví jako emergentní na makroúrovni. Pět molekul nevysvětlí tekutost kapaliny, pět demokratů nevytvoří demokracii.

Jiný význam pojmu emergence je inspirován předchozím a je často užíván jako argument proti redukcionismu. Určitou vlastnost (v rámci nějaké teorie T1) považujeme za *emergentní* (v silném slova smyslu), má-li reálné instance, vyskytuje-li se současně s nějakou jinou vlastností, rozpoznatelnou v nějaké redukující teorii T2, nelze ji však samu redukovat na nějakou vlastnost definovanou v T2 [Churchland, 1986]. Dualismus vlastností lze pak charakterizovat tvrzením: i když mysl je mozek, kvality subjektivního prožívání jsou přesto emergentní vzhledem k mozku a jeho vlastnostem.

Searle uvádí, že mozkové procesy *způsobují* vědomí, přičemž vědomí samo je *vlastností* mozku (*feature of the brain*), a považuje proto vědomí za *emergentní* vlastnost mozku. V jeho pojetí je emergentní taková vlastnost, kterou lze „kauzálně vysvětlit chováním prvků systému; není to však vlastnost jednotlivých prvků a nemůže být vysvětlena prostou sumací vlastností těchto prvků“ [Searle J., 1997].

Konekcionismus

Konekcionismus (connectionism) je univerzální princip, který se stal tématem posledních dvaceti let pod různými názvy (umělé neuronové sítě, paralelní distribuované procesy, konekcionistické systémy, spinová skla apod.). Konekcionismus (jakožto paradigma) je založen na myšlence, že mnohé složité jevy, myšlení a inteligenci nevylučuje, lze pohlížet jako na emergentní vlastnosti paralelních dějů v rozsáhlé síti třeba i jednoduchých a vzájemně si podobných *aktivních prvků* (formálních neuronů či procesů), mezi nimiž existují *interakční vazby* (*links*). V roli těchto prvků si můžeme představovat nejen neurony (či neuronové modely), ale i umělé elektronické prvky anebo formální proměnné simulačních algoritmů, v širším pojetí dále i atomy (jejich spiny), molekuly, buňky, živé organismy, biologické druhy, lidi, národy, terminály internetu a kdoví co ještě.

Dynamické vlastnosti konekcionistického systému (formální neuronové sítě) jsou obecně charakterizovány takto:

- a) každý prvek může být v jednom z možných stavů aktivit (zpravidla dvou),
- b) tento jeho stav závisí na stavech aktivity jiných prvků (popř., jde-li o vstupní prvek, na vnějších stimulech),
- c) stupeň závislosti dle bodu b) je určen vahami interakčních vazeb s jinými prvky.
Konekcionistické modely kognitivních procesů (například dlouhodobé paměti, učení apod.) mají další důležitou vlastnost:
- d) Váha každé interakční vazby mezi dvěma prvky se průběžně mění, a to v závislosti na aktivitě těchto prvků v minulosti.
- e) Váhy interakčních vazeb se mění podstatně pomaleji než aktivita prvků.

V tomto posledním bodě ovšem záleží na tom, co rozumíme slovem „podstatně“. Řekněme alespoň, že oba typy změn probíhají v natolik odlišných časových měřítkách, že je lze sledovat odděleně, jako by šlo o chování dvou různých dynamických systémů.

Jednu věc je třeba zdůraznit, totiž že **lokální chování**, které je dáno pravidly pro aktivitu jednotlivých prvků a pro váhy jednotlivých vazeb mezi prvky, je – na rozdíl od **globálního chování** systému jako celku – zpravidla velmi jednoduché (pravidla mají podobu jednoduchých matematických vztahů), *uniformní* (stejně vztahy platí pro všechny prvky a vazby) a především *srozumitelné*. Určitá nepostižitelnost globálního chování ve srozumitelném jazyce lokálního chování je významná pro filozofické úvahy (jak později uvidíme).

Od fyzikalismu k emergentismu

Jedním z důvodů, proč se konekcionismus stal vědecky atraktivní, je skutečnost, že dovoluje studium metodami matematické fyziky. Jde totiž o kolektivní systémy, pro něž existují velmi propracované matematické teorie, jaké známe například z termodynamiky. Zejména dnes již klasická práce J. J. Hopfielda [Hopfield, 1982] otevřela cestu ke studiu neuronových sítí pomocí nástrojů statistické fyziky.

Fyzikální podrobnosti by nás příliš vzdálily od filozofické tematiky, a proto poukážeme jen na několik vybraných souvislostí. Představíme-li si úroveň prvků a jejich lokálního popisu jako *mikroúroveň* systému, lze úplnou informaci o stavech aktivity všech jeho prvků v daném okamžiku (čili úplný mikrostav systému) reprezentovat jediným bodem ve stavovém (fyzikálně řečeno: fázovém) prostoru, v němž pak trajektorie tohoto reprezentujícího bodu odpovídá časovému vývoji systému. Řadu vlastností systému na *makroúrovni* lze tudíž charakterizovat mj. globálními vlastnostmi takovýchto trajektorií. Konekcionistické systémy lze tedy studovat v rámci matematické teorie dynamických systémů a mluvit mimo jiné o atraktorech různých typů, o stabilitě, energetické krajině s energetickými minimy, relaxaci, chaotickém chování, entropii apod., srov. (Domany a kol., 1991).

Vlivem již zmíněné difference v časových měřítkách pro aktivitu resp. pro změnu vah (viz bod (e) v předchozím odstavci) je možné se na konekcionistickou neuronovou síť dívat jako na dvojici dynamických systémů, jednoho pro „rychlou“, aktivní dynamiku ve stavovém prostoru, druhého pro „pomalou“, adaptační dynamiku v prostoru vazebních vah.

Tradiční a konekcionistické paradigma

Vzhledem k evidentnímu významu konekcionistického výzkumu jednak pro vědy o mozku a jednak pro moderní směry v architektuře počítačů, by se dalo očekávat, že dojde ke splnutí tradiční umělé inteligence s konekcionismem. Místo toho došlo k rozsáhlé a vzrušené debatě mezi zastánci obou přístupů. V extrémní podobě jedni trvali na tom, že symbolické a algoritmické procesy jsou to jediné a pravé, co je třeba k umělému i přirozenému myšlení, druhí tvrdili, že symbolická mysl je iluzí či epifenomenem (jevem bez kauzální potence) „plovoucím“ na dynamickém toku subsymbolické informace v neuronové síti. Vyskytly se ovšem i sbližovací tendence, například názor, že kolektivní funkce lze nacházet na všech úrovních popisu ([Bringsjord, 1991], s. 324).

Mentální stavy a procesy jsou emergentními jevy na některé vyšší úrovni dostatečně složitého konekcionistického systému.

2.4 Kybernetika, Nová kybernetika

Odstavec je zpracován zejména dle [Heylighen, 2001], dle kapitoly 1, odstavec 1.6 [Mařík, 2001] a dle [Varela a kol., 1991].

Kybernetika

(1) Věda o komunikaci a řízení živočichů a strojů. (2) Snad proto, že je její pole ještě mladé, je mnoho definicí kybernetiky. Norbert Wiener, matematik, inženýr a sociální filozof, odvodil slovo kybernetika z řeckého výrazu pro kormidelníka. Definoval ji jako (1). Před ním Ampere chtěl, aby kybernetika byla věda o vládnutí. Pro filozofa Warrena McCullocha byla kybernetika experimentální teorií poznávání zabývajícího se komunikací uvnitř pozorovatele a mezi pozorovatelem a jeho okolím. Stafford Beer konzultant vedení definuje kybernetiku jako vědu efektivní organizace. Antropolog Georgy Bateson poznamenal, že zatímco dosavadní vědy se zabývají hmotou a energií, nová věda kybernetika se soustřeďuje na tvary a vzory. (3) Způsob nahlížení na věci a jazyk na vyjádření viděného.

Původně věda o řízení a komunikaci živočichů strojů (Wiener). Před touto uvedenou definicí věda o vládnutí (Ampere). Nyní interdisciplinární přístup k organizaci, nezávisle na materiální realizaci systému. Zatímco obecné teorie systémů jsou na jedné straně podobné holismu a na druhé straně snaze po generalizaci strukturních a vývojových jevů a jevů chování živých organismů, kyberneti-

ka vychází z poznávacího pohledu, který nahlíží na materiální celky jako na analyzovatelné beze zbytku v pojmech souboru komponent plus jejich organizace (viz epistemologie, analýza systému). Organizace vyjadřuje, jak se složky takového systému navzájem ovlivňují a jak tato instrukce určuje a mění jeho strukturu. Vysvětluje rozdíl mezi částí a celkem a je popisována bez odvolání na jejich materiální formu. Nezájem kybernetiky o materiální příznaky ji odlišuje od všech věd, které vycházejí z oblasti současnosti o věcných záležitostech, jako jsou fyzika, biologie, sociologie, inženýrství a teorie obecných systémů. Jako poznávací soustředění na organizaci, vzory a komunikaci dalo vyniknout metodologiím (viz metodologie), logice, zákonům, teoriím a pohledům, které jsou pro kybernetiku jedinečné a mají široké použití v dalších oblastech zkoumání.

Kybernetické teorie spočívají na čtyřech základních pilířích (změny, střídání rozmanitosti, kruhovitosti, procesu a pozorování). Střídání je základní pro násobnost, alternativy, rozdíly, volby, sítě a inteligenci spíše než sílu a prostou nutnost. Kruhovitost se vyskytuje v dřívějších teoriích kruhovitě příčinnosti nebo zpětné vazby, později v teoriích rekurzí a iterací v počítání a nyní zahrnuje sebe-poznání v kognitivní organizaci a v autonomních systémech výroby. Tradiční vědy odmítaly, pokud nevymítaly, použití vysvětlování okruhem. Je to tento kruhový postup, který umožňuje kybernetice vysvětlit systém zevnitř, který se neodvolá na vyšší princip nebo apriorní účely a nedává přednosti v hierarchii. Téměř všechny kybernetické teorie zahrnují proces a změnu počínající pojmem informace jako rozdílu mezi dvěma stavy nejistoty až k teoriím adaptace, evoluce a procesů růstu. Je zvláštní schopností kybernetiky, že takové procesy vysvětluje v pojmech organizace systému, které je projevují, to zn. že kruhová příčinnost zpětnovazebních smyček je vzata v počet regulačních procesů při dosahování rovnováhy systémů nebo pro dosažení cíle. Pozorování zahrnující rozhodování je konečně procesem podléhajícím kybernetickým teoriím zpracování informací a použití počítačů. Rozšířením teorií sebe-poznání na procesy pozorování zahrnující rozeznání a ostatní projevy inteligence byla kybernetika aplikována na sebe samu a rozvíjí teorii poznání systémů zahrnující své pozorovatele kvalitativně rozdílně od předchozího o ontologii systémů pozorovaných z vnějšku.

Dřívější příspěvky kybernetiky byly hlavně technologické a daly vzniknout zpětnovazebním řídicím aparátům, sdělovací technologii, automatizaci výrobních procesů a počítačům. Zájem se brzy přesunul k početným vědám zahrnujícím člověka aplikujícím kybernetiku na procesy poznání s praktickými výsledky pro psychiatrii, rodinnou terapii, vývoj informačních a vyhodnocovacích systémů, řízení, vládnutí a pro snahu porozumět komplexním formám sociální organizace včetně komunikace a počítačových sítí. Dosud nebyl uplatněn plný potenciál kybernetiky v těchto aplikacích. Nakonec činí kybernetika „nájezdy“ do filozofie. To začalo vybavením metafyzické technologie a pokračuje výzvami pro teorii poznávání a etiku z oblasti nových idejí o omezujících procesech v myšlení, odpovědnosti a etice.

Budoucnost teorie systémů a kybernetiky

Teorie informací a její příbuzní, komunikační teorie a informační systémy, rozšířily schopnosti lidských bytostí k výkonnosti přesahující lidské schopnosti. Při provádění opakovaných úkonů jsou počítače rychlejší a mohou být lidmi programovány k uskutečnění úkolů, které dosud možné nebyly nebo jejichž uskutečnění by z praktického hlediska trvalo příliš dlouho. Růst informačních systémů byl značně zlepšen vynálezem křemíkového čipu mikroprocesoru. Toto malé zařízení vytvořilo celý průmysl a vedoucí softwarovou společnost s CEO, což je současně nejbohatší organizace s cennými papíry v hodnotě 50 bilionů dolarů. Matematická teorie komunikací a informací položila základy většině hardware a software, které byly tímto značně zlepšeny. Počítačová výroba, ale rovněž otevřela oblasti zkoumání v polích značně vzdálených počítačům. Kybernetická věda učinila značné pokroky v několika oblastech důležitých pro informační systémy, zvláště v umělé inteligenci a řízení strojů. Tyto pokroky umožňují strojům, systémům a společnostem pokročit do moderní technologické společnosti. Tyto pokroky v technologii nejsou ovšem sdíleny rovnoměrně všemi národy na zemi. Rychlý pokrok v technologii působí konfliktně, jsou-li s ním náhle konfrontovány tradiční společnosti.

Nová kybernetika – charakteristika vybraných směrů

V tomto oddílu jsou uvedeny některé novější myšlenky, názory a směry, kterými se inspiroje nebo může inspirovat badatelský směr v umělé inteligenci a kognitivní věda obecně. Nazývají se souhrnně „**Novou kybernetikou**“, protože v některých směrech jde o představy, které se nevztahují jen k procesům v mysli.

Východiskem může posloužit popsané konekcionistické paradigma, nad nímž se lze zamyslet nejméně ve dvou směrech: co nabízí hierarchické hledisko a jaká je role kolektivních systémů, dále na koncepci, které zdůrazňují interakci systému s přirozeným prostředím.

Víceúrovňové systémy a kauzální domény

Existuje idea, jak nad základní úrovní neuronové sítě lze čistě formálně konstruovat další úrovně, které by svým způsobem mohly odpovídat našim představám o procesech v mysli. Přes svůj abstraktní charakter je tato konstrukce dosti inspirativní, a to v jednom směru: může totiž být iterována směrem „vzhůru“, a tak vést k celé hierarchii funkcionálně si podobných úrovní (tj. na vyšších úrovních by se uplatňovaly obdobné principy jako na úrovních nižších – jakýsi typ soběpodobnosti).

Tak jako každý z nás má své přirozené okolí fragmentováno do srozumitelných domén pro tu či onu činnost, tak i pro vědecké poznání je svět fragmentován do specifických oblastí zájmu, ať již to činí pro jeden konkrétní problém či pozorování, nebo obecněji jako oblast zájmu některé disciplíny. Tyto domény nemají ostré hranice, a co ke kterékoli z nich patří, záleží na tom, kam jsme v jejím rámci vůbec schopni „dohlédnout“.

Kauzální domény (causal domain) je pojem pro jakoukoli oblast (výsek, fragment, komponentu) skutečnosti, v jejímž rámci se nám kauzální vztahy jeví jako *zjevné, srozumitelné a vzájemně koherentní* – přinejmenším jsou zjevnější, srozumitelnější a vzájemně koherentnější než vztahy *mezi různými* doménami.

Fragmentace světa do jednotlivých domén je pro vědu zcela legitimní. Například S. Schweber [Schweber, 1993] považuje fyzický svět za hierarchicky stratifikován do oddělených „kvaziautonomních“ úrovní, z nichž každá je reprezentována jinými pojmy a jinými zákony, bez podstatné závislosti na tom, co se děje v jiných úrovních. Vztah mezi úrovněmi existuje, ale má čistě emergentní (v jeho slovech nekauzální) povahu.

Zatímco v rámci jednotlivé kauzální domény klademe (tj. příslušná vědní disciplína klade) důraz především na kauzální vztahy (a zákony), povaha vztahů *mezi* různými doménami může být jiná a mnohdy ani není dost dobře poznána a pochopena (což může souviset i s tím, že různé domény nejsou v kompetenci téže disciplíny). Mohou to být různé strukturální a tvarové závislosti, statistické vztahy, meziúrovňové působení (shora nebo zdola), přechod od kvantového k makroskopickému popisu, emergentní jevy a rozličné další vztahy, pro něž třeba neexistuje ani formální, ani intuitivní popis. Právě k těm posledním náleží interakce mezi myslí (vědomím) a tělem.

Kauzální paralelismus nabízí možnost překládat souvislosti, které v jedné doméně nedovedeme dost dobře vysvětlit, do jazyka jiné domény, kde kauzální vysvětlení může být snazší. Tento překlad by však měl být podpořen znalostí příslušných vztahů *mezi* oběma doménami. Dotyčné souvislosti v původní doméně pak můžeme chápat jako kauzální v přeneseném slova smyslu – jako *virtuální kauzalitu* – ovšem za cenu, že tak poněkud znásilňujeme jejich možnou intuitivní přirozenost.

Zobecněný emergetismus

Jde-li nám o porozumění životu a mysli, jakožto specifickému projevu života, neměli bychom se vázat jednou na tu, jindy na onu konkrétní úroveň, tak jak je to běžné, a dokonce žádoucí, ve fyzice. To, co odlišuje živé organismy (a mozky) od fyzikálních soustav (a strojů), je právě existence, souhra a interakce dějů na mnoha úrovních – či lépe řečeno v mnoha kauzálních doménách. Skutečnost, že přitom obvykle zdůrazňujeme ty domény, které jsou současně úrovněmi nějaké (typicky škálové) hierarchie – např. hierarchie úrovní molekulární, buněčné, fyziologické, tělesné, psychické, etologické, ekologické, případně různé mezilehlé, je jen dokladem našeho sklonu k hierarchické fragmentaci světa [Scott, 1995].

Mentální stavy a procesy lze pojmout jako emergentní jevy nad rozsáhlou množinou vzájemně vázaných kauzálních domén.

Kolektivní systémy a jevy

Kolektivní princip znamená, že systémy o mnoha prvcích, které spolu nějakým způsobem interagují, mohou jako celek vykazovat zajímavé dynamické chování. Důležitý je právě předpoklad *mnoha* prvků, protože právě ten vede k velké distanci (ve škálové hierarchii) mezi úrovní prvků a úrovní celku, takže vazba mezi oběma úrovněmi mívá emergentní povahu, aniž by se přitom ztratil její svého druhu kauzální charakter. Význam kolektivního principu pro kognitivní vědu je proto evidentní.

Zjednávací princip

Ve **zjednávacím přístupu** (enactic approach) [Varela a kol., 1991], se důraz na vnitřní reprezentaci vnějšího světa přesouvá na vnímání a jednání ve světě, který je takto vlastně spolutvořen. Příkladem zjednávacího přístupu je **reaktivní princip** v robotice.

Zjednávací přístup zdůrazňuje vtělenou kognici a proces zjednávání jako hlavní vysvětlující princip v kognitivní vědě. Učiňme si malé srovnání tří směrů – kognitivismu (algoritmické umělé inteligence), emergentismu (konekcionismu) zjednávacího přístupu – pomocí této testovací otázky: Jak poznáme, že kognitivní systém *náležitě funguje*?

Kognitivismus:

Když symboly vhodně reprezentují určitý aspekt reálného světa a když zpracování informace vede k úspěšnému řešení zadané úlohy.

Emergentismus:

Když uvidíme, že emergentní vlastnosti (a výsledná struktura) korespondují s nějakou specifickou kognitivní schopností – úspěšným řešením požadované úlohy.

Zjednávací přístup:

Když se systém stane součástí již existujícího světa (případ mláděte každého druhu), nebo když si vytvaruje svět nový (případ evoluční historie druhu).

Běžné pojetí robotiky nerespektuje zjednávací pohled. Je charakterizováno důslednou, byť nevyčerenou snahou vyhovět ideji Turingova testu, tj. zkonstruovat robota, který vnímá a jedná jako člověk, myslí jako člověk, snad i vypadá jako člověk – krátce řečeno, který předstírá, že je člověk.

Kdyby naopak umělý systém (v přirozeném prostředí) měl napodobit zjednávání jako takové, což je možnost principiálně snad i myslitelná, byl by v tomto hledisku podobný člověku, nicméně *jeho* zjednaný svět, založený na *jeho* historii a *jeho* těle, by se musel radikálně lišit od lidského světa. To by se muselo projevit i na jeho jednání (interpretované námi v našem světě).

Robotika má tedy před sebou dvě možné cesty (do jisté míry to platí i pro aplikovanou robotiku):

- a) *kognitivní robotiku*, tj. napodobovat nebo rozšiřovat *naše* (lidské) performační schopnosti za použití reprezentace *našeho* světa,
- b) *zjednávací robotiku*, tedy konstruovat umělé organismy bez takovéto reprezentace, vybavené však pro ně specifickými prostředky percepce a jednání, umožňujícími zjednávání *jejich* světa.

V současnosti je druhá cesta reprezentována hlavně pracemi R. A. Brookse [Brooks, 1991]; [Steels a Brooks, 1995], jehož koncepce tzv. **reaktivních agentů** je popsána v kapitole 4 a též v [Kelemen, 2001].

Lze vhodným způsobem „zkřížit“ princip reaktivity s kolektivním principem. Pro konekcionistické systémy je typické dvojí; za prvé, že podstatnou roli hraje vzájemná interakce prvků, a za druhé, že systém je funkčně homogenní, tj. prvky mají stejný nebo podobný typ lokálního chování. V obou věcech by se kolektivní systém z reaktivních prvků (agentů) musel lišit, protože agenti interagují individuálně přímo s prostředím a dělba práce mezi nimi je přirozeným předpokladem.

Menší či větší množství prvků (agentů) může vytvářet vyšší jednotky – společenství, society, pandemonia, komunity, kolonie, populace, multiagentní systémy, agentury (různí autoři užívají různé

termíny), které již mohou individuální interakci prvků přímo s prostředím kombinovat s jejich vzájemnou interakcí. Čistě formálně není obtížné shrnout všechny myslitelné případy pod společnou definici kolektivního systému a teprve potom rozlišovat, zda převládají vnitřní vazby nebo vazby s okolím, zda jde o systémy funkčně homogenní nebo heterogenní, a v neposlední řadě, zda prvky chápeme jako fyzické entity nebo jako abstraktní procesy a funkce.

2.5 Indukce, Dedukce, Analýza, Syntéza, Modelování, Teorie aj.

Odstavec je zpracován zejména dle [Křil/iso/5sem, 2001].

Indukce

Indukce je nejčastěji charakterizována jako typ usuzování z jednotlivého (empirického faktu) na obecné. Indukce je také někdy považována za základní konstitutivní prvek (způsob) teoretického poznání, a to v tom smyslu, že se **vždy** setkáváme pouze s **konkrétními unikátními** událostmi, a proto **jedině indukci** jsme schopni učinit jakékoli **závěry jiné** než reálně prožívané či sdílené ostenzí (ukazováním) unikátních událostí našeho života.

Již sám **popis** unikátní události předpokládá její **reflexi** a usouvztažnění k určitému **jazyku výpovědi**. Jazyk je systémem abstraktu (pojmu), tedy obecnin (mají vždy určitou širší větší než unikátní). Proto již **popis** se neobejde bez indukce. Obdobně pak všechny další typy jak empirického tak zejména teoretického poznání jsou možné **jen na základě indukce**.

V zúženém pojetí je **indukce** chápána jako poznání **vycházející z empirických faktů**, resp. představující **přechod od empirie k teorii**. Do tohoto pojetí proto nepatří **indukce v rámci teoretického poznání**, která bývá spíše charakterizována jako **logická spekulace**.

Uvádí se, že induktivní postupy jsou charakteristické zejména pro oblast **empirických věd**, tzn. pro fyziku, biologii, chemii a další, které shromažďují empirický materiál, vytvářejí na jeho základě obecné teorie, hypotézy, a formulují vědecké zákony. Dosažený výsledek v porovnání s výchozími větami (empirickými) z nich **neplyne nutně**. Tímto postupem je proto možno dojít od pravdivých faktů k nepravdivým zákonům. Indukci získané tvrzení má vzhledem k výchozím tvrzením jistou **pravděpodobnost**, která je např. blíže definovaná v tzv. induktivní logice, pravděpodobnostní logice či matematické statistice.

Při indukci se uplatňuje **zobecnění** jako přechod od zkoumání určité třídy objektů ke zkoumání větší třídy nebo k vyslovení hypotézy či zákonů o větší (širší) třídě jevů. K tomu může dojít v rámci **klasifikace**, resp. popisu **typických reprezentantů** jednotlivých **tříd**. Hypotéza rozšiřuje znaky typického reprezentanta na všechny objekty třídy.

Při **statistické indukci** se zjišťuje četnost nějakého jevu (znaku) v základním souboru nebo výběrovém souboru, a odtud se postupuje k hypotéze o výběru, k hypotéze o základním souboru a k hypotéze o jiném výběru z téhož základního souboru.

Induktivní postupy nedosahují jistoty, jaké se dosahuje při dedukci. Indukcí dosažitelná tvrzení říkají „více“, než je obsaženo ve výchozích větách. Vědecká teorie proto není redukovatelná na výchozí empirický materiál.

Diskuse se často vedla o **charakteru** tohoto **přechodu**, zda jej lze **objektivně logicky popsat**, či zda je procesem spíše **psychologickým**. Podle naposledy zmíněného pojetí jsou obecná tvrzení nikoli výsledkem myšlenkových či logických pochodů, ale spíše intuice, štěstí a náhody, či „uhodnutí“. Intuitivní pochody podle tohoto názoru nemohou být zobrazeny jako racionální procedura, kontrolovaná logickými pravidly. Tento názor je typický zejména pro novopozitivismus.

Princip indukce

Proti tomuto pojetí stojí vysvětlení na základě tzv. **principu indukce**. Logická úvaha vychází z tvrzení o **podobnosti** jevů jak co do **opakovatelnosti** (vzhledem k časovému rozměru), tak co do **místního výskytu**. Procesy, jevy či události jsou si **podobné**, tzn., že nejsou ani **identické**, ani

zcela rozdílné. Lze tvrdit věty, hypotézy a zákony o jevech nepozorovaných, neboť tyto jevy možno zahrnout na základě **podobnosti** do těchž **typů** s jevy pozorovanými.

Paradox empiriků

Nebyla však vyřešena otázka, na základě čeho byl formulován samotný **princip indukce**. Toto dilema je označováno jako **paradox empiriků**. Veškeré poznání pochází ze zkušenosti, tedy i princip indukce, ten však nelze zdůvodnit sám sebou (tautologicky). Linie vycházející z Kanta „řeší“ toto dilema známými „a priori“, jejichž pravdivost není závislá na zkušenosti.

Pravidla a metody, na jejichž základě člověk formuluje teoretické vědění (např. o indukci) však vznikly a rozvíjely se ještě před jejich reflexí jako metody-přirozenosti. **Induktivní myšlení** má rovněž podobu primárně **přirozenou**, a je spjata s **induktivním chováním**, tj. s takovým rozhodováním (jednoznačným), kdy dostupné informace pro toto rozhodování neumožňují učinit jednoznačný (deduktivní) závěr.

Induktivní chování má svůj biologický základ v instinktivní činnosti. Určení **oprávněnosti či pravidelnosti indukce** se uskutečňuje na základě **přirozeného výběru**. Induktivní „pravda“ je ta, která **přežívá**. **Pravdou je do té míry a do té doby, pokud a dokud přežívá.**

Dedukce

Indukce je spojována s **dedukcí**, jejíž nejčastější vymezení je charakterizováno jako **usuzování směřující opačným směrem než indukce**, tzn. **od obecného k jednotlivému**. To je ovšem spíše případ již uvedeného typu „abstrakce charakteru teoreticky konkrétního“.

Deduktivně lze však postupovat i od obecného k obecnému nebo jedinečného k jedinečnému, resp. vždy v určité rovině obecnosti. Pojem **deduktivní** je dnes spjat spíše s kontextem hypoteticko-deduktivní podoby teorie, kde představuje **úsudek**, při němž závěry vyplývají z východisek s nutností založenou na principech logiky.

Z určitých axiomatických (bazických) tvrzení lze **dedukovat** neaxiomatickou (nebazickou) větu. Znamená to, že dedukce nepřináší našemu poznání „**logicky nic nového**“. „Novost“ vydedukovaného vědění spočívá v nalezených konkrétních, unikátní formy poznatku, která doplňuje celkový thesaurus vědění o tvrzení, které má **potenciální nové kontextuální konsekvence**.

Při dedukci závěr vyplývá z výchozích premis, je vyvozen s jistotou a bez pochybností. Pravdivost závěru závisí jen na pravdivosti výchozích vět. Svě široké použití dedukce má např. v **matematice**. Deduktivní postup je nejčastěji postupem od obecného tvrzení k jednotlivému. **Při induktivně – deduktivní metodě** se deduktivně odvozuje ze zákona nejen to, co je **možno** pozorovat (indukce) ale i to, co je **nutno** pozorovat, jestliže je zákon pravdivý.

Analýza

Analýza je rozuměno myšlenkové a metodické rozčlenění zkoumaného objektu na jednotlivé části, aspekty, roviny, vrstvy, vazby, „úhly pohledu“, spolu s aplikací kontextů specifických pro každé toto rozčlenění a uplatnění postupů (heuristik, metod), které umožňují vždy v daném kontextu artikulovat „novou“ dílčí charakteristiku dané části. Spolu s tímto rozčleněním a artikulací se analýza zabývá zároveň **vztahy** mezi takto vymezovanými částmi. Usouvzažňování částí navzájem je však již obratem od analýzy k syntéze.

Syntéza

Syntézou je pak rozuměno spojování dílčího, artikulace vztahů, funkcí a relací mezi **částmi navzájem** a zároveň **vzhledem k celku**. **Artikulace charakteru tohoto celku** ve struktuře dané současnou analýzou, vytváří z tohoto celku **jinou skutečnost, odlišnou od původní**. Analýza a syntéza je aplikací **teorie** tohoto celku a z ní vyplývajících **konkrétních metodických postupů**. Analýzou a syntézou se daný celek proměňuje z kul charakteru **empirického objektu** na celek charakteru **modelu tohoto empirického objektu** prostřednictvím dané teorie a metod.

Modelování

Modelování je vytvářením **teoretického obrazu empirické reality**. Jde o způsob poznání, při němž se zákonitosti a vztahy empirického objektu zkoumají prostřednictvím teoreticky konstruovaného modelu, jenž má s empirickým objektem shodné určité předem definované (významné) znaky.

Na model se lze dívat buď jako na skutečnost **izomorfní k nějaké teorii**, tím však redukuje určité konkrétní modelové vlastnosti na teoretické konstrukty jiného řádu. Model může samozřejmě být „analogovým přepisem digitální teorie“, avšak to je pouze jedna rovina. Kromě této roviny má analogový model zpravidla roviny další, které „digitálně“ přepsat nelze.

Model a teorie mají či mohou mít společný redukovaný základ, avšak mohou a zpravidla mají konkrétní rozvinutí v různých nepřevoditelných rovinách. Existují však takové modely a takové teorie, které mají pouze takovou redukovanou podobu, při níž jsou vzájemně beze zbytku převoditelné.

Na model se můžeme dívat také jako na **objekt teorie**. Model je myšlenkově či prakticky vytvořenou strukturou reprodukcí určité stránky skutečnosti v idealizované či názorné podobě, či jde o reprodukci určité oblasti jevů za pomoci jiné, lépe prostudované oblasti jevů (viz analogie).

Modelování pak vystupuje jako myšlenková či materializovaná **reprodukce či imitace** reálně existujícího systému prostřednictvím **analogonů**, modelů – konstruktů reprodukcí strukturu či funkci modelového systému. Model je myšlenkově či materiálně artefaktizovaným systémem zástupného charakteru.

Jiné pojetí však nalezneme např. v matematice, kde jde o **interpretaci** axiomatických systémů modelem.

Model, jakožto artefakt stojící mezi teorií a skutečností se vyznačuje **unikátní polyfunkčností**, která vykazuje jisté relace jak ke skutečnosti, tak k teorii. Od modelu lze **směrem ke skutečnosti** přenášet určité struktury, které vytvářejí **novou artikulaci skutečnosti**, a jsou generátorem **nové empirie**.

Směrem k teorii lze přenášet od modelu vztahy, které vytvářejí novou **artikulaci teoretických zákonů** a jsou proto generátorem nového vědeckého popisu.

Mezi **modelem** a **originálem** existuje podobnost, která je založena na shodnosti určitých (významných) znaků, rysů, stránek (podmínka **analogie**).

Teorie

Teorie je obrazotvorná formulace zřejmých vztahů nebo působících zásad jistého pozorovaného jevu. Může být do jisté míry ověřena nebo může být čistou hypotézou nebo dohadem.

Vědecké teorie

Pro **vědeckou teorii** je charakteristická tvorba **jednotného systému pojmů, tvrzení, hypotéz a zákonů**. Vědecké teorie a hypotézy mají nejdříve podobu určitých **předpokladů**. Vznikají sice na základě empirických poznatků a předchozího teoretického vědění, avšak nevyplývají z nich s logickou nutností. Obsahují prvek **nového vzhledu** do situace.

Vědecké teorie či hypotézy jsou od okamžiku tohoto „nového vzhledu“ budovány **logickým způsobem**, avšak samotná logická pravidla bezrozpornosti nezaručují ještě hodnověrnost teorie. Teorie proto dále procházejí fází, kterou lze označit buď jako její **praxi**, nebo rozvíjení jejich **důsledků** a **konsekvencí, usouvztažňování** v rámci daného konceptu i vzhledem k ostatním teoriím, **ob-
sazováním niky**. V této fázi dochází ke střetům s dosavadními pojetími, alternativními teoriemi i k vymezování „**hranic**“ použitelnosti dané teorie vzhledem k jiným, dosud „nezpochybnitelným“ teoriím.

Z metodologického hlediska můžeme rozlišovat **teorii v ukončené formě**, jako relativně stabilní výsledek poznávací činnosti, a na druhé straně **proces formování teorie**.

Struktura rozvinuté teorie

Teorie jako relativně stabilní výsledek má určitou **strukturu, skládá se z určitých jednotek a logických vztahů**.

U rozvinuté teorie se zpravidla vyčleňují:

- a) **empirické předpoklady** teorie, výchozí fakty, údaje a jejich elementární logické zpracování;
- b) **výchozí teoretická základna**, která obsahuje hypotézy, idealizace, postuláty, axiomy, základní zákony a principy;
- c) **logický aparát teorie** neboli pravidla odvozování dalších pojmů pomocí pojmů základních, logická pravidla uspořádání či podávání důkazů;
- d) veškeré možné **důsledky, konsekvence** a **závěry** z teorie vyplývající.

2.6 Myšlenky Platona, Racionalismus a jeho představitelé, Empirismus a jeho představitelé, myšlenky I. Kanta z hlediska poznání

Odstavec je zpracován zejména dle [Kunzmann, 2001].

Platon (427–347 př. n. l.) je původcem nauky o rozumovém smyslově vnímatelném světě jeho pramenů poznání. Obsah platónské nauky o idejích tvoří *říše nehmotných, věčných a neproměnných podstat*, takzvaných **idejí**. V Platonově pojetí jsou ideje *pravzory* reality, podle nichž jsou zformovány předměty viditelného světa. Tyto ideje existují *objektivně*, tj. nezávisle na tom, zda je poznáváme nebo jak vypadá náš myšlenkový svět. Podle tzv. **teorie dvou světů**, vychází Platon z toho, že svět neproměnných idejí je světu pomíjivých věcí nadřazen. Jen první svět existuje *skutečně*. Tělesný svět je říši idejí eticky ontologicky podřízen: své bytí čerpá pouze z účasti nebo nápodoby vpravdě jsoucího světa idejí. Svět lze totiž rozčlenit do dvou oblastí:

Svět **viditelného**

- *nepřímo vnímatelné* (např. stíny a zrcadlové obrazy);
- *přímo vnímatelné* (např. věci a živočichové).

Svět toho, co je **přístupné pouze duchu**

- oblasti *vědy*, např. matematika, která překračováním názorného materiálu (typu geometrických obrazců) dospívá k duchovním poznatkům, jako jsou všeobecné poučky;
- *říše idejí*, jež je přístupná jen čistému rozumu prostému jakéhokoli nahlížení.

Ústředním bodem platónské filosofie je **idea Dobra**. Dobro je zachyceno jako bytostné ukotvení všech idejí, jež dokonce přesahuje i tuto sféru. Teprve z něj ideje – a tedy celý svět – čerpají bytí a hodnotu. Dobro zajišťuje jejich *uspořádání, míru a jednotu*. Platonova fyzika je vyložena v dialogu: Hmotný svět dění je založen rozumně a podle plánu tvůrcem světa, který jej utváří podle idejí. Svět proto v platónském pojetí zároveň představuje *kosmos*, přirozenou harmonii. Nezformovaný materiál, z něhož je utvářen obraz idejí, Platon nazývá „dechomenon“, „to, co přijímá“. To vstupuje jako třetí člen mezi bytí a dění. Jelikož ale rozumu prostá hmota vchází do hry jako spolupříčina světa, zůstává odraz idejí ve světě nedokonalý.

Platon jednotlivým oblastem bytí přisuzuje tyto stupně poznání:

- vzhled pro nejvyšší poznání;
- rozumové rozvažování pro druhý stupeň;
- víra tj. pokládání za pravdivé;
- domnění.

Vzhled a rozvažování jakožto skutečné poznání jsou způsoby poznání nejvíce odpoutané od empirie, smyslové zkušenosti:

Zavedením nauky o idejích se Platonovi podařilo překonat své předchůdce i v oblasti teorie poznání. Ještě eleaté museli svůj v sobě zklidněný vesmír chránit proti empirickým rozporům; naproti tomu se Platonovi podařilo plně docenit smyslově vnímatelný svět jako pramen poznání. Nejvyšší forma poznání není z ničeho odvozena. Ideje nejsou *zpřístupněny* přes svá příslušná „ztělesnění“, nýbrž bez předpokladů *nazírány*: „Rozum proniká až k prapočátku všeho. Přitom si nepomáhá ničím

smyslově vnímatelným, nýbrž pouze idejemi, kráčí tak od ideje k ideji a u idejí též končí.“ Ideje nejsou rozvíjeny, jsou předmětem *vzpomínky*. Veškeré poznání je pouhé **vzpomínání**: Duše nazírela ideje v preexistenci, ale při vstupu do těla je zapomněla.

Platonovo nejznámější podobenství o jeskyni, líčí vzestup k idejím: Lidé se rovnají bytostem připoutaným v jeskyni, které nejsou schopny vidět nic ze skutečného světa. Stíny umělých předmětů, které na stěnu jeskyně vykresluje světelný zdroj, pokládají za skutečnost. Stíny a předměty v jeskyni přitom odpovídají smyslové zkušenosti, svět vně pak tomu, co lze nahlédnout rozumem. Metodu, která k poznání vede, Platon nazývá „**dialektika**“. Ta se pro něj stane vzorem každé vědy, která se zabývá pravým bytím, v protikladu k *fyzice*, která se věnuje procesům empirického světa. Cestu k rozpomenutí u Platona zpřístupňuje **dialog**. V něm se vždy pracuje s *pojmy*, které představují ideje. Dialog má dospět k tomu, že se dialekticky a bez názorných pomůcek vynesou ideje na světlo a dosáhne se lepšího pochopení jejich vzájemného vztahu. To probíhá *analýzou* a *syntézou* pojmů, ale také utvářením *hypotéz*, které seověřují a pak přijímají nebo zavrhnou.

Racionalismus

Novodobí racionalisté vycházejí z vrozených idejí nebo principů, vložených do člověka Tvůrcem. Člověk jako obraz Boha je schopen myslet v souladu se záměry Tvůrce.

Hlavní představitelé racionalismu vyhlásují, že skutečnost lze poznat z principů myšlení.

Logické uspořádání světa umožňuje uchopit skutečnost deduktivně. Vzorem je matematická metoda, kdy se z několika jistých axiomů odvozují závěry.

Realita sestává ze dvou, jedné nebo mnoha substancí a je plně uspořádána Bohem.

René Descartes (1596–1650) přisuzuje rozumu Rozhodující roli, což opravňuje nazývat jeho filosofii racionalismem.

Z Descartova požadavku, že pravdivé může být jen to, co je jasné, evidentní, vyplývá:

Pravdivé může být jen to, co je logicky a racionálně *pochopeno*.

Činnost rozumu je tedy jedinou zárukou pravdy.

Descartes zkoumá, vymezuje **res cogitans**, tj. myslící věc, v níž spadá vjedno „duch, resp. duše resp. rozum, resp. rozvažování“. Myslící věc je proto věcí, která pochybuje, chápe, přitakává, popírá, chce, nechce, také si obrazně představuje a pociťuje“.

Jejím protikladem je **res extensa**, která představuje vnější, tělesný svět. Tyto vnější věci jsou určeny především *rozlehlostí* a *pohybem*, dále pak tvarem, velikostí, počtem, místem a časem. Toto jsou *primární vlastnosti* těles. Navíc jsou *racionální*, neboť je lze kvantitativně a matematicky uchopit. Sekundární jsou vlastnosti, které se nacházejí pouze v představě: barva, pach, chuť aj.; ty jsou *kvalitativní*. Smyslové uchopení kvalitativních rysů zůstává pouhou *obrazností*; naproti tomu uchopení matematicky kvantitativních určení je pravým (rozumovým) *poznáním*:

Smyslové vnímání nám zprostředkovává subjektivní a nejasné dojmy z vnějšího světa, nepodává tedy žádný pravdivý obraz přírody. Spolehlivé fyzikální výroky může rozum utvářet pouze o primárních vlastnostech věcí. Dualismus duchovního a hmotného světa odpovídá *odduchovnění* fyzikálního světa, způsobené rozkvětem přírodních věd:

Tělesa jsou ovládána přírodními zákony např. mechanickými zákony tlaku a nárazu.

Duch je však *svobodný*. Neomezovaná vůle rozhoduje o představách rozumu. Pokud tak činí ve vztahu k předmětům, které ještě rozum zcela nepochopil, vzniká *omyl*.

Lze konstatovat, že Descartes kritizuje smyslové poznání a dospěl k názoru, že základem poznání jsou ideje a principy rozumu. Tak jako věty matematiky vyplývají logicky z vět-axiomů, tak filosofie vychází z prvních idejí a principů, které jsou rozumu vrozeny. Z nich se odvozuje všechno ostatní včetně poznání.

Podle **Benedicta de Spinozy** (1632–1677) jsou všechny věty v matematice dedukovatelné z nejvyšších principů. Jedinou substancí je Bůh.