

UŽITÍ MODELŮ V REÁLNÉM SVĚTĚ

Antonín Rosický

Vysoká škola ekonomická v Praze
Katedra systémové analýzy
rosicky@vse.cz

... mínění, že můžeme zahájit samotné (nezávislé) pozorování bez čehokoliv, co je ve své podstatě znalostí, je absurdní... Pozorování je vždy selektivní: Vyžaduje vybraný objekt, určitou úlohu (záměr), úhel pohledu, problém. A jeho popis předpokládá popisný jazyk...

K. Popper: The Open Universe: An Argument for Indeterminism

ÚVODEM

Září roku 2008 bude nadlouho spojováno s otřesem na Wall Streetu, který odstartovat hlubokou krizi finančního sektoru. Přestože bylo možné vysledovat některé předzvěsti²⁶⁾, přišla krize zcela nečekaně a zakrátko přerostla do celosvětových rozměrů. Ztráty na kapitálových trzích dosahují desítek a možná stovek miliard dolarů a zásahy vlád a mezinárodních institucí, které se snaží uklidnit situaci jsou přijímány s rozpaky. Jsou obhajovány jako nutnost „z hlediska systému“ a naopak kritizovány jako „nesystémové“. Objevují se úvahy, zda lze ještě mluvit o kapitalismu a kritická situace ovlivnila (nejen) americké presidentské volby.

Během několika týdnů přišlo o práci ve finančním sektoru několik desítek tisíc lidí. Mezi nimi bude jistě řada vysoce erudovaných analytiků, kteří nepochybně používali sofistikované modely a nejvyspělejší výpočetní techniku. Ekonomové náhle uvažují úvahy o důvěře a/nebo panice jako makroekonomickém faktoru a v odborném tisku se objevují úvahy virtuální a reálné ekonomice. Při tom vztahy mezi oběma oblastmi ekonomiky zůstávají nejasné a situace posledních týdnů ukazuje nejen že existují, ale že se začínají naplňovat.

V praxi se tak projevuje zásadní rozpor mezi představami, které iniciují lidské aktivity a skutečností. Jde o problém, který se s postupujícím vývojem společnosti projevuje rostoucí měrou a ohrožuje společnost samotnou.

MODELŮ A REALITA

Ostatně problém souvisí i s modelováním a s povahou modelů samotných. Už jen snaha vysvětlit pouhý pojem nachází ve slovnících různá vysvětlení a to je až příliš často spojováno s matematickým modelováním. Samotná teorie modelování je disciplínou pohříchu matematickou, založenou na tradičních úvahách o podobnosti a pojmech isomorfie, respektive homomorfie. Nicméně modelování je mnohem širší záležitost a také plejáda používaných modelů je mnohem širší. Typologie modelů bývá odvozená od různých kritérií a v intencích tohoto příspěvku poukážme na dvě různá hlediska, která umožňují rozlišit pojetí, jemu odpovídající povahu a také cíl vytvářených modelů.

První zohledňuje vztah modelu k realitě a implicitně je v něm obsaženo také časové hledisko. V takovém smyslu pak lze rozlišit dva typy modelů:

²⁶⁾ Například krach společnost New Century Financial, zaměřené na rizikové hypotéky, přišel již v dubnu 2007.

- *Preskriptivní modely* vymezují formu systému (entity, procesu) jak by měla být ve skutečnosti realizována. Model je tedy vytvořen na základě záměrů a znalostí jeho tvůrců s tím, že později by měl být realizován. Typicky se jedná o modely artefaktů ve smyslu navrhovaných technických systémů. Běžně jsou označovány jako „projektová dokumentace“. Znalosti tvůrců jsou odvozeny z přírodních věd a – pokud jsou korektně využity – umožňují model úspěšně realizovat v tom smyslu, že plní uvažované funkce. Poněkud jinou podobu mají právní normy (zákony), které usilují o to vymezit (spíše než omezit) chování jedinců a právních subjektů. Situace je ovšem mnohem složitější, stejně jako vyznění a působení samotných zákonů.
- *Prediktivní modely* se od modelů preskriptivních liší tím, že se zabývají reálnými (tj. existujícími) systémy a usilují o předpověď jejich budoucího chování. Jen výjimečně jsou prediktivní modely aplikována na navrhované systémy (snad jen v případech, že jde o neznámé systémy). Mnohem častěji se jedná o přirozené systémy, které mají komplexní povahu (např. předpověď počasí) a typicky se jedná o predikci v sociální a/nebo v sociálně ekonomické oblasti. Typické jsou rozhodovací modely umožňující optimální (sub-optimální) rozhodnutí na základě predikce budoucího stavu (chování). Připomeňme, že se jedná buď o modely optimalizační a nebo modely simulační. Významný posun v aplikacích těchto modelů představuje právě použití vyspělé výpočetní techniky. Takové modely se opírají o matematické postupy a formální logiku. Navzdory – či právě díky tomu ? – stále častěji uvažujeme o *modelech (algoritmech) heuristických*, které resignují na nejlepší řešení a z nejrůznějších důvodů se zaměřují pouze na řešení dostatečně dobrá.

Druhé hledisko pak rozlišuje povahu informací, které formují lidskou znalost, používanou pro vytváření modelu:

- *Deskriptivní modely* popisují danou situaci, zaměřují se na vnější aspekty systému. Zaměřují se na empiricky rozlišitelné – a často číselně vyjádřené – entity, tj. na prvky systému a jejich podstatné vlastnosti (atributy), případně na vazby mezi nimi. Interakce je v takovém případě mechanická, omezená na změny (pohyb) v rámci „stupňů volnosti“ a samotné prvky systémů se nemění.
- *Explanační modely* vysvětlují podstatu systému, všímají si vnitřních vlastností – tj. prvků a jejich interakce, ale také vyvíjející se komplexity a s tím pádem i měnícího se chování. Snahou bývá najít řád, tj. pravidla, podle kterých se chování mění, a ze kterých lze chování odvodit. Nicméně taková snaha je odsouzena k nezdaru v komplexních systémech. Nicméně to neznamená na takové modely resignovat, ale jde o to je vhodně interpretovat a používat jejich výsledky, respektive jinak přistupovat k samotnému modelování.

Výše zmíněné preskriptivní modely mají deskriptivní povahu, se kterou ovšem modely prediktivní nevystačí. Ty vyžadují porozumění podstatě a s ní související vysvětlení možného chování (navíc v daném prostředí). Jestliže je analýza – tedy mentální proces, který k takovému porozumění směřuje – nahrazována pouhým *popisem stávajícího stavu*, pak je predikce přinejmenším riskantní. Ovšem tradiční systémová analýza, zaměřená na rozklad celku na části odvozuje řád a vlastnosti celku na základě exaktních vztahů. V komplexních systémech selhává! Je často stavěna do kontrastu se *systemickým přístupem*, který reflektuje přirozené procesy a spontánní řád. Problém explanačních modelů spočívá jednak v problémech samotného poznání a také v různých vysvětleních, která podávají různí lidé a/nebo myšlenkové „školy“.

MODELÝ: ZÁKLADNÍ (A NEJASNÉ) KONCEPTY

V dalším textu bude věnována pozornost prediktivním modelům, které jsou tak či onak používány nejen v řadě profesních aktivit, ale také v každodenním životě. V mnoha případech jsou podporovány pouze deskriptivními modely, které jsou aplikovány bez dostatečného porozumění (vysvětlení) modelovanému systému, respektive problému, který je třeba v takovém systému řešit.

Přesvědčení o souladu skutečného vývoje a budoucího chování, respektive o správných rozhodnutích a způsobech řešení problémů, mají kořeny v tradičním paradigmatu (viz. Rosický [30]). Nejasným způsobem se v něm prolíná racionalismus a empirismus, který ovlivňuje i povahu modelů a modelování. První souvisí s vírou, že exaktní modely (založené na matematice a formální logice) správně (věrně, pravdivě) zobrazují realitu. Druhý pak souvisí s představou, že budoucí vývoj lze odvodit jednoduchou (a obvykle lineární) extrapolací vývoje minulého (běžné vyžití trendů).

Snaha korektně vymezit předmět zájmu – v tomto případě pojem *model* a nebo *modelování* – narazila na typické a přesto mimořádné zmatení pojmů. Jen pro ilustraci a se zachováním pořadí připomeňme čtyři významy, jak je uvádí Akademický (!) slovník cizích slov [25]:

- (1) osoba jako předloha pro umělecké zpracování;
- (2) zmenšené provedení předmětu, sloužící jako návrh;
- (3) *schéma*, zjednodušení jevu nebo předmětu, sloužící pro jejich zkoumání či vysvětlení, vyjádření, které zachovává – z hlediska svého účelu – podstatné rysy originálu. ;
- (4) originální věc, výrobek (sloužící za vzor, napodobení, prototyp).

A modelování je v témž slovníku charakterizováno jako ‚reprodukce‘ vybraných vlastností studovaného objektu pro výzkumné účely. Bylo by možné uvést (často absurdní) příklady čerpané z různých podkladů. S ohledem na povahu pracoviště, které pořádá tuto konferenci²⁷⁾ a také na situaci, zmíněnou v úvodu příspěvku, využijme definice ekonomického modelu. Všeobecná encyklopedie [4] pod heslem ‚*model ekonomický*‘ uvádí:

... Přehledná, zjednodušená zobrazení určité výšece *ekonomické reality*, souvislosti mezi *ekonomickými veličinami*. Zobrazuje pouze část reality právě považovanou za relevantní; od ostatních se abstrahuje. Myšlenkové modely ekonomické vědy jsou vždy pomocnými konstrukcemi pro *logické zacházení* se skutečností. Nejjednodušší modely se vyznačují velmi vysokým stupněm abstrakce. Zdokonalují se tím, že se do nich postupně zavádějí předpoklady bližší skutečnosti (princip ubývající abstrakce). Kvalita modelu se posuzuje podle jeho *vypovídací hodnoty*. Modely mají zpravidla podobu soustavy rovnic nebo grafického schématu, ale mohou být formulovány i slovně.

Uváděná definice předjímá onu kategorii modelů, která je využívána v odborné praxi a bývá spojována s pojmem ‚vědecké modelování‘. Navzdory tomu je ve výše uvedených definicích (kurzivou) zdůrazněna řada pojmů, které zaslouží větší pozornost: Patří sem takové pojmy jako jsou *reprodukce*, *ekonomické veličiny*, *logické zacházení* a další, kterým bude věnována pozornost dále.

V takovém smyslu pak představuje model *symbolickou representaci souboru objektů a jejich vztahů a přípustných významů* (Denning in [12]). Modelování je pak proces generování abstraktních entit a jejich vztahů, které jsou ve vzájemných vztazích. Podle formy jejich reprezentace pak jsou obvykle rozlišovány modely konceptuální, grafické a matematické.

²⁷⁾ Jedná se o Katedru systémové analýzy Vysoké školy ekonomické v Praze.

Nejasnost v pojmech dokumentuje také rozlišení modelů, které nabízí (výborná) kniha Making Management Decision [7]. Rozlišuje dva typy modelů a pro každý z nich ještě tři ‚úrovně‘, které jsou seřazeny do tabulky č. 1.

úroveň / typ	verbální modely z jednání	běžné ‚vědecké‘ modely
deskriptivní	popis toho, co pozorovatel vnímal, vybral a presentoval	ikonické – realita se změnou měřítka a pomíjí akcidence ²⁸⁾
využívající analogii	srovnání vnímané/uvažované situace se situací podobnou	soubor vlastností, kde soubor je reprezentován jiným souborem
vyjadřující vztahy	vyjadřuje vztahy mezi prvky (a ty mohou být kvantifikovány)	matematické symboly jsou užity k vyjádření vztahů mezi prvky

Tabulka 1 Taxonomie (rozhodovacích) modelů (dle Making Management Decision [7])

Vymezená taxonomie modelů (přestože jí lze rozumět) dokumentuje celou řadu nejasností, které charakterizují kognitivní problém – tj. vztah reality a lidského poznání. Patří k němu také rozlišování (pouze) verbálních modelů (presentovaných přirozeným jazykem) a ‚vědeckých‘ modelů.

Pro lepší přehled se napřed věnujme modelům označovaným jako verbální. Ty využívají přirozený jazyk, jehož slova jsou také symboly, na které je vázána individuální lidská znalost a porozumění okolnímu světu. Ve verbálních deskriptivních modelech je zdůrazněn vliv subjektu (vnímání, výběr...), ale neznamena to, že ten nebude (nemůže) presentovat jak situaci rozuměl. V tom případě se bude jednat o model explanační, v lepším případě se zdůrazněním osobního chápání. Pro jeho srozumitelnost pak mohou posloužit analogie a metafory, které ovšem skrývají dvojí nebezpečí: Především vystihují jen některé aspekty reálné (pozorované) situace a navíc jsou vázána na sdílenou kulturu (a případně i individuální znalosti a zkušenosti). Gramatika přirozeného jazyka zajišťuje, aby symboly do vztahů (předložky a spojky) a autoři zřejmě rozumí explicitní vysvětlení složitějších vztahů (?).

Následně se věnujme typům ‚vědeckých‘ modelů, ze kterých se hned první vymyká všem ostatním modelům z uváděné taxonomie. V případě ikonických modelů – tak jak jsou charakterizovány – se jedná o modely fyzické, nejsou tedy vyjádřeny symboly (znaky). Spadají do svébytné kategorie s omezeným použitím v oblasti praktického využití ve vědě a technice (např. pro testování aerodynamického tvaru karoserií). Jako příklad ‚vědeckých‘ modelů využívajících analogii uvádějí autoři mapu a vrstevnice. Bezprostředně se tak dotýkají otázek reprezentace reality pomocí znaků. Připomeňme, že znak představuje (hmotnou – empiricky rozlišitelnou) entitu, která zastupuje (reprezentuje) jinou entitu (hmotný objekt a nebo myšlenku). V souvislosti s mapou nelze nevzpomenout výrok, proslavený G. Batesonem [3] ‚*Mapa není teritorium*‘. Svěbytnou kategorii pak tvoří modely, které autoři označují jako symbolické s tím, že za symboly považují písmena a nebo čísla. Podotkněme, že běžně ani písmena ani čísla nemají žádný vztah ke zobrazovanému objektu a tato skutečnost zůstává stranou pozornosti, přestože je zdrojem základních problémů a nedorozumění. Ve skutečnosti mají autoři na mysli matematické modely se zcela obecným významem jednotlivých proměnných, označovaných písmeny či zkratkami. Podotkněme, že takové modely mají povahu modelů optimalizačních a nebo simulačních.

²⁸⁾ Akcidence (na rozdíl od atributu) je – z daného hlediska – nepodstatná vlastnost.

Význam matematických modelů je nesporný a ještě stoupá s rozšiřujícími se možnostmi výpočetní techniky. Spojení modelů s matematikou je natolik silné, teorie modelování se stala svébytná disciplína, zasazená na málo zřetelné pomezí matematiky a logiky (někdy bývá vydávána za sub-disciplínu matematické logiky). Orientuje se na reprezentaci matematických konceptů, které jsou směřovány k reprezentaci struktur, prostoru a času za použití konceptů z oblasti teorie množin a grup. Vzájemné vztahy takových konceptů jsou na základě vhodné ‚syntaxe‘ vyvářeny tzv. *formule*, které umožňují vytvářet (správné) závěrů. Pro jejich vyjádření jsou pak vytvářeny a používány formální jazyky, jejichž ‚sémantika‘ je spojována s otázkami pravdivosti, zatímco ‚syntaxe‘ se věnuje problémům prokazatelnosti (správnosti) *formulí*.

V teorii modelování hraje významnou roli Gödelův teorém, který je interpretován mnoha různými způsoby a v podstatě odkazuje na skutečnost, že veškeré formule jsou založeny na (neprokazatelných axiomech). Teorém vlastně naráží na rekursivní konstituci formálního systému, který pro dokazování využívá výroky, na kterých je sám založen. Málo uvažované problémy se týkají otázek reprezentace fyzického (hmotného) světa, přesněji o interpretaci, formulí, založených na sdílených zkušenostech a poznání. A v tom smyslu shrnuje Casti [in, 12] praktický dopad Gödelova teorému následovně: *Obecnou vlastností znalosti je skutečnost, že někdo musí stát mimo systém, aby mu mohl skutečně porozumět*. Naše poznání je z takové pozice utvářeno (viz. Rosický [33]) a jen nedostatečně si uvědomujeme, že jsme součástí reálného světa a proto se musíme vypořádat s jeho omezenými možnostmi.

To ovšem odkazuje k základním otázkám všech modelů, totiž ke skutečnosti, že modely jsou pouhou *reprezentací*, tedy odkazem na naše uvažování a nejsou realitu zastupovat. Výstižně to ostatně charakterizuje běžná definice modelu jako *zjednodušeného zobrazení skutečnosti* v podobném smyslu, jak jej charakterizuje výše zmíněné pojetí ekonomického modelu. Pro schopnost interpretovat výsledky modelování má rozhodující význam porozumění problému reálného světa. A na tu skutečnost se zapomíná, zejména v případě použití matematických modelů.

MODELOVÁNÍ JAKO MENÁLNÍ AKTIVITA

To co v uvažovaných souvislostech běžně nazýváme modelem, je explicitně vyjádřená entita, která používá znaky a nebo symboly. Opětovně zdůrazněme, že to není zobrazení v onom smyslu relací mezi dvěma množinami symbolů (matematických relací a/nebo různých forem presentace). Jde o poznání reality – ať už hmotné a nebo sociální, která je presentována pomocí myšlenek (ideí, představ) a namísto takových pojmů jako jsou (výše zmíněné) *reprodukce*, *zobrazení* a *reprezentace*, je vhodné třeba hovořit o interpretaci. Ta je ovšem mentální (kognitivní) aktivitou odvozenou v konkrétní situaci od individuálních lidských znalostí. Netýká se jen přijímaných zpráv (informací), ale také samotného modelování reality a následně její reprezentace (vyjádření) pomocí symbolů.

Tyto aspekty modelování jsou často ignorovány a přesto souvisí s konceptem *mentálních modelů*, které nabývají rostoucí význam jak v kognitivní vědě, tak v praktických přístupech k datovému modelování v informatice. Původní pojem pochází z poloviny dvacátého století²⁹⁾ a nový význam získal díky práci Johnson-Lairda [21]. Značným impulsem pro jeho povědomí pak byly myšlenky Peter Sengeho [38], který jej charakterizuje následovně:

²⁹⁾ Kenneth Craik, 1943.

Mentální modely jsou představy – uchovávané hluboko v nitru – o tom, jak funguje svět. Představy³⁰⁾, které limitují naše zaběhnuté, obvyklé (důvěrně známé) způsoby myšlení a jednání. Velmi často si neuvědomujeme jak naše mentální modely ovlivňují naše chování.

Podrobnější úvahy o mentálních modelech zdůrazňují několik aspektů, ze kterých lze uvést následující:

- Mentální model představuje právě jedinou a běžnou, či typickou z možností vysvětlení fungování světa a/nebo uvažované situace.
- Takové vysvětlení je považováno za samozřejmé a správné, neuvažuje o zavádějících představách (o tom co je chybné či špatné).
- Mentální modely obvykle ignorují jiné vidění světa a také předpoklady, za kterých byly formovány a ověřeny (vyhodnoceny) jako správné.

Autoři z kognitivní psychologie³¹⁾ (a příbuzných oblastí) pak upozorňují na skutečnost, že většina takových modelů má jednoduchou (naivní) povahu³²⁾ a jejich aplikace často vede k chybám. Také upozorňují na špatný výklad mentálních modelů jako interní reprezentace, s tím, že spíš se jedná o otázky, spojené s teorií poznání.

V té souvislosti je vhodné uvést, že významnou roli hrají archetypy, zmiňované v různých souvislostech nejen v psychologii a v sociologii. Významnou roli hrají také v systémové dynamice (viz. Němcová & Mildeová [24]) a nádherný příklad archetypů v lidském jednání podává transakční analýza (Berne [5]).

SYMBOLICKÉ MODELÝ: ABSTRAKCE A JAZYK

Takové archetypy ovšem jsou formovány v procesu poznání, který je svázán s individuální interakcí jedince v prostředí. Jedná se o samo-organizaci nervového systému a zmiňované archetypy pak korespondují s neustále re-formovanými vzory. Ty pak bezprostředně souvisí s intencionální povahou lidského uvažování, která je orientována na entity (fenomény) okolního světa a jejich označování pomocí symbolů. Pro objasnění lze použít definici entity, tak jak je dodnes používána v oblasti datového modelování, kde má charakter základní kategorie: *Entita je cokoliv, co ve svém okolí považujeme za natolik významné, abychom tomu věnovali zvláštní pozornost a opatřovali to jménem.* Z definice lze vyčíst vazbu na entity, které jsou výsledkem lidských hodnot (... *považujeme za natolik významné...*) a souvislostí se jmény (... *a opatřujeme to jménem*). Tato jména mají povahu podstatných jmen, která označují celé třídy konkrétních prvků – každá taková třída představuje množinu definovanou společnými vlastnostmi (atributy) v ní obsažených prvků. Jednotlivé (konkrétní, reálné) prvky jsou potom rozlišovány (označovány, vymezovány) *„vlastními jmény“*, které mají povahu *primárních klíčů*³³⁾. Jednotlivé prvky se od sebe ovšem liší a to jednak povahou nepodstatných vlastností (akcidencí), jednak konkrétními – reálnými a empiricky rozlišitelnými rozdíly. Ty jsou potom označovány takovými pojmy jako jsou *úroveň* či *reálná hodnota* a mají povahu kvantit. Jen obtížně se snad smiřujeme se skutečností, že kvantita

³⁰⁾ Citace je přeložena z originálu a s připomenutím, že pojem představa implicitně obsahuje takové konotace jako jsou názor, pojem, idea... a ve smyslu *belief* také předpoklad a víra.

³¹⁾ V Čechách to byla zejména PhD. Miluše Sedláková, CSc. Z Psychologického ústavu ČSAV a její Vybrané kapitoly z kognitivní psychologie, Grada, 2004.

³²⁾ Takový názor koresponduje s pojmy *Folk Philosophy* a/nebo *Naive Realism* – viz. Rosický []

³³⁾ Jedná se o různé pojmy, označující stejný koncept – první je z oblasti (formální) logiky, druhý u oblasti datového (či informačního) modelování.

nemusí být vyjádřena číselně, ovšem odpovídající téma přesahuje téma příspěvku a souvisí s podceňovanými tématy jako jsou škálování a nebo měření.

V tuto chvíli jde o (často proklamovanou) jednotu kvality a kvantity, kde kvalitativní vymezení je výsledkem lidské zkušenosti a poznání má abstraktní povahu a je rozhodující pro přisuzování (interpretaci) významu (modelu, informace...). Naproti tomu kvantita se váže ke konkrétní realitě, ale sama o sobě význam nemá a ten je vždy vázán na kvalitativní aspekty, vyjadřované přirozeným jazykem (slovy, symboly).

Připomeňme opět (viz. Rosický [32]) význam a úskalí procesu abstrakce, která provazuje dva typy lidského poznání – tj. poznání empirické (smyslové, odvozované od fyzikálních podnětů) a racionální, které spojuje právě intencionalitu (schopnost cílového jednání) a využití výše popsaných abstraktních pojmů. V tomto významu je blízká pojmu *racionalita*, jenž bývá často nezaměňována za *racionalismus*, tedy za představu o správnosti poznání, která je založena na exaktních postupech.

V takovém smyslu pak lze upozornit na povahu abstrakce a na ní vázané rozdíly lidského uvažování a reality. Bez nároků na úplnost lze rozšířit dvě základní formy abstrakce, které souvisejí s jazykem (viz. Rosický [32]) a vymezit další dvě. Obě významným způsobem ovlivňují jak lidské poznání tak modelování, modely a jejich užití a interpretace výsledků:

- *Generalizující abstrakce* – vytváří vzory (*pattern*, archetypy), které jsou výsledkem zobecňování jedinečných fenoménů, situací a zkušeností;
- *Idealizující abstrakce* – pomocí symbolů označuje reálně (hmotně) neexistující entity, které vymezuje člověk ve svých představách jako jsou např. *informace*, *systém*;
- *Redukující abstrakce* odhlíží od některých aspektů reality, typicky se jedná o pojetí uzavřených systémů (typicky rovnovážná termodynamika a 2. termodynamický zákon);
- *Formalizující abstrakce* – odhlíží od obsahu – tj. vztahu symbolu k označované realitě – a význam symbolu je vymezen přípustnými operacemi.

Jen pro úplnost pak lze odkázat k pojmu meta-model, mnohdy vykládaný jako *model modelu* či *model o modelu*. Ve skutečnosti se jedná o model na vyšší úrovni abstrakce, která nakonec souvisí s pojmem paradigma či Weltanschauungu a – z hlediska jejich formování – také s kulturou. Podotkněme, také kultura má povahu samo-organizujícího se systému a výrazně je ovlivněna množstvím a způsoby sdílených informací a/nebo znalostí. Podstatné pak je, že v lidské komunikaci probíhá další zobecňování – vyšší úroveň abstrakce – která dále vzdaluje společnost od reality. V tomto procesu pak také dochází ke kodifikaci sdílených znalostí (vzorů, modelů), která koresponduje tzv. *konsensuální teorii pravdy* (viz. Rosický [31])...

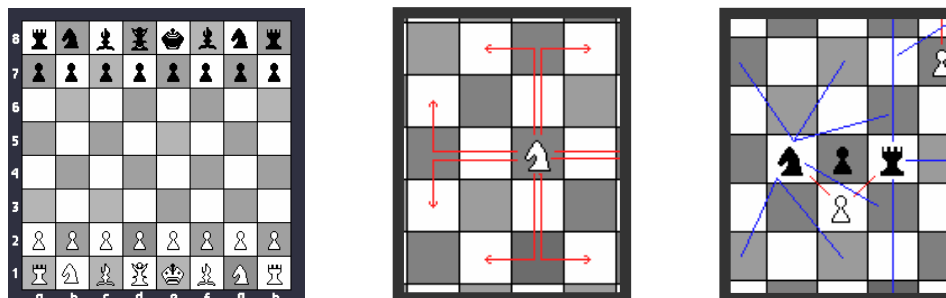
V tuto chvíli lze poukázat na povahu a užití formalizovaných jazyků, respektive na nich založených modelů a vztahu k realitě. Především lze poukázat na povahu kalkulu ve smyslu, na který poukázal John von Neumann, když vysvětloval povahu teorie her³⁴⁾. Právě tam konstatuje, že hry, které hrají lidé, jsou něčím jiným než šachy, které mají povahu kalkulu.

Kalkul³⁵⁾ sám představuje absolutní abstrakci, která používá zcela univerzální symboly, ovšem bez jakékoliv vazby na realitu. Význam jednotlivých symbolů je pak dán pouze vymezenými operacemi a zároveň jsou dány výsledky takových operací. Příkladem mohou

³⁴⁾ Uvádí Bronowski v knize Vzestup člověka, která před léty vyšla v Klubu čtenářů.

³⁵⁾ V matematice jsou uváděny strohé definice, které nezdůrazňují zde presentovanou úvahu o abstrakci, ale korespondují s uváděným textem.

být právě šachy, zmíněné von Neumannem. Jednotlivé figurky představují abstraktní symboly a de facto nezávisí na jejich reálné (hmotné) podobě. Mohou se pohybovat v omezeném a diskrétním prostoru šachovnice, kde nerozhodují skutečné rozdíly – to kde figura opravdu stojí není rozhodující – význam má pouze místo vymezené pravidly. Pomocí pravidel jsou přesně vymezeny možnosti pohybu jednotlivých figur (operací) a také jejich výsledky (na které je v rámci pravidel soupeř sto reagovat).



Obrázek 1 Šachy jako kalkulu: Figurky jsou symboly pohybující se v diskrétním prostoru šachovnice (vlevo), jsou vymezeny jejich možné operace – tahy (uprostřed) a také výsledky, které mají statisticky determinovanou povahu danou vymezenými možnostmi figur (symbolů). Mezi nimi může volit (proti) hráč: Poslední operací v obrázku je tah bílého pěšce (operace symbolu) a černý může volit v rámci pravidel ztrátu koně či věže (vpravo). Bílý, díky celkové strategii, může volit – ale jen v rámci pravidel (možných operací) jinou variantu (operaci s jiným symbolem)

Matematické modely – alespoň ty založené na aritmetice a/nebo formální logice – mají povahu kalkulu s jeho přednostmi i problémy. Tzv. „proměnné“ představují abstraktní symboly a správné operace jsou dány povahou samotného kalkulu. Pravda uvažovaná v teorii modelování a (víra ve) správnost odpovídajících modelů, pak vycházejí z *koherentní teorie pravdy* (pravda je odvozována z premis podle pravidel). V té souvislosti je vhodné připomenout, že takové modely jsou skutečně abstrakcí a jejich správnost je relativizována nejen Gödelovým teorémem, ale i praktickými závěry.

Vezměme v potaz jenom otázku *proměnných* a rozdíl oproti matematickým symbolům, který je vysvětlován přirozeným jazykem a často – v intencích sdíleného mentální modelu – se zdá být samozřejmý. Poukazuje na otázky samotného jazyka, který je založen na zmíněných *beliefs* (představách, implicitních a ne vždy uvažovaných/platných předpokladech), na sdílených a kulturně formovaných hodnotách atd. A navíc je otázka chápání světa, který není dán, ale utvářen, má komplexní povahu a přirozený řád s některými aspekty, které budou zmíněny v další kapitole.

Poznámka k tématu matematiky, aritmetiky a čísel k realitě, respektive ke schopnosti pomocí kalkulu modelovat reálný svět, přesahuje svým významem glosy a komentáře uváděné pod čarou. Otevírá základní otázky související s *filosofií matematiky*³⁶⁾, které jsou bohužel opomíjeny na úkor vyučovaných a/nebo využívaných instrumentálních dovedností. Patří sem i významná otázka, co je to vlastně číslo – v matematice typicky nahrazovaná vývojem pojmu od čísel kardinálních až po čísla komplexní... Nicméně některé pokusy odkazují k číslu a k aritmetice novým přístupem, která koresponduje nastíněným způsobům uvažování, ve kterém i čísla jsou lidským konstruktem (s jistou odvahou lze tvrdit, že spolu s aritmetikou tvoří nedílnou jednotu, která má povahu kalkulu). Timothy Gowers v útlé a přesto mimořádně přínosné publikaci Matematika [16] hovoří o různých formách abstrakce a přirozená čísla odvozuje od (1) přirozené a omezené schopnosti rozeznávat množství prvků množiny a (2) další čísla odvozovat od jejich uspořádání a nebo řádu. Doslovně pak uvádí: *Už pomalu*

³⁶⁾ Problematikou se na vysoké úrovni zabývá prof. Vopěnka a upozorňuje na skutečnost, že matematika není jen aritmetika, ale také geometrie... (mají také povahu kalkulu?) A v knize *Meditace o základech vědy* (nakladatelství Práh, 2001) charakterizuje matematické symboly jako *prázdné věšáky*...

vychází najevo, že čísla jsou těsně spojena s operacemi sčítání a násobení: bez určitého ponětí o aritmetice můžeme mít jen zcela mlhavou představu o číslech jako je 1 000 000 017. Pokud chceme opravdu porozumět schopnostem matematiky a následně i počítači podporovaným modelům, pak je třeba takovým záležitostem věnovat přiměřenou (tj. zvýšenou) pozornost.

REALISTICKÝ KONCEPT REALITY

Obraťme na okamžik pozornost ke skutečnosti samotné, k oblasti, která je ve filosofii nazývána ontologií či metafyzikou. Pod vlivem pozitivismu byly adekvátní problémy odsunuty do pozadí, ale dnes v souvislosti s *kognitivním obratem* se jim dostává nejen opětovné pozornosti, ale také nových výkladů. Především to je systémová teorie, která s koncepty samo-organizace zastřešuje poznání, jehož zdroje jsou v různých disciplínách včetně fyziky (evoluční) biologie. A současná (*advanced*) kybernetika v té souvislosti poukazuje na hmotnou podstatu lidského poznání a dává do souvislosti ontologii s epistemologií. Celkově lze daný přístup označit za evoluční a v tom smyslu lze akcentovat tři stěžejní myšlenky:

- Akcent na materiální povahu světa, vč. lidského poznání a důsledků na lidské jednání,
- Přirozený vývoj (evoluci), která zahrnuje i lidské zásahy jako výsledek lidského poznání (ko-evoluce);
- Orientace na procesy (a změny), kde statický ‚stav‘ představuje vzor (*pattern*) dynamické rovnováhy.

Samotný příspěvek přesahuje uvedené téma a nezbyvá, než se na předcházející ročníky konference Systémové přístupy a zejména na literaturu (Hitchins [19], Mingers [23], Rosický [34], Bar-Yam [2]). Nicméně je třeba alespoň stručně zmínit několik základních principů a (ověřených) teorií, které jsou sto poukázat na omezené možnosti modelování.

V tuto chvíli lze poukázat na přirozený jazyk, který tak či onak stojí za vztahem jakéhokoliv modelu, který využívá znaky (symboly). A v té souvislosti je třeba poukázat na skutečnost, že jazyk a jeho slova nezastupují ani nereprezentují skutečnost. Mnohem výstižnější ovšem je, že iniciují lidské myšlení, které navozuje představu skutečnost (výše zmíněné beliefs). Situaci výstižně charakterizuje obrázek René Magritta, který vznikl v reakci na Foucltovy úvahy a je s komentářem prezentován na obrázku xy. Znaky (ikony a symboly) jsou ve skutečnosti interpretovány a člověk jim přisuzuje význam, který pak iniciuje jeho – mentální a nebo fyzické³⁷⁾ aktivity.



Zdánlivý paradox odhaluje podstatu znaků, které ‚reprezentují‘ v tom smyslu, že vyvolávají její představu: Na Magrittově obrázku jsou dva znaky které si (zdánlivě) protřečí. První z nich má povahu ikony (viz. Rosický [1]), zatímco v jazykovém sdělení pak je používá symbol ‚dýmka‘. To pak odhaluje, že jde jen o odkaz k realitě, které navozuje představu, která není skutečností (nelze z ní kouřit...) Samotná představa ovšem umožňuje uvažovat a jednat. A na této skutečnosti by nic nezměnilo ani konstatování, toto je dýmka. Reprezentace skutečnost je jen představa ... !

Obrázek č. 2 Obrázek René Magritta dokumentuje rozdíl mezi znakem (symbolem] a/nebo ikonou), který umožňuje o realitě uvažovat, ale nemůže ji nahradit.

Z toho hlediska jsou všechny jazykové projevy explicitním vyjádřením (komplexních) mentálních modelů a měli bychom jim věnovat patřičnou pozornost. Souvisí to s pojmem

³⁷⁾ Rozlišování mezi mentálními a fyzikálními aktivitami je ovšem pouze výsledkem

narativních modelů a jejich nejasným pojetím, které je často spojováno s (se sdílením znalostí) prostým vyprávěním³⁸⁾. Ovšem seriózní úvahy o narativních modelech směřují do oblasti *dekonstrukce jazyka*³⁹⁾ a nebo presentovaného sdělení – narativního modelu. Jedná se v nich právě o porozumění podstatě sdělení, odhalení skrytých předpokladů...

Svou podstatou je blízko kritickému myšlení, které získává nejen rostoucí oblibu, ale i význam, spojený s interpretací – tvorbou i užitím jakýchkoliv modelů. Srovnání vybraných aspektů kritického myšlení s běžným uvažováním je zřejmé z tabulky 2.

	běžné uvažování	kritické myšlení
znalosti a informace	monotematické, úzce specializované	interdisciplinární, transdisciplinární
	pragmaticky orientované na problém	různé vrstvy, souvislosti a hlediska
	Odvozované praxe (bez reflexe souvislostí)	aplikace teorie (paradigmatu) v konkrétní situaci
	bez zřejmých zdrojů, jediný nejasný zdroj	uvádějí zdroje (pokud možno více zdrojů)
způsob uvažování	přejímá znalosti orientované na řešení	rozvíjí učení se a aplikaci znalostí
	neuspořádaný nebo „racionální“ (vertikální)	diskurz: snaha najít podstatu z jazykového sdělení
	běžné, nedefinované pojmy, přenesené významy	založené na dobře definovaných pojmech
	spokojí se s popisem a návody	usiluje o vhled, porozumění a vysvětlení
	zdání objektivitu – neuvažuje lidské poznání	reflektuje svoje postoje a omezení

Tabulka č. 2 Charakteristika kritického myšlení, vymezená srovnáním s konvenčním uvažováním

Připomeňme jen stručně skutečnost, že kritické myšlení představuje skeptické uvažování (nezaměňujeme za pesimismus), tj. uvažování, které odkládá růžové brýle a usiluje o reálný pohled na svět. Zaměřuje pozornost na různá jazyková sdělení, na uvažované teze a jejich předpoklady, na rozmanité vidění problému... a také na možnosti jejich řešení a jejich modelování. Základem je porozumění přirozenému jazyku, schopnost vysvětlovat a korektně argumentovat ve prospěch (či proti) presentovaných myšlenek, teorií (resp. tak zvaných „škol“), tvrzení a soudů. Tvořivá aplikace pak vytváří předpoklady pro lepší porozumění reálným situacím v konkrétním kontextu. Následně pak také pro náležitou tvorbu modelů, respektive pro korektní interpretaci modelem poskytovaných výsledků.

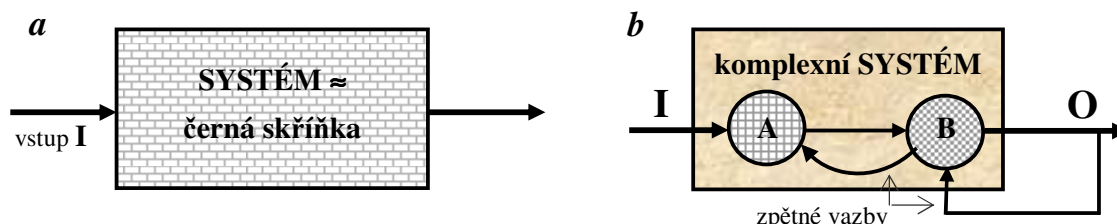
ZPĚTNÁ VAZBA A DYNAMIKA REALITY

Snad nejvýznamnější je rekurzivní povaha vývoje, která souvisí s působením zpětné vazby a je základem systémové dynamiky. Obecně lze charakterizovat zpětnou vazbu jako informaci o výstupech procesu (systému), které jsou využívány pro změnu procesu (systému – jeho komplexity). Podstatné při tom je, že dochází ke kruhovému působení (*circularity*) – působení zpětné vazby navozuje novou rekurzivní povahu systému. Rekurze (název je odvozen z latiny a znamená *návrat* či *navracení se*) představuje proces, který – v interakci s okolním prostředím – ovlivňuje sám sebe a může se vyvíjet (měnit). Jeho cyklická povaha pak

³⁸⁾ Jakkoliv je tradičně ve „vědě“ podceňován, nabývá narace význam v umělé inteligenci – viz např. článek *The integration of narrative and argumentation for a scenario based learning environment in law*, přednesený na Int. Conference on Artificial Intelligence (<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1165524>).

³⁹⁾ Pojem dekonstrukce pochází od postmoderního filosofa Derridy a v jeho podání se jedná *analýzu tradovaných významových útvarů až do doby, kdy nebudou odhaleny jejich skryté a potlačené předpoklady*. Podle autora pak *rekonstrukce je výrazem pro změnu pořádku racionality, v níž žijeme*. Mnoho tradičně uvažujících filosofů i odborníků z jiných oborů postmoderní filosofy (právě kvůli racionalitě) odmítá. Nicméně ti (vč. Foucalta) poukazují právě na povahu a problémy jazyka a potřebu se vyrovnat s rozdíly oproti realitě

znamená (možnost) vytváření či přetváření komponent systému (ve kterém proces probíhá) a nebo jejich vzájemných vztahů. Je základem evoluce a/nebo samo-organizace a dnes je prakticky používána v některých oblastech umělé inteligence (tzv. rekursivní vzorce, algoritmy). Podotkněme ještě, že negativní zpětná vazba (omezuje působení vstupu) přispívá k udržování dynamické rovnováhy. Naopak pozitivní zpětná vazba (posiluje působení vstupu) systém s rovnováhy vyvádí a podporuje exponenciální vývoj, který končí změnou jeho identity (eventuelně destrukcí jeho fyzikální struktury).



Obrázek č. 3 Schéma komplexity vyplývající z kruhového působení zpětné vazby. V levé části (a) je znázorněn systém jako černá skříňka, v pravé (b) pak s působením vnitřní zpětné vazby. Tradiční (technický) koncept zpětné vazby – tj. regulátor, který detekuje odchylku a upravuje vstup – má obdobnou povahu, ovšem uvažovaný (řízený, regulovaný) systém se nemění.

Pokud ovšem uvažujeme komplexitu, pak je situace složitější. Pokusme se ji vysvětlit s poukazem na tradiční koncept systému jako černé skříňky a samo-organizující se systém (viz obrázek x). V prvním případě jsou jeho komplexita ignorována a jeho chování je sledováno pouze v relaci vstupů a výstupů (viz obrázek č. 3a). Důležitou roli pak hraje tzv. transformační funkce $O = f\{I\}$ a pokud je pravidelná, lze systém relativně jednoduše řídit. Na obrázku č. 3b je ovšem zpětná vazba, která představuje další vstup do systému (vedle uvažovaného I) a mění (nebo může měnit) jeho strukturu a komplexitu.

t_0	počáteční stav (podmínky) – struktura (komplexita) s transformační funkcí TF_0		
čas	(stejný) vstup	trans. funkce	výstup (který mění komplexitu a transformační funkci)
t_1	I_1	TF_0	O_1 mění transformační funkci na TF_1
t_2	$I_2 = I_1$	TF_1	O_2 mění transformační funkci na TF_2
...			O_{n-1} mění transformační funkci na TF_{n-1}
t_n	$I_n = I_{n-1} = I_1$	TF_{n-1}	O_n mění transformační funkci na TF_n

Tabulka 3 Rekursivní proces, ve kterém systém mění svoji strukturu, transformační funkci a chování jako následek interakce s okolím.

Předpokládejme, že na počátku je chování systému charakterizováno transformační funkcí TF_0 . Protože se jedná o proces, je nutné rozlišovat čas a použít indexy. Jestliže v čase t_1 zapůsobí podnět (vstup I_1), pak iniciuje chování systému, jehož výsledkem je (předpokládaný) výstup O_1 . Ten ovšem ovlivní (může ovlivnit) povahu některého z prvků či vazeb původní struktury a transformační funkce TF_0 se změní (na TF_1). Jestliže poté na systém zapůsobí stejný podnět ($I_2 = I_1$), pak bude reakce (výstup O_2) systému jiná než v předcházejícím případě (O_1). Proces se neustále opakuje a při hlubším zamyšlení otevírá řadu otázek: Jedna z nich se týká doby, za jakou dobu dojde ke změně struktury (a transformační funkce), další pak povahy času vůbec. Z hlediska modelování je pak významná otázka počátečních podmínek (jak a kdy vznikly). Taková – byť závažná – témata přesahují ovšem rámec této publikace a zájemci je mohou nalézt v textech z oblasti filosofie, fyziky, kybernetiky apod.).

Chování systému nezávisí jen na okamžitém vnějším působení (vstupu), ale také na minulých stavech, přesněji pak na minulém vývoji (v metafoře lze konstatovat, že systém má paměť), a

takový systém je sto formovat výše zmíněné vzory a artefakty. Rekursivní procesy jsou významným aspektem komplexity a souvisejí s jejich dynamickou povahou. Ta ovšem nespočívá v prostém zavedení času, jako nezávisle proměnné (jako je tomu v Newtonových fyzikálních zákonech). Tuto skutečnost je nutné reflektovat v našem uvažování stejně jako při tvorbě a použití adekvátních modelů – nevystačíme při tom s tradičním lineárním myšlením jako sekvenci, kterou lze vyjádřit následovně:

(prvotní) příčina (1) → **důsledek** (1) → **příčina** (2) → **důsledek** (2) → ... → **(konečný) důsledek** (n)

Důležitá je právě rekurze a tomu odpovídající modely, které nevystačí s jednoduchou kauzalitou, ale dávají systémům a realitě novou dimenzi – totiž nevratný čas včetně závislosti na minulém vývoji..

KOMPLEXITA, CHAOS, TURBULENCE A EMERGENCE ŘÁDU

Dynamické aspekty systémů, které jsou základem přirozeného vývoje a dynamické rovnováhy, respektive v minulosti formovaných vzorů (*patterns*), je neobyčejně významným a málo známým aspektem reality. Hraje významnou roli v současné systémové teorii, která poukazuje na význam komplexity (Bar-Yam [2]) pro povahu řádu, chaosu a vývoje systému. Nachází uplatnění v praktických aplikacích ať už se jedná o celou oblast modelování (spojované s pojmem systémové dynamiky (Sterman [39]) a výrazně ovlivňuje také systémové inženýrství (Hitchins [19]), pojetí učící se organizace a nakonec i lidského poznání a kultury. Nicméně není zdaleka jediným z mnoha aspektů komplexity reálného světa; připomeňme některé z nich:

Jednou z nejvíce opomíjených skutečností je úzká orientace na uvažovaný systém a přehlížení či podcenění jeho interakce v prostředí. Z hlediska modelované reality tak můžeme poukázat na nezanedbatelný (kruhový) vztah uvažovaného (modelovaného) objektu (entity, systému) s prostředím, který je v modelech často (v drtivé většině) opomíjen. Jde o případ dříve zmíněné redukcující abstrakce, která de facto degraduje realitu na uzavřené systémy a/nebo izolované entity. V systémové teorii je adekvátní problém či spíše princip označovaný jako *systémové hierarchie* a v podstatě je důslednou aplikací systémového myšlení. Podle něj lze na každý prvek systému nahlížet opětovně jako na systém a fyzikální prvek je pak dynamickým systémem, jehož prvky jsou proton, neutrony a pohybující se elektrony. Naopak každý systém, o kterém uvažujeme, lze považovat za prvek širšího systému (metasystému) ve kterém vstupuje do interakce s ostatními komponentami (systémy)... V tradičním konceptu systému, který je vymezen proti okolí (prostředí) neuvažujeme vliv tohoto prostředí, případně bereme v potaz jen perturbace – tj. *poruchy, přicházející z okolí*). Ovšem uvažovaná interakce odkazuje na význam metasystému, resp. Prostředí, ve kterém je systém sto udržovat svoji strukturu, chování a identitu. Lze poukázat na skutečnost, že v přirozeném prostředí nejsou samotné prvky *„stabilní“*, zatímco složitější struktury – molekuly – *„stabilní“* jsou. Přesněji řečeno molekuly jsou ve stavu dynamické rovnováhy, která se ovšem mění (systém *bifurkuje*) v závislosti na vnějším prostředí. Pokud použijeme příklad kyslíku, pak v atmosféře se vyskytuje jako molekula O₂, ovšem ve stratosféře jsou *„stabilní“* molekuly ozonu – tedy O₃. Pro ilustraci pak ještě připomeňme, že běžně uvažujeme o kyslíku právě ve formě O₂. V této formě je stabilní v atmosféře, ve které je zároveň významnou komponentou (složkou). Dokonce tak významnou, že je rozhodující pro existenci života (živočichů). A pro úplnost dodejme, že ozón se nevyskytuje jenom v atmosféře, ale také v situacích, kdy je v horkých dnech prostředí znečištěno výfukovými plyny. Ovšem v takovém případě je (tzv. *přízemní*) ozón zdraví škodlivý.

Uváděný princip má obecný charakter a představuje významný znak reality: Prvek (objekt) interaguje v systému a přispívá k jeho celostním vlastnostem – zároveň systém vytváří prostředí pro identitu (povahu a existenci) prvku... Systém pak interaguje v meta-systému...

Názorným příkladem je interakce živých systémů (organismů) a (mikro) prostředí, označovanou pojmem *nika*. V souvislosti tohoto článku pak připomeňme, že člověk (jedinec) interaguje v prostředí, které (a) je pro něj životně důležité a (b) podílí se na jeho formování.

Taková široce pojímaná a vzájemně provázaná interakce představuje celou řadu paralelních a nesynchronizovaných procesů, kde hraje roli časový souběh více podnětů (synergie). Navíc souběh týž podnětů působících v různém čase nemusí – s ohledem na minulý vývoj systému – znamenat stejné jednání a/nebo výstupy. To vše také vysvětluje jev, známý jako efekt motýlích křídel, poprvé presentovaný a proslavený Edwardem Lorenzem (in. Gleick [15]). Upozorňuje na malé – neuvažované, neznámé a nebo dokonce člověkem nerozlišitelné – podněty, které mohou v komplexním systému podněcovat nečekané změny a měnit povahu prostředí, ale také uvažovaných systému.

Výsledkem je ona ‚*křehká rovnováha*‘ spojovaná s pojmem *ekologie*⁴⁰⁾, charakterizovaná také jako *život „na hraně chaosu“*... S rostoucí komplexitou roste i možnost samovolných změn, které si uvědomujeme teprve poté, co přinesou *evidentní* změny. Takové změny často (a v sociálních systémech většinou) nemají povahu jednoduchých a empiricky rozlišitelných rozdílů a jsou spíše otázkou názorů a hodnocení. To se promítá nejen do výběru a tvorby kvantitativních údajů získávaných měřeními a pozorováními⁴¹⁾, ale také do jejich interpretace. Právě zde se projevuje nejen omezená schopnost lidského smyslového pozorování, ale především mentálních modelů, ve kterých jsou implicitně obsažené sdílené hodnoty, znalosti ...a nakonec i paradigma (paradigmata). Nastíněný problém souvisí s pojmem *emergence*, který patří mezi významné kategorie systémové teorie (a také filosofie). Samotný pojem nelze dost dobře přeložit⁴²⁾; v akademickém slovníku cizích slov [25] je výstižnější definice slova *emergentní*: ‚*teorie vývoje, podle níž se nové stupně vývoje vynořují jako úplně nové kvality*‘. Podrobnější materiály⁴³⁾ odkazují na dva typy *emergence*, rozlišované pojmy jako interní / externí nebo – a snad výstižněji – jako *emergence ontologická / epistemologická*.

S ohledem na téma článku je významná souvislost *emergence* se samo-organizací přirozených systémů, kde jejich (samo) organizace – tj. vzory reálných struktur – nejsou výsledkem kauzálních událostí ani pravidel... Vyplynávají z interakce, která je – v souvislosti s výše nastíněnými principy – základem komplexity reálného světa. A také podstaty lidského poznání, které je výsledkem interakcí člověka v tomto světě. V ustálených (rovnovážných) situacích, představují některé vzory dříve zmíněné entity (typy, vzory), označované (reprezentované) pomocí symbolů (a uváděné do vztahů přirozeným jazykem). Jejich vymezení pomocí funkčně orientovaných atributů (spojovaných se záměry a hodnotami) pak představuje *kvalitu*, která je základem lidského vnímání skutečnosti. V takových situacích se objevují procesy, ve kterých lze tak či onak vysledovat opakování. Buď se jedná o opakování procesu – v takových případech se jedná o *cyklické traktory* (Gleick [19], Rosický [30]) – nebo představují typické způsoby vývoje – tzv. *archetypy* (viz Senge [38], Berne [5]).

Ovšem vývoj může být narušen v důsledku některých z nastíněných (či dalších) aspektů komplexity. V takových případech se systém vychyluje z rovnovážného stavu, dříve formované vzory nejsou udržovány a systém mění svou identitu, včetně svých vlastností. Ve hmotných systémech může dojít k evidentní destrukci systému (výbuch parního kotle, zánik života...). V mnoha případech ale nemusí docházet k fyzické destrukci, pak ale dochází ke změně identity systému a jeho chování – v ekonomii to představují tzv. ‚*S křivky*‘, které mění

⁴⁰⁾ Zdaleka nejde o tradiční (a často naivní) pohled, který souvisí s ekologií přírodního prostředí, ale právě o zohlednění přirozených procesů

⁴¹⁾ Často jde o statistická šetření a zejména pak o již zmíněné časové řady

⁴²⁾ *Emergence* (ang.): vynoření se; objevení se, vzházení / vývoj, vývin / (výrůstek z povrchu orgánu)

⁴³⁾ Velmi dobře je zpracován odkaz v anglické verzi wikipedie (<http://en.wikipedia.org/wiki/Emergence>), kde je pro zájemce také množství odkazů

původní exponenciální trend vývoje. Systémy ztrácí svoji identitu a s ní i vlastnosti, které formovaly vzory našeho poznání a s ním spojené mentální modely. Chování (a nebo vývoj) se vymyká v minulosti utvářeným (a kulturně sdíleným) archetypům. Taková vývojová období jsou spojována s pojetím chaosu, ze kterého povstává (emerguje) nový řád (viz. Prigogine & Stengers [27]). Přirozený proces vývoje společnosti (a světa), označovaný jako globalizace, přinesl mnoho více či méně zřejmých změn. Mnohé z nich jsou sice reflektovány některými jednotlivci a/nebo skupinami, ovšem nenachází dostatečný ohlas v širší veřejnosti a v praktických aktivitách. Změny jsou výsledkem přirozeného vývoje (evoluce), který mění systémové povahy společnosti. Přináší vyšší komplexitu a s ní roste i turbulence – totiž náchylnost systému k drobným, či donedávna neexistujícím (nereflektovaným) skutečnostem. Jejich důsledkem pak jsou nečekané změny, které ale postihují celý systém (svět), který ztrácí stávající identitu a kvalitu, se kterou si namnoze nevíme rady..

SOCIÁLNÍ SYSTÉMY A SOCIÁLNÍ REALITA

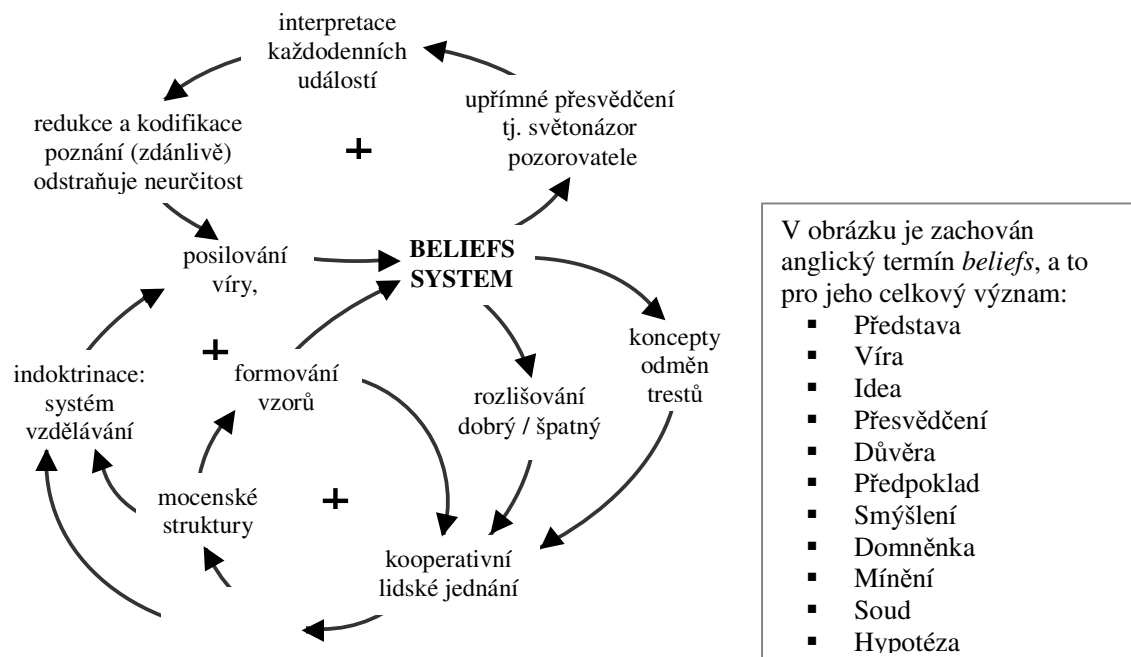
Principy či aspekty komplexních systémů popsané výše mají obecný charakter a s respektem jejich specifity platí i v sociálních systémech. Jejich povaha ovšem zahrnuje ještě dva další aspekty, které hrají významnou roli. Oba souvisejí s povahou jazyka a/nebo sémantické informace, jejíž význam je přisuzován příjemcem na základě jeho individuální znalosti.

- Prvním z obou aspektů je skutečnost, že stejná data (forma sémantické informace) jsou interpretována každým jednotlivcem s většími či menšími rozdíly. Podotkneme, že takové informace jsou zprostředkované (*mediated*) a zahrnují záměry a znalosti (a mentální modely) jejich autorů. Liší se tedy i individuálně přisuzovaný význam informace a následně i iniciované aktivity – ať už fyzické či mentální (vč. tvorby modelů). To přináší do systému neurčitost, která ve svých důsledcích má podobu větších či menších fluktuací v rámci (kulturně) sdílených vzorů.
- Druhým atributem je již zmíněná abstrakce, která je závažným aspektem lidského poznání a jednání. Primární roli hraje generalizující abstrakce a formování vzorů na úrovni fyzického jedince a jejich vazby na přirozený jazyk, respektive na povahu sémantické informace. Ta umožňuje sdílet zkušenosti a znalosti jednotlivců a ve vzájemné komunikaci je dále – na druhé, vyšší – úrovni zobecňovat a konstituovat kulturně sdílené vzory, které naopak formují mentální modely (a znalosti) jednotlivců...

Systémové pojetí kultury se ovšem výrazně odlišuje od tradičního konceptu institucionalizovaných aktivit, tak či onak spojovaných s uměním. Jedná se o systém sdílených a formovaných hodnot, významů a norem sdílených v určité komunitě. Významným způsobem ovlivňuje lidskou schopnost vybírat, pořádat a kodifikovat sdílené zkušenosti a znalosti. Právě kulturně formované vzory a s nimi spojená abstrakce přispívají k formování sociální reality (viz. Berger & Luckman [6]). Ta je v mnoha ohledech založená na dříve zmiňovaných *beliefs*: tj. na společně vytvářené a sdílené víře, že takové vzory uvažování a jednání jsou správné. Sociální realita je formována myšlenkami a představami, které ne dostatečně reflektují rozpory se schopností je realizovat, respektive reflektovat na výsledky lidských aktivit, kterými ovlivňujeme přirozené procesy. Týká se to jak přímých tak (a to zejména nepřímých) zásahů do fyzické reality (tzv. *externalit*), tak i nereálných představ, které se týkají přirozených procesů (ekologie) sociálně ekonomického vývoje. Adekvátní vývoj, výrazně podporovaný „digitální“ informační a komunikační technologií, bývá spojován s pojmem *cyberspace* – tj. „prostoru“ ve kterém roste virtualita a slova/myšlenky rostoucí měrou nahrazují realitu samotnou. Takový vývoj představuje nedostatečně reflektovaný

problém (Rosický [35]), který se začíná naplňovat, mj. ve stávající krizi finančního sektoru – a propojuje virtuální ekonomiky.

Formování (přesněji re-formování) kulturních vzorů je přirozeným procesem, který vyplývá z komunikace mezi lidmi. V minulosti bylo výrazně vázáno na sdílený jazyk (národ) a byl omezen i možnostmi komunikace. Postupně jej pak rostoucí měrou ovlivňovaly a ovlivňují různé instituce (viz. Rosický [36]). zdaleka to není jen sféra tradičně pojímané ‚kultury‘ (ve smyslu umění, ale významnou roli hraje vzdělávací systém⁴⁴⁾ a zásadní roli sehrávají masová média včetně internetu. Schéma znázorňující nastíněný proces je znázorněno na obrázku č. 4. Je převzato z Hitchinsovy publikace [19] a v souladu s tímto textem je mírně terminologicky upraveno.



Obrázek č. 4 Proces (re) formování systému lidských představ (beliefs), znázorněný pomocí ‚smyčkového diagramu‘, viz. *systémová dynamika* (upraveno podle Hitchinse [19])

Právě v systému vzdělávání lze spatřovat vliv (indoktrinaci) karteziánské racionality a víru ve schopnosti matematiky a matematického modelování reality (podpořený adekvátními schopnostmi navrhovat technické systémy). Ta je výrazně posílena výpočetními možnostmi stávajících počítačů a moderních aplikací (např. UI – viz. Thagard [40]).

V celém procesu pak hraje nedoceněnou roli vývoj a proměny informační technologie od schopnosti zaznamenávat informaci na media (např. tužka a papír), přes možnosti on-line přenosu (telefon, telegraf) až po využití elektromagnetických vln, včetně přenosu obrazu a možnosti bezprostřední komunikace ‚typu 1:N‘... Nová dimenze je vázána na binární kódování, respektive algoritmizaci, která je de facto využitím kalkulu při zpracování dat – tj. binárně kódovaných znaků a symbolů. V tom smyslu je pojem ‚počítačové zpracování informace‘ velmi zavádějící a zamlžuje skutečnost, že stranou pozornosti zůstává její význam,

⁴⁴⁾ Již v padesátých letech kritizovala povahu současné kultury a vzdělávání Hannah Arendtová [1]. S ohledem na rostoucí virtualitu (a reálné modelování) je to závažné téma, které ovšem přesahuje tento příspěvek. Připomeňme, že systém všeobecného vzdělání rozvíjí vzor odvozený z osvícenecké éry (18. století) a to navzdory vědeckému poznání, které poukazuje na jeho chyby (např. koncept evoluce jako pomalé adaptace a okolní prostředí).

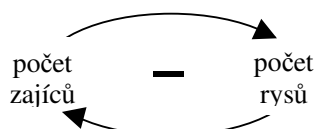
vždy interpretovaný jednotlivci (ovlivňovaných samotnou komunikací). A s ní souvisí omezená povaha používaných modelů (včetně těch mentálních), která omezuje flexibilitu našeho jednání v komplexním a turbulentním prostředí.

Situaci pak završuje existence internetu jako sítě, která významně mění komplexitu společnosti. V rámci tradičního paradigmatu jsou preferovány otázky dostupnosti dat (informací) a s tím spojené možnosti vyhledávání... Naopak podceňovány a nebo alespoň stranou pozornosti zůstává řada závažných problémů: Kromě již zmíněné měnící se komplexity k nim patří například věrohodnost dostupných dat (informací), rostoucí závislost na (často anonymních zdrojích) informací (jak na internetu tak ve sdělovacích prostředcích) a další. Mezi nejvýznamnější patří právě rostoucí virtualita *kybernetického prostoru* (*cyberspace*), tj. počítačovou sítí zprostředkovaných symbolů. Mnozí sociologové poukazují na problémy, které vyplývají z komunikačních procesů, které nahrazují realitu⁴⁵⁾, např. počítačové hry, ale také seznamování po internetu cheaty apod. V intencích tohoto pojednání je ovšem problém mnohem širší, méně zřejmý a o to závažnější. Nabízí sice (prakticky ničím omeзованou) rozmanitost, zároveň ale formuje virtuální prostor, kde myšlenky – slova a počítačové animace – nahrazují realitu.

V souvislosti s modelováním se může zdát otázka kultury příliš vzdálenou a často (zejména při redukci modelování na ‚exaktní přístupy‘) také odmítanou. Ovšem jen do té doby, než se věnujeme otázce věrohodnosti a/nebo spolehlivosti používaných modelů a jejich schopnosti reprezentovat skutečný vývoj systému (situace).. Nejen, že poukazuje na kulturní posun mentálních modelů, ale naznačit upozorňuje také na (i) kulturní aspekty jejich tvorby a (ii) na potřebu takové vzory akceptovat v případech, že jde o modely sociálně-ekonomických aktivit.

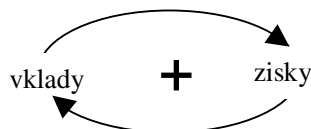
SKUTEČNOST A REÁLNÉ MOŽNOSTI JEJÍHO MODELOVÁNÍ

Většina racionálně uvažujících odborníků (oprávněně) poukazuje na nepřesnost hovorového (přirozeného) jazyka a (marně) usiluje o jeho zpřesnění prostřednictvím formalizace. Jen málokdo si uvědomuje podstatu přirozeného jazyka včetně abstrakce a interpretace reality, která je základem každodenního života, včetně tvorby formálních modelů. Stranou pozornosti pak zůstává další úroveň abstrakce, se kterou je formalizace spojena (vč. povahy kalkulu) a také další formy abstrakce, na kterých jsou takové modely založeny. Což ovšem neznamena odmítání matematiky a formálních (exaktních) modelů, ovšem jejich interpretace a úspěch závisí na porozumění jejich rozdílu oproti realitě.



negativní zpětná vazba – udržuje systém v dynamické rovnováze

rostoucí počet rysů omezuje populaci zajíců, kteří jsou jejich potravou a klesající počet zajíců pak omezuje populaci rysů



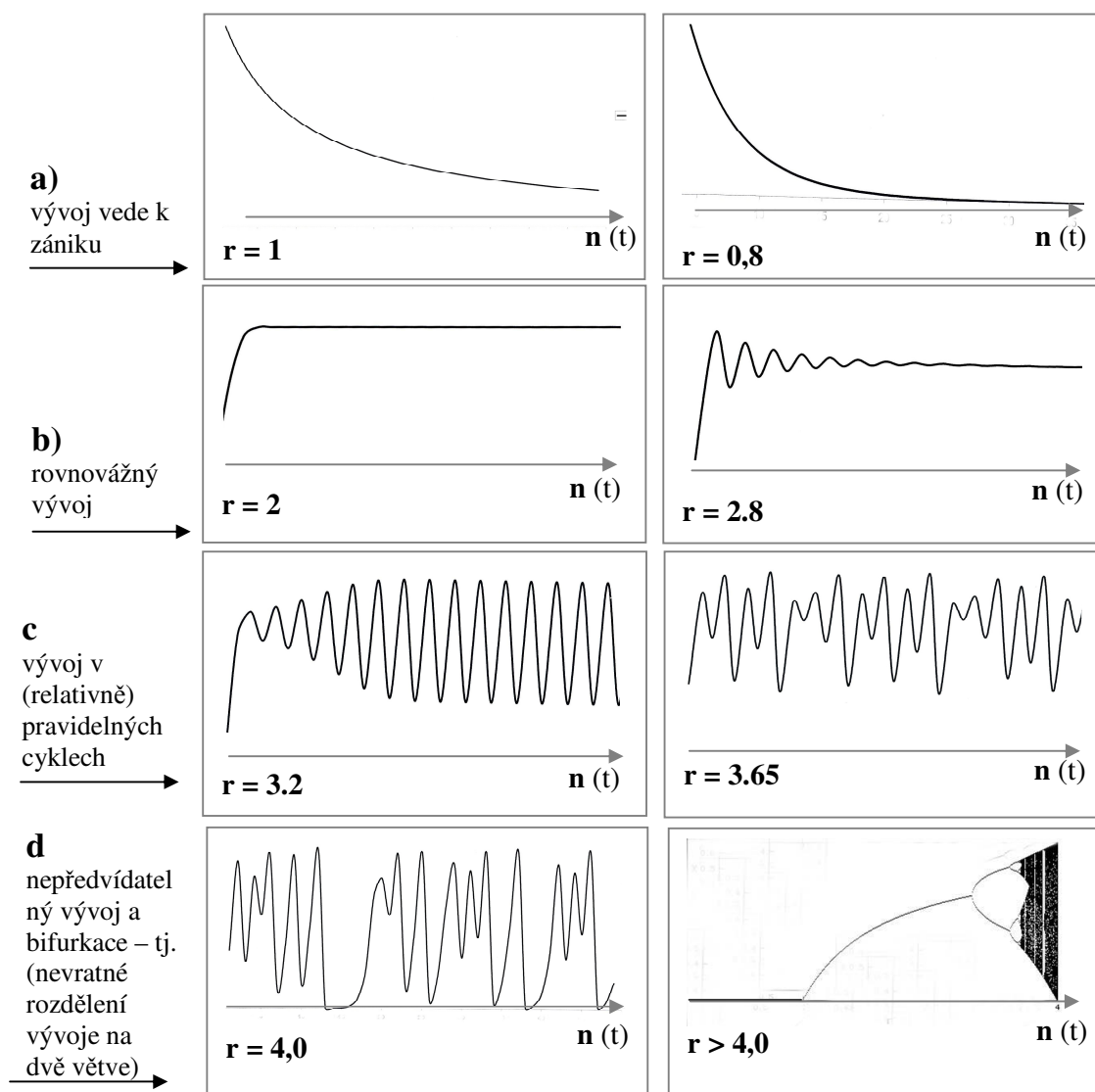
pozitivní zpětná vazba – porušuje rovnováhu a vede ke změnám

bankovní vklady produkují zisky, které jsou reinvestovány a spolu s novými vklady – dále posilují tvorbu zisku

⁴⁵⁾ Situaci výstižně dokumentuje slogan, který uvádí www stránku (<http://www.electronicarts.cz/>), orientovnou na počítačové hry: *Objevte, ve kterém si můžete dělat, co jen budete chtít!*

Obrázek č. 5: Zpětnovazební interakce mezi prvky jako základ smyčkových digramů, používaných v moderní systémové teorii s důrazem na kruhovou (vzájemnou) kauzalitu.

Počítačová podpora matematických modelů přinesla nové možnosti jejich praktických aplikací, včetně tvorby sofistikovaného softwaru, ke kterému došlo v devadesátých letech. Nacházejí odezvu v oblasti umělé inteligence a také ve svébytné disciplíně označované jako *systémová dynamika*. Není smyslem se v článku zabývat systémovou dynamikou, připomeňme proto pouze povahu působení zpětné vazby jako vzájemné interakce dvou uvažovaných objektů, viz obrázek č. 5.



Obrázek č. 6 Proměnlivý vývoj populace (systému) podle logistické diferenční rovnice (vertikální osa představuje velikost populace a horizontální čas – generace (obrázky mají nestejná měřítka))

V této souvislosti uveďme jiný případ dynamického modelu, který bývá uváděn jako příklad schopnosti matematicky modelovat komplexitu, chaos a/nebo proces samoorganizace. Jedná se o tzv. *logistickou diferenční rovnici* či *logistickou mapu*, která simuluje vývoj populace a zahrnuje jak zrod, tak zánik jednotlivců v mnoha následujících generacích. Simulace je pak representována rovnicí :

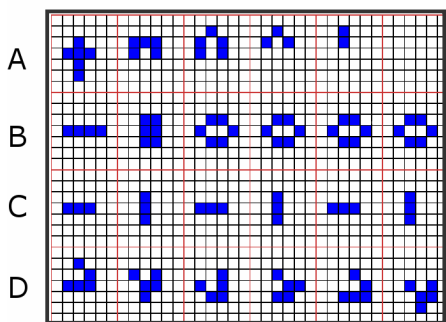
$$X_{n+1} = r X_n (1 - X_n)$$

kde $X_n \in (0,1)$ představuje počet jedinců n -té generace a r je koeficient charakterizující schopnost reprodukce. Právě koeficient r ovšem sehrává zásadní a překvapivou roli v modelování (budoucího) vývoje (viz. obrázek č.6).

Nepřekvapuje, že pro $r \leq 2$ populace vymírá a to tím rychleji, čím je koeficient nižší (viz. obrázek č. 6a). Pro $r = 2$ se populace rychle stabilizuje a pokud je mírně větší než 2 pak zprvu překmitne, ale později se ustálí v rovnovážném stavu (obrázek č. 6b). S rostoucím r se ovšem – po počátečním „náběhu“ – pokračují pravidelné fluktuace, ovšem s vyšší amplitudou. Ovšem pokud $r \geq$ (přibližně) 3.45 pak mizí jednoduchý cyklus a pravidelně s opakuji fluktuace s různými amplitudami, ale stále ještě lze vysledovat udržovaný „vzor“ (viz. obrázek 6 c). S rostoucím r se vývoj stává stále složitějším (tj. méně pravidelným) až nakonec dospívá k bifurkačnímu bodu, kde se vývoj rozděluje na dvě samostatné větve (viz. obr. 6.d).

Navzdory kalkulu, který je základem modelu je řád systému velmi proměnlivý a v delším časovém horizontu není predikovatelný... Přesto je model postaven na řadě nereálných předpokladů, které omezují jeho vypovídací schopnost a uveďme některé z nich: Především je to pojem ostře (diskrétně) vymezené otázky „generace“ (často je namísto *generace* uvažován jeden rok). Ovšem v praxi generace, které souvisí s reprodukcí, nemají diskrétní povahu (vezměme v potaz sedmadvacet let jako demografický koncept lidské generace). Navíc nejsou uvažovány změny reprodukční schopnosti (koeficient r), které jsou ovlivňovány vnějším prostředím a především člověkem. Mohou to být přímé zásahy do populace (často kritizovaný objem mořského rybolovu) nebo nepřímé, které jsou důsledkem změn (znečištění) životního prostředí... Navíc se v prostředí objevují jedinečné situace, které nemají povahu výskytu pravděpodobnosti z repertoáru situací dříve existujících, které přesto do vývoje zasahují...

Podobně lze poukázat na teorii konečných automatů, které jsou schopny produkovat a nebo udržovat samo se organizující vzory. Opětovně není záměrem příspěvku se konečným automatům věnovat podrobněji a jako příklad pro další úvahu vezmeme jednoduchou modifikaci, známou jako „Life Game“. Jedná se o dvourozměrný buněčný automat, ve kterém se – podle zadaných pravidel – buňky rodí, přežívají a nebo umírají a to v diskrétně vymezených časoprostoru. Příklad je uveden na obrázku č. 7, na kterém jsou znázorněny čtyři typické počáteční vzory a jejich vývoj (živé buňky jsou černé): V případě (A) vzor v pátém kroku zaniká, případ (B) vede k udržování stabilní – tj. dále neměnné struktury a situace (C) má pravidelný vývoj s tím, že původní vzor se v každém kroku otočí o 90°. V případě (D) jde o opakované střídání dvou vzorů, které se v každém kroku pootočí a při tom se „pohybují ve vymezeném prostoru“ (jde o tzv. *kluzáky*).



Pravidla pro *zrod, přežití a zánik* buněk:

- **zrod:** původně mrtvá (prázdná) buňka se rodí, jestliže sousedí právě se třemi živými buňkami.
- **přežití:** původně živá buňka přežívá, pokud v jejím okolí jsou dvě nebo tři živé buňky
- **zánik:** původně živá buňka zaniká (umírá), jestliže v jejím okolí není žádná živá buňka a nebo jsou tam čtyři živé buňky

poznámka: buňky sousedí hranami a nebo rohy

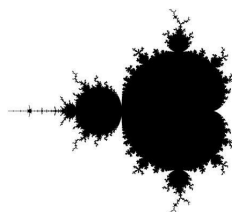
Obrázek č. 7 Hra Life a vývoj vybraných vzorů (podle daných pravidel)

Na obrázku jsou pouze čtyři vybrané vzory a mnohem zajímavější je možnost využít počítačový program, které je k dispozici na (<http://www.bitstorm.org/gameoflife/>). Lze si nastavit libovolný počáteční strukturu, případně některý z několika základních vzorů. Samotný vývoj lze zadávat po jednotlivých krocích, případně jako sled jednotlivých kroků, prováděných různou rychlostí. Vývoj je velmi zajímavý, zejména pokud se vhodně nastaví počáteční situace (podmínky): Zatímco u náhodných obrazců nelze předpokládat vývoj (většinou rychle zaniknou) jsou obvykle zajímavější kombinace některého za složitějších vzorů, které lze volit a doplnit v jeho blízkosti o jeden (či více) „kluzák“ (vzor D). Díky jeho pohybu prostorem pak dojde k interakci buněk a zcela novému vývoji. Ten obvykle končí zánikem většiny buněk a zbytek vytvoří stabilní, dále neměnnou situaci. Do takové situace lze zasáhnout zásahem zvenčí, tj. vložením buněk (automatický sled kroků lze zastavit)...

Nepochybně zajímavá a ilustrativní záležitost, pro kterou lze případně najít i praktické využití. Ovšem opět má ke skutečnému životu daleko. Opět se jedná o diskrétní prostor a čas, ve kterém je vývoj vymezen pomocí pravidel (kalkulu) bez respektu k vlivům vnějšího prostředí. (Zajímavější situace pak nastávají nahodilými zásahy z venčí – tj. snahou vložit buňky při nejvyšší rychlosti).

Dalším z případů, kdy je realita zaměňována za generování sebe-podobných vzorů jsou fraktály [22]. Dnes jsou spojovány se schopností je modelovat s využitím komplexních čísel a rekursivních algoritmů. Podobným způsobem se pak modelují sněhové vločky, ale také mraky, koruny (či kořeny) stromů, vodní toky apod.

Koncept fraktálu bývá v realitě spojován s rozlišováním na nižších úrovních, než jsou běžně vnímané (základná) vzory. Typicky se jedná o úvahu, týkající se měření délky mořského pobřeží: Vymezený úsek, naměřený na podrobnější mapě je delší než stejný úsek naměřený na mapě s menším měřítkem. Je to dáno skutečností, že jsou na ní podrobnosti, které mají (spíš někdy mívají) podobný tvar (adekvátní vzory pak bývají odvozeny od hmotných procesů jejich formování – např. krystalizace, včetně formování sněhových vloček).



Vlevo je snad nejznámější počítačově vytvořený fraktál – Mandelbrotova množina. Vpravo je ukázka složitějšího počítačového fraktálu, vytvořeného pomocí programu a vkladných parametrů. Zvláště v barevném provedení má tvorba sklony hry a/nebo manýrizmu (mimo původní myšlenku)

Obrázek č. 8 Počítačově modelované (vytvářené ?) fraktály

Realita mořského pobřeží je ovšem zcela jiná, už jen pro (nakonec vždy omezenou) rozlišovací schopnost, se kterou ji modelujeme. Rozhodující ovšem je, že ve skutečnosti, že samotné měření je ovlivněno neustále se měnícím přílivem odlivem... a navíc po každém přílivu je pobřeží více či méně jiné. Změny také přinášejí bouře a nahodile (jedinečně) spadlý strom v ústí potoka může způsobit naplavení písčité koryty...

Poslední iluzorní úvahy jsou spojeny s matematickou teorií her, respektive se situací označovanou jako „*holubice* vers. „*jestřáb*“. Klasická teorie her se věnuje modelování strategií dvou hráčů (agentů), kteří soupeří o získání výhody na úkor soupeře. Typicky se jedná o rozdělení konečného objemu a co získá jeden nemůže získat druhý. V uvedeném případě se jedná se o „hru s nenulovým koncem“ – tj. o situaci, ve které kooperace obou agentů zvyšuje celkový profit, který lze rozdělit. Pokud někdo z hráčů poruší dohodnutá pravidla, pak může získat výhodu a je nazýván „*jestřáb*“ (na rozdíl od podle dohody spolupracující „*holubice*“). Tradiční úvahy doporučují volit strategii *holubice* do okamžiku, kdy soupeř poruší pravidla a

poté se také změnit v *jestřába*. Ridley [28] ovšem uvádí – a opírá se o matematický program – že se spolupráce vyplývá za každých okolností. Z několika zjednodušujících a nereálných předpokladů poukážme na jeden (zřejmě nejzávažnější): Týká se představy, že rozdělováný objem (peněz) lze zvyšovat nad všechny meze. Zatím co matematickým výpočtem – tj. manipulací se symboly to lze snadno a elegantně odvodit matematickým modelem, v reálném (materiálním) světě to možné není. Samotná vidina – blízká jednoduchým představám o (neustálém) ekonomickém růstu – připomíná ideu, označovanou jako *perpetuum mobile*.

ZÁVĚREM

Cílem několika uvedených příkladů poukazujících na omezené možnosti matematických modelů a nebo jejich nereálnou interpretaci, nesměruje k jejich odmítání. Právě naopak – takové modely mohou přinést cenné poznatky, ovšem jen za dvou předpokladů:

- První je použití vhodného modelu s ohledem na povahu representované a proměnlivé reality, ve které hraje důležitou roli jak čas (dynamika) tak prostředí a interakce v něm;
- Druhý se týká porozumění abstrakci, především s ohledem na práci se symboly a povahu jazyka – ať už přirozeného nebo formálního. .

Při jejich splnění bude možné vhodně interpretovat výsledky modelu s vědomím rizika, které model přináší. Ovšem objevují se další neméně významné záležitosti související s tvorbou a užitím modelů. A právě tvorba složitého modelu (komplexní reality) je významnou záležitostí, která podporuje porozumění skutečné situaci a vědomí zmíněných předpokladů. Cooke a Slack [7] uvádějí, že v tom je hlavní přínos modelování, zatímco samotné modelem poskytované (číselné) – výsledky často představují spíš vedlejší efekt. S tím pak souvisejí dvě další úvahy, týkající se skutečnosti, že každý explicitní model je odvozena od světového názoru, znalostí a mentálních modelů jeho tvůrce.

Ačkoliv většinou přiznáváme, že ty jsou omezené, stavíme pouze jeden model a předpokládáme, že bude správný. Zanedbáváme pak jednu z významných možností a přínosů explicitních modelů – totiž diskusi a formování adekvátních znalostí. Otevřenou otázkou ovšem zůstává, jak poznat správnou znalost a vytvořit (sub) optimální model. Postupy občas spojované s pojmem *groupware*, takovou otázku neřeší a naopak bývají kritizovány (viz pojem *groupthink*) pro dvě nebezpečné tendence: První je přijímání konvenčních, většinově sdílených názorů, které – zejména pokud jsou přijímány hlasováním – pak přinášejí skupinovou nezodpovědnost za řešení.

Druhá otázka spojená se znalostmi vloženými do modelu a s jeho schopností vhodně (věrně) representovat skutečnost se týká běžné praxe užití jediného modelu. Zatímco u optimalizačních modelů není typický, hraje zásadní roli u modelů simulačních. Tradičně probíhající simulace spočívá v použití jediného modelu, zadávání různých hodnot vstupních proměnných a vyhodnocování získaných výstupních proměnných. Nicméně modelů reálné situace může být víc, ať už bereme v potaz:

- Různě vybírané a (často nedostatečně) definované proměnné, které považujeme za relevantní,
- povahu uvažovaných vztahů a hodnot nastavených parametrů (viz. parametr r v logistické mapě)
- a nebo prostředí, ve kterém je model aplikován a to nejen tradičně uvažované vlivy prostředí, ale i jeho změny v důsledku reálného vývoje modelovaného systému.

V tom právě vynikají možnosti matematického modelování a jejich podpora výpočetními schopnostmi stávající techniky, stejně jako její podporou komunikace. Paradoxně se ovšem

objevují nedocenené potíže využíváním dodávaných a opakovaně užívaných modelů (např. aplikační software). Jsou používána s nadějí na jejich univerzální platnost, bez porozumění podstatě a respektu ke konkrétní aplikaci. A používaných často s (bláhovou) představou, že samotná matematika (kalkul) a počítač zajistí správnost modelu a poskytovaných výsledků. Měli bychom porozumět, že neuvážené používání informační technologie může nastíněné problémy ještě zvyšovat. S tím souvisí i výše zmíněná indoktrinace znalostmi, které se ve školním systému rostoucí měrou zaměřují na instrumentální znalosti (pracovat podle návodu a jak využívat ICT) namísto schopnosti porozumět... Jako rozhodující se ukazují znalosti vytvořené v minulosti, aplikované v turbulentní současnosti a nečekaně ovlivňující budoucnost.

V tom smyslu lze připomenout slova Petera Sengeho (in [14] str. 129):

Opravdu vážné problémy, jimž bude muset lidstvo čelit, se týkají naší neschopnosti chápat naše komplexní lidské systémy a řídit je.

... slepý technologický pokrok tyto problémy ještě prohlubuje, protože vyvolává větší komplexitu tam, kde nejsme sto pochopit ani tu komplexitu, která již existuje.

... technologie jako počítače by mohly sehrát zásadní pozitivní roli v pochopení komplexity, kterou vytváříme, avšak tyto přínosy nespočívají v technologii samé – ale v interakci simulačních technologií a nového koncepčního chápání komplexních systémů.

V terminologii presentovaného příspěvku lze konstatovat, že mnohem větší pozornost bychom měli věnovat mentálním modelům a (kulturnímu) prostředí, ve kterém jsou formovány.

DOVĚTEK

Na základě presentovaných myšlenek se lze – opravdu jen stručně – vrátit k tématu finanční krize, zmíněné v úvodu. V uváděných souvislostech lze poukázat na několik (z více) skutečností:

- Především je to působení pozitivní zpětné vazby (viz. obrázek č. 5), kde zisky z vkladů, či spíše tzv. ‚aktivit‘ posilují vstupy do bankovního systému. Jako taková se dříve či později musí přinést problémy a změny a změnu vývoje.
- Peníze jsou pouhým symbolem, který reprezentuje ‚univerzální hodnotu‘. Adekvátní matematické modely se pohybují v abstraktních představách neomezeno růstu, ale dostávají se do rozporu s realitou (omezených zdrojů, odbytu). Vazby na realitu – kdysi (do jisté míry) vázaná na ‚krytí zlatem‘ (obchodovatelnou komoditou) padla s existencí peněz.
- Informační a komunikační technologie tuto skutečnost dále akcentovala a navíc – díky internetu – přispěla k provázání finančních institucí, které by jinak nemohlo existovat. Přináší ‚finanční komplexitu‘, která (1) dává krizi globální charakter a (2) má za důsledek kruhové vztahy, ve kterých není jasné, kdo komu dluží a jsou zdrojem zmíněné turbulence.

Samotná krize finančních trhů by nemusela přinášet problémy (s výjimkou, že se sníží majetek, uložený v cenných papírech). Mnohem závažnější je ovšem skutečnost, že nedostatek půjček omezuje (1) nové investice do ekonomiky a (2) spotřebu domácností a související deflaci. V té souvislosti lze rozumět snaze vlád a řady mezinárodních institucí podpořit či ‚znovu nastartovat‘ ekonomický růst, podpořený (neopodstatněnou) vírou v cyklické opakování ekonomických cyklů. Často zmiňovaný optimismus připomínající růst, který následoval velkou hospodářskou krizí třicátých let nebere v potaz celou řadu

skutečností z 'ekonomického okolí': Především druhou světovou válku, která byly 'řešením' a některé nové skutečnosti – především ekonomický rozmach rozvojových zemí (Čína) a také existenci zbraní hromadného ničení.

Tím podstatným však je myšlenka neomezeného ekonomického růstu a nebo blahobyť, který je založený na kulturně formovaných modelech, ve kterých dochází k přílišným rozdílům mezi očekáváním a realitou. Ostatně to vyjádřil již Kenneth Boulding, když konstatoval, že *'ten, kdo věří v neomezený ekonomický růst je buď šílenec a nebo ekonom'*. Podotkněme, že bez porozumění podstatě je to příjemnou lež nereálnou součástí tzv. *Folk Philophy* (viz. Rosický [35]) založené na zmíněném kulturně formovaném mentálním modelu. Zbývá jen podotknout, že Kennet Boulding patřil mezi čtyři zakladatele Společnosti pro výzkum obecných systémů (dnešní International Society for the System Science) a také presidentem Americké ekonomické asociace.

LITERATURA :

- [1] ARENDTOVÁ Hannah: *Krise kultury*, Mladá fronta, Praha, 1994, ISBN: 8020404244;
- [2] BAR-YAM, Yaner: *Making Things Work: Solving Complex Problems in a Complex World*, NESCI Knowledge Press, ISBN: 0965632822;
- [3] BATESON, Gregory: *Steps to ecology of Mind*, University Of Chicago Press, Chicago 2000, ISBN: 10: 0226039056;
- [4] BENEŠOVÁ Jitka a kolektiv (ed.): *Všeobecná encyklopedie*, Diderot, Praha 1999, ISBN: 8090255523;
- [5] BERNE, E.: *Jak si lidé hrají*. Liberec: Dialog, 1992. ISBN 808519451-X.
- [6] BERGER Peter, LUCKMAN Thomas: *Sociální konstrukce reality*, Centrum pro studium demokracie a kultury, Praha, 1999, ISBN: 8085959461;
- [7] COOKE Steve, SLACK Nigel: *Making Management Decision*, Prentice Hall, 2nf. Ed. London 1991, ISBN: 0135434068;
- [8] COUSOT Patrick: *Abstract Interpretation Based Formal Methods and Future Challenges*; (20. 10. 2008) <http://www.di.ens.fr/~cousot/publications.www/Cousot-LNCS2000-sv-sb.pdf>;
- [9] COVENEY Peter, HIGHFIELD Roger.: *Mezi chaosem a řádem*, Mladá fronta, Praha, 2003, ISBN: 8020409890;
- [10] De WOLF Tom, HOLVOET Tom: *Emergence Versus Self-Organisation*: (o 5. 11. 2008) <http://www.cs.kuleuven.be/~tomdw/publications/>;
- [11] FOUCALT, Michel: *Toto nie fajka*, Archa, Bratislava, 1994, ISBN: 8071150843.
- [12] FRACOIS, Charles (ed): *International Encyclopedia of Systems and Cybernetics*; K. Saur, München, 2004, ISBN: 3598116306;
- [13] GHARAJEDACH Jamshid: *System Thinking: Managing Chaos and Complexity*, Butterworth-Heinemann, Oxford, ISBN: 9780750679732;
- [14] GIBSON Rowan: *Nový obraz budoucnosti*, Management Press, Praha ISBN: 8072611591;
- [15] GLEICK, James: *Chaos: Vznik nové vědy*, Ando, Brno, 1996, ISBN: 8086047040;
- [16] GOWERS, Timothy: *Matematika, Průvodce pro každého*, Dokořán, Praha, ISBN 8043630834
- [17] HABR Jaroslav, VEPŘEK Jaromír: *Systémová analýza a syntéza (zdokonalování a projektování systémů)*, SNTL Praha, 1986, ISBN: 0134086;
- [18] HAYEK, Fridrich *Právo, zákonodárství a svoboda: Nový výklad liberálních principů spravedlnosti a politické ekonomie*, Academia Praha, 1996, ISBN: 8020002783;
- [19] HITCHINS Derek: *Systems Engineering: A 21st Century Systems Methodology*, John Wiley, Hoboken, NJ USA, 2007, ISBN: 9780470059565;
- [20] HUET Gérard: *Induction Principles Formalized in the Calculus of Constructions* (20. 10. 2008), <http://pauillac.inria.fr/~huet/PUBLIC/induction.pdf>
- [21] JOHNSON-LAIRD Philips: *Mental Models*, Harvard Univ Press, 1983, ISBN 0674568826;
- [22] MABDELROT Benoit: *Fraktály – tvar, náhoda a dimenze*;
- [23] MINGERS, John [2006] *Realizing Systems Thinking: Knowledge and Action in Management Science*, Springer, ISBN: 9780471877240;

- [24] NĚMCOVÁ Ingeborg, MILDEOVÁ Stanislava: *Systémové archetypy v procesech ekonomické integrace*, In: Systémové přístupy 2007 Praha : Oeconomica, 2007, ISBN 9788024513201;
- [25] PETRÁČKOVÁ Věra, KRAUS, Jiří a kol. Akademický slovník cizích slov, Academia, Praha 1995, ISBN: 8020006078;
- [26] PIDD Michael (ed.) *Systems modeling – Theory and Practice*, Wiley, Hoboken, NJ USA, 2007, ISBN: 0470867310;
- [27] PRIGINE, Ilya, STENGERS Isabelle: *Řád z chaosu – Nový dialog člověka s přírodou*; Mladá fronta, Praha 2001, ISBN: 8020509106;
- [28] RIDLEY Matt: *Původ ctnosti*, Portál, Praha 2000, ISBN: 807178351-X.
- [29] ROSENHEAD Jonathan, MIGERS John: *Rational Analysis for a Problematic World Revisted*, John Wiley, Chichester, UK, 2007, ISBN: 047149523 9;
- [30] ROSICKÝ, Antonín: *Dvě tváře systémového myšlení a management complexity*. In: *Systémové přístupy 2003*. Praha : Oeconomica, 2003, s. 7–19. ISBN 8024506416.
- [31] ROSICKÝ, Antonín: *Validita informací a znalostí: nedostatky v aplikaci vědeckého poznání*. Praha.04.12/2. In: Systémové přístupy 2004, Praha : KSA FIS VŠE, 2004. 11 s.
- [32] ROSICKÝ, Antonín: *Lidská znalost jako stěžejní aspekt complexity* In: *Systémové přístupy 2005*. Praha : Oeconomica, 2005, ISBN 802451012X.
- [33] ROSICKÝ, Antonín, *Knowledge in Self-Organization Process: Hope (Finite) of System Thinking*, 7th UKSS Conference, Kluwer Academic, New York;
- [34] ROSICKÝ, Antonín: *Disipace reality: systémy, informace a vývoj (společnosti)*. Praha. In: Systémové přístupy 07, Praha : Oeconomica, 2007, ISBN 9788024513201.
- [35] ROSICKÝ, Antonín: *Dangerous Gap Between Culture and Nature*. Vídeň. In: Cybernetics and Systems 2008. Vídeň: Austrian Society for Cybernetic Studies, 2008, ISBN 9783852061757.
- [36] ROSICKÝ, Antonín: *Spontánní řád a institucionalizace kultury*. In: Systémová bezpečnost, sborník z konference SI 2008, Hradec Králové : Gaudeamus, 2008, ISBN: 978-80-7041-718-8;
- [37] RIDGLEY, Matt: *Původ ctnosti*; Portál, Praha 2001, ISBN: 807178651-X;
- [38] SENGE Peter, *Pátá disciplína*, Management Press, Praha, 2007, ISBN: 8072611621;
- [39] STERMAN John: *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, McGraw Hill, London, 2000,) ISBN: 0071179895;
- [40] THAGARD Paul *Úvod do kognitivní vědy*, Portál, Praha 2004, ISBN: 8071784451;