

Systémová dynamika: disciplína pro zkoumání komplexních měkkých systémů

Stanislava Mildeová¹

¹ Katedra systémové analýzy, Fakulta informatiky a statistiky,

Vysoká škola ekonomická v Praze

nám. W. Churchilla 4, 130 67 Praha 3

`mildeova@vse.cz`

Abstrakt: Cílem příspěvku je představit systémovou dynamiku, která pomáhá při řešení složitých problémů, a je pomůckou pro lepší pochopení okolních systémů. Systémová dynamika je zvláště užitečná pro analýzu systémů s vysokým stupněm detailní a dynamické komplexity, jako jsou komplexní sociální systémy. Ekonomický systém je typickým příkladem komplexního sociálního systému. Autor, s důrazem na povahu ekonomicko-sociálních systémů, ilustruje základní logiku systémové dynamiky a její vztah k aplikované informatice.

Klíčová slova: systémová dynamika, informatika, systém, model, simulace, informační management

Title: System dynamics: discipline for studying complex soft systems

Abstract: The objective of the paper is to introduce system dynamics that helps in solving complex problems, and aids our better understanding of surrounding systems. System dynamics is especially useful for analysing systems with a high amount of detail and dynamic complexity, such as any complex social systems. An economic system is a typical example of a complex social system. The author, with an emphasis on the characteristics of economic-social systems, illustrates the basic logic of system dynamics and its relation to informatics.

Keywords: System Dynamics, Informatics, System, Model, Simulation, Information management

1 ÚVOD

Zastavme se úvodem u kontrastu vývoje v oblasti technologií, a zvláště pak technologií spjatých s výpočetní technikou, a relativně nedostatečného pokroku v chápání sociálních systémů, jež lze v průběhu minulého století zaznamenat. Proč tomu tak je? Proč je výzkum a vývoj technologií tak rychlý, když sociální systémy zůstávají stejně záhadné jako dříve?

Sociální systémy se chovají v rozporu s očekáváním. Neumíme si představit efekt nelinearity a efekt zpětné vazby zásahu ve složitých systémech; většinou dramaticky podceňujeme setrvačnost systému, která vede k nesprávné závěrečné politice. Zobecňujeme lineárně, ale chování je většinou více než složité vlivem závislostí mezi proměnnými a smyčkou zpětné vazby, kde výstup systémové komponenty má podstatný vliv jako vstup v budoucnosti. Dodatečná složitost je představována existencí akumulací a zpoždění.

V této souvislosti autor přichází s návrhem alternativního zkoumání sociálních systémů a získání kompetence pro úspěšné řešení problémů komplexních systémů v prostředí informační společnosti, kde dominantním znakem je informatizace všech oborů a oblastí. Vychází z toho, že chceme-li chápat a analyzovat problémy systémově, je nezbytné změnit paradigma vnímání systému. Komplexita systému neumožňuje zabývat se zkoumáním jednotlivých částí systému, ale je potřeba zaujmout holistický přístup vnímání systému. Holistický přístup poskytuje základní rámec pro zkoumání struktury komplexních systémů.

Hlavní důraz na roli struktury a jejího vztahu s dynamickým chováním systému, modelovaném pomocí sítě zpětnovazebních smyček, klade systémová dynamika. Cílem článku je seznámit se systémovou dynamikou jakožto disciplínou, která napomáhá kvalitnějšímu poznávání komplexních měkkých systémů. Autor s akcentem na charakteristiku ekonomicko-sociálních systémů objasňuje základní logiku systémové dynamiky a tvorby jejích modelů. Následně článek graduje analýzou vztahu systémové dynamiky a informatiky – je zkoumán potenciál systémové dynamiky pro rozvoj IS/ICT a z druhé strany je zkoumáno, jak rozvoj informatiky posunuje možnosti systémové dynamiky a tvorby jejích modelů. Systémové poznání a rozvoj, ke kterému článek směřuje, může být impulsem k rozvoji širokého pojetí aplikované informatiky v hospodářské praxi a managementu organizací.

2 ZKOUMANÉ ASPEKTY KOMPLEXNÍCH MĚKKÝCH SYSTÉMŮ

2.1 SYSTÉMY A JEJICH KATEGORIZACE

Na ekonomicko-sociální systémy se lze dívat z mnoha pohledů. Vymeźme si proto úhel náhledu a jeho pojmový aparát, který je základem pro naše zkoumání. Nejprve je potřeba vysvětlit, jak bude chápán pojem systém, už z toho důvodu, že tento termín je používán čím dál tím více a často zní až frázovitě a také, že systém lze definovat mnoha způsoby. Systémy jsou všude kolem nás a pojem *systém* je možné aplikovat na jakoukoliv činnost či oblast světa.

V pojetí systému vycházíme ze systémové teorie dle [2] [3] [5] [8] [13] a systém je v článku chápán jakožto komplex prvků, nacházejících se ve vzájemné interakci, kdy je třeba zdůraznit účelovost systému, tj. plnění předem stanovené funkce. Na interakce mezi jednotlivými prvky celku se díváme

jako na spojnice, tradičně je nazýváme vazbami. Mimo to mohou existovat vazby, které systém propojují s okolím, toto okolí je pak také systémem. Vymezení systému vůči jeho okolí vede k rozlišení systémů na uzavřené a otevřené. *Uzavřené systémy* nemají žádné spojení se svým okolím, a tedy nepřijímají žádné vstupy z okolí ani nevydávají výstupy do okolí. *Ekonomické systémy* jsou *otevřené systémy*, nemohou bez svého okolí existovat, neboť s ním provádí důležité hmotné, energetické, resp. informační výměny.

Systémová hierarchie uvažuje sledovaný systém jako součást systému širšího a naopak každou část systému za autonomní systém. Každý systém je součástí systému vyšší úrovně. Při zkoumání celku a jeho složení se musíme snažit správně definovat vrstvu, na které složení zkoumáme. Při zkoumání ekonomického systému jako celku a jeho složení je třeba respektovat *holistický princip*, tj. vyjít z *celostního pojetí systému*, kdy jeho výslednou kvalitu nelze odvodit z vlastností jednotlivých prvků systému, ale pouze z celého systému.

Používáme-li dále termín *tvrdé systémy*, jde ve velké většině o synonymum pro umělé technické systémy, jež vytvořil člověk, nebo technickým systémem vytvořené jiné technické systémy. Systémy tohoto typu nejsou předmětem našeho zkoumání. Upozorníme jen v konsekvenci námi zkoumané problematiky, že chování těchto systémů lze dobře modelovat. Porozumět tvrdým systémům je méně složité než porozumění sociálním a ekonomickým systémům.

Ekonomické systémy jsou systémy měkké. *Měkké systémy* jsou zpravidla adaptabilní vzhledem k měnícím se vlastnostem okolí a jejich prvky a vazby nebývají neměnné, významný prvek či prvky systému je člověk, resp. lidé. Jde tedy současně o systémy sociální. Modelování měkkých systémů je oproti tvrdým systémům složitější. Zároveň platí, že ekonomické systémy nejsou ve vakuu – jsou ovlivňovány prostředím a svou historií, tzv. hysterezí. Prostředí, závislost současného stavu na předchozích stavech a kontext hrají důležitou roli v chování komplexních systémů a proto nemohou být ignorovány. [8]

Pojem, který je v současnosti často zmiňován, je *komplexita*. Komplexita (složitost) systému je určena počtem prvků a vazeb v něm identifikovatelných. Ekonomické systémy jsou systémy komplexní s vysokou mírou komplexity. Problém zkoumání komplexních systémů spočívá v nutnosti redukovat zkoumané vlastnosti na ty entity a atributy, které jsou podstatné. Ze složitosti nelineárních a nedeterministických systémů vychází *teorie komplexity*. [11] Podstata této teorie není jen ve snaze o redukci komplexity neboli míry složitosti nějakého komplexního systému. Teorie komplexity popisuje chování komplexních systémů a zároveň nabízí aparát pro jejich uchopení.

2.1.1 UDRŽITELNOST SYSTÉMŮ

Operujeme-li s pojmem *udržitelný rozvoj*, je nezbytné jej specifikovat. V poslední době je tento termín chápán v podstatně širším smyslu, než je konsekvence přijatelného stavu životního prostředí, jde o udržitelnost systému jako celku.

V problematice udržitelnosti systémů se lze setkat s *teorií samoorganizace*. V roce 1977 získal Ilya Prigogine Nobelovu cenu za tuto teorii. Objevil, že po průchodu kritickým bodem se zprvu nahodilé chování systému významně mění a stále více se orientuje do určitého vzorce – systém se počíná chovat vysoce organizovaně. V dalším výzkumu pak dokázal, že když jsou systémy daleko od

rovnováhy, dochází k samovolnému přeuspořádání komponent a k nastolení nového řádu, tedy tvorbě nových struktur, jež nelze přesně předvídat. [9] Z dalších teorií se musíme opět zmínit o nových způsobech zkoumání založených na teorii komplexity a termínech jako je *co-evoluční udržitelnost*, která umožňuje systému měnit se s měnícím se prostředím.

3 ZKOUMÁNÍ VZTAHŮ V EKONOMICKO-SOCIÁLNÍCH SYSTÉMECH

3.1 DISKUZE K METODĚ ZKOUMÁNÍ

V době řešení současné ekonomické krize probíhá významný redesign světové ekonomiky. Otázkou je, zda probíhá s odpovídajícím zvážením systémových důsledků. Autor, v návaznosti na [3] se domnívá, že ačkoli sociální systémy jsou oproti technickým systémům mnohem složitější, v rámci sociálních systémů se používají metody jednodušší než jsou používané metody systémového inženýrství pro návrh technických systémů. Jsme svědky toho, že manažeři, rozhodovatelé a politici se omezí pouze na svoji intuici, připraví a mění své návrhy bez použití novodobých metodologií, metod a metodik.

Je zřejmé, že pro zkoumání vztahů v ekonomicko-sociálních systémech musí být odlišný přístup než u věd přírodních. Metodologie ekonomie má jiný charakter než metoda zkoumání u věd přírodních. Sociální systémy převyšují svou komplexitou systémy fyzikální. Jelikož se v nich potýkáme s mnohem větší komplexitou než v případě fyzikálních nebo biologických jevů, jsou obtížně uchopitelné. Vzájemná závislost mezi prvky v systému je základním stavebním kamenem celkové komplexity systému. Čím více jsou prvky na sobě navzájem závislé, tzn. že se ovlivňují, tím méně je možné pochopit chování systému pouze na základě pochopení jednotlivých prvků. [7].

Z komplexní povahy ekonomických procesů vychází i podhled na dynamiku. Dynamika právě z těchto příčin vyplývá. Některé přístupy v ekonomii, stejně jako systémová dynamika, jež je předmětem našeho zájmu, uvažují dynamické souvislosti tržních procesů. Základem je potýkání se s nejistotou budoucnosti a nutnost přizpůsobování se neustálým změnám.

3.2 SYSTÉMOVÁ STRUKTURA

Ekonomické systémy mají strukturu prvků a vazeb mezi nimi, které determinují chování těchto systémů. Jestliže nejvýznamnější komponenty této struktury poznáme, a to včetně pochopení dynamických konsekvencí, pak máme šanci nalézt postupy, které povedou ke stanovenému cíli, ať už jím je ekonomická stabilita nebo dosažení udržitelného vývoje.

Základem sociálních resp. ekonomických systémů je vazba mezi jeho prvky, individuální chování jednotlivce je korigováno zpětnou vazbou celého systému. Všechny komplexní sociální systémy obsahují *zpětnovazební procesy*. [9] Jedna akce nevyvolá jednu reakci, jejíž výstup bychom očekávali. Žijeme v prostředí, které je velmi turbulentní a každá akce vyvolá náhodné množství jiných reakcí. Tyto reakce ovlivňují současné podmínky systému, je to nekončící proces. Výše uvedené způsobuje zpětná vazba měnící chování všech prvků. Lidé reagují na výstup svého předchozího jednání i jednání

ostatních lidí. Princip zpětné vazby přitom není omezen jen na systémy sociální, pro biologické a technické systémy je typický. Jde o velmi univerzální princip.

Dynamiccké vnímání struktury systému je reprezentováno dvěma typy zpětnovazebních procesů - posilování trendu, kterým se systém ubírá a směřování systému do rovnovážného stavu. [13].

Pozitivní zpětná vazba představuje první z těchto dvou typů zpětnovazebních procesů, kdy trend sledované veličiny může buďto narůstat a nebo klesat. Pokud se cyklus neustále opakuje, sledovaná veličina může narůstat/klesat exponenciálně. Čistý exponenciální růst je pak zajímavý tím, že čas zdvojení je konstantní. Příkladem toho, jak stupňování zpětné vazby může urychlit pokles, je růst prodejů akcií v důsledku poklesu důvěry a následný pokles cen akcií, což vede k dalšímu poklesu důvěry.

Ovšem urychlený růst nebo pokles je zřídka bez překážek, protože procesy se stupňovaným působením málokdy probíhají izolovaně. Dříve či později narazí na překážky, které mohou růst zpomalit, zastavit či dokonce ho i obrátit. Tato omezení jsou jednou formou vyvažující zpětné vazby.

Vyvažující *negativní zpětná vazba* je druhým typem zpětnovazebních procesů. Navrací systém do rovnovážného stavu, vede k nějakému chtěnému cílovému stavu. Klíčem pro rozpoznání negativní zpětné vazby je, že působí proti směru trendu změny. Pro příklad negativní zpětné vazby uveďme třeba nárůst pracovní síly na trhu, který povede ke snížení počtu pracovních příležitostí.

Vyrovňavající zpětné vazby je obtížnější rozpoznat než posilující, protože za normálních okolností jejich působení není vidět. Nerozpoznání implicitních vyrovňavacích zpětných vazeb vede často k překvapivému chování systému, když je do jeho chodu zasahováno. Současně platí, že každý systém má svůj vlastní rytmus a tempo dosahování potřebných úrovní. Mnohé zpětnovazební procesy mají určité zpoždění (poruchy v působení vlivu), které zapříčiňují, že důsledky jednání se dostavují postupně.

3.2.1 NELINEARITA, NEJISTOTA

Závažnou charakteristikou většiny systémů je to, že se dynamicky vyvíjí, tedy přecházejí z jednoho stavu do druhého. Pozitivní a negativní zpětné vazby ve svých vzájemných kombinacích způsobují v komplexních sociálních systémech velmi rozmanité chování, typicky značně nelineární. Protože fungují negativní zpětné vazby, které se snaží o navrácení systému do bezpečných hodnot jeho hranic a předcházet kolapsu, systém se obvykle chová jinak v oblastech, které se blíží hraničním hodnotám, než v oblastech, které jsou z tohoto hlediska a vzhledem ke struktuře systému žádoucí a tzv. normální.

Nelinearita, chování neodpovídající přímé úměře, je charakteristickou vlastností komplexních sociálních systémů. A nejen nelinearita. V komplexních sociálních systémech se také objevují faktory, se kterými se lze vypořádat pouze velmi obtížně – *nejistota a neurčitost*.

4 DISCIPLÍNA SYSTÉMOVÁ DYNAMIKA

4.1 PODSTATA DISCIPLÍNY

Vztahy spojení mezi různými fyzikálními, sociálními, ekonomickými a ekologickými subsystémy, které utvářejí svět, jsou provázány dosti složitě. Pochopení vazeb v těchto systémech je náročné. Následkem může být, že problémy, kterým čelíme a snažíme se je řešit, jsou proti našim zásahům imunní. Rozpoznání dopadů různých politik, ať už ekonomických či environmentálních, je náročné, nicméně existují prostředky k možnému zjištění dopadů rozhodnutí dříve než jsou provedena. *Systémová dynamika* přináší pohled a nástroje, které umožňují se s komplexností lépe vypořádat, poskytuje základní rámec při zkoumání těchto procesů. Kombinuje teorie, metody a filozofii pro analýzu chování systémů, a to především komplexních sociálních systémů jako jedněch z nejsložitějších měkkých systémů.

Disciplína systémová dynamika, jejíž základy byly položeny již počátkem 60 let, původně vznikla z důvodu vyhledávání lepších způsobů řízení. Její logika je poplatná tomu, že Jay Wright Forrester, zakladatel systémové dynamiky a autor řady publikací o ní, získal vzdělání na Massachusetts Institute of Technology a byl průkopník v oblasti kybernetiky a počítačů [3].

4.1.1 MODEL SYSTÉMOVÉ DYNAMIKY

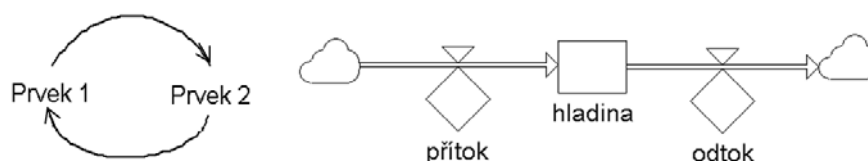
Systémová dynamika staví na konceptu zpětné vazby, kterou znázorňuje pomocí počítačových modelů. Tvorba modelů je jádrem systémové dynamiky. [13] [6] Stoupenci systémové dynamiky pojmají modelování jako poloformální, holistický proces. Počítač za pomoci specializovaných softwarových prostředků, ve kterých se systémově dynamické modely tvoří, simuluje chování reálného systému.

Pomocí simulačních modelů systémové dynamiky lze porozumět systémům a jejich složitým vazbám. Počítačovou simulací lze měnit způsoby rozhodování v jednotlivých prvcích systému a zkoumat, jakým způsobem se projeví u ostatních prvků. Model a výsledky modelování znázorňují důsledky chování systému v různých situacích. Model jako kopie systému, přenesená do počítače, umožňuje zkoumání jednotlivých interakcí v chování prvků. Reálné systémy jsou příliš komplexní na to, abychom u nich byli schopni identifikovat problémová místa, ale při zjednodušení a abstrakci systému do počítačového modelu získáváme cenný zdroj pro zjištění problémů, které daný systém zažívá. (Je ale třeba si uvědomit, že námi vytvářené modely, jakkoliv sofistikované, jsou pouze odrazem reality, nikoliv realitou samou a neměly by s ní být v žádném případě zaměňovány).

Současné modely jsou vytvářeny na základě srozumitelných přístupů, zejména pomocí tzv. *příčinných smyčkových diagramů* („causal-loop diagrams“) a *diagramů stavů a toků* („stock-and-flow diagrams“). Tím se zvýšil stupeň obecnosti a robustnosti ve srovnání s původními diferenciálními rovnicemi, které byly pro tvorbu modelů používány. Zobrazení dynamických systémů pomocí příčinných smyčkových diagramů a pomocí diagramů stavů a toků (viz. Obr.1) je obecná forma, která je adekvátní pro obrovské spektrum potenciálních aplikací. [13]

I když je systémová dynamika především spojována s explicitními simulačními modely, není tento způsob zkoumání jedinou formou aplikace její logiky. Ve formě tzv. *konceptuálních modelů* lze

využít výhody vizualizace systému pomocí příčinných smyčkových diagramů k pochopení struktury systému. [10]



Obr. 1. Příčinný smyčkový diagram (vlevo) a diagramů stavů a toků (vpravo)

4.1.2 APLIKACE SYSTÉMOVÉ DYNAMIKY

Při zkoumání ekonomických systémů byla v rámci systémové dynamiky dosažena překvapivá zjištění, například, že problémy vznikají uvnitř systémů, ačkoliv tendence je hledat příčiny z vnějšku systému; že činnosti jedinců mohou být pro systém degradující, ačkoliv oni samotní se domnívají o jejich prospěšném charakteru; že složitost zpětné vazby a její struktura může způsobit neefektivní a kontraproduktivní jednání.

Systémová dynamika se rozvíjí po celém světě, i v ČR [14], a její význam má v současných ekonomických systémech stále větší váhu. Využívá se pro získání systémového pohledu na systém, je moderním analytickým přístupem k získávání informací o vazbách v systémech, slouží pro zjištění problémových míst dnešních systémů.

4.2 SYSTÉMOVÉ TEORIE

Systémová dynamika je jednou z rozličných druhů *systémových teorií* a metodologií, jež se časem vyvinuly. V rámci dalších systémových teorií jmenujme alespoň matematickou teorii systémů. V tomto kontextu se také používá pojem již zmiňované teorie komplexity.

Ač je spektrum systémových teorií a metodologií rozmanité, všechny mají silný společný jmenovatel: staví na představě, že systém je organizovaný celek a systém je vždy víc, než součet jeho částí. Společným jmenovatelem je také zaměřenost na komplexní systémy, na jejich popisování, vysvětlování, navrhování nebo jejich ovlivňování. Proto většina systémových přístupů nenabízí pouze teorii, ale také způsob myšlení a metodologii na řešení systémových otázek nebo problémů. [5]

Systémová dynamika je součástí *systémových přístupů*. Dokonce lze říci, a vývoj disciplíny systémová dynamika ve světové komunitě aplikující systémovou dynamiku to dokazuje, že se jedná o „systémový přístup“ jako obecně platný pořádací princip sám o sobě. I když je nezbytné vzít v úvahu varietu systémových teorií a metodologií (z nichž mnohé systémovou dynamiku doplňují), je zřejmé, že z komunity systémové dynamiky se stala nejsilnější „škola“ systémového přístupu s mnoha členy v akademickém prostředí i reálné praxi prezentující se tisíci úspěšných aplikací po celém světě. [4]

5 SYSTÉMOVÁ DYNAMIKA A APLIKOVANÁ INFORMATIKA

Článek vychází z přesvědčení autora, že systémová dynamika je *multidisciplinárním přístupem* pro poznávání, zkoumání a modelování komplexních měkkých systémů. Je také přístupem, který je velmi zajímavý z pohledu *aplikované informatiky*. Vztah systémové dynamiky a informatiky lze charakterizovat jako obousměrný – z jedné strany lze zkoumat jaký je potenciál systémové dynamiky pro rozvoj IS/ICT, z druhé strany rozvoj informatiky posunuje možnosti systémové dynamiky a tvorby jejích modelů.

5.1 POTENCIÁL SYSTÉMOVÉ DYNAMIKY PRO ROZVOJ IS/ICT

Pojďme se především zastavit u potenciálu systémové dynamiky pro rozvoj IS/ICT. V první řadě si položíme otázku, zda mohou být aplikace informatiky v měkkých systémech skutečně úspěšné, jestliže tyto systémy známe nedokonale. Asi nikoliv. Pravděpodobně i toto může být jedním z důvodů, proč selhává tolik IT projektů¹. Chceme-li chápat chování systémů, je nezbytné změnit svoje nazírání na systém, např. organizaci². Musíme se posunout od zkoumání samostatných událostí a jejich příčin a vidět systém jako organismus vzájemně propojených částí.

Modely systémové dynamiky mohou najít uplatnění při simulování reálných ekonomických procesů, spojených s potřebou zajištění adekvátních informací. Lze je považovat za nástroj moderního znalostního managementu. Posunují tacitní znalosti do explicitní reprezentace, která může být standardizována a sdílena.

Za druhé v nové situaci síťové a znalostní ekonomiky vzniká nezbytnost změn manažerského myšlení. Zaměříme se na samotný *informační management*. Řízení informatiky má svou dynamiku, která se stále mění. Moderní ICT přispívají k podstatnému zrychlení veškerých materiálních i informačních toků, což vyžaduje i zrychlení rozhodovacích procesů. [1] Rozpoznání dopadů různých informačních strategií a politik v synergii s byznys strategiemi je složité. Model systémové dynamiky může být prostředek ke zjištění dopadů rozhodnutí dříve, než jsou provedena, pomáhat v řešení reálných rozhodovacích situací, objasnit principy, jimiž se řídí racionální rozhodování, zpětně analyzovat rozhodnutí a izolovat příčiny úspěchu či neúspěchu, podpořit tvůrčí přístup k řízení informatiky a moderní manažerské práci vůbec.

Model systémové dynamiky se tak stává součástí celkové informační strategie. Současně může být model systémové dynamiky pro informačního manažera nástrojem posunu uvažování směrem k systémovému myšlení. To je podstatné pro pochopení skrytých a nezjevných příčin, které za těmito událostmi stojí. Systémové myšlení je klíčové pro proces učení se. [12] Informační systémy, které poskytují zpětnou vazbu, se mohou měnit tím, jak se učíme.

V neposlední řadě je třeba uvést, že snad neexistuje problém v ICT (který není čistě technického rázu) či v oblasti ICT podnikání a softwarového byznysu, kde by nebyla snaha ho pomocí nástrojového aparátu systémové dynamiky řešit. Nezapomeňme, že vznik systémové dynamiky je spojen s MIT a že zdejší *System Dynamics Group* na *MIT Sloan School of Management* je (společně s americkou *System*

¹ O překročení limitů klasického projektového řízení se systémová dynamika snaží ve formě tzv. Project Dynamics.

² Aplikace principů systémové dynamiky na hospodářskou organizaci bývá označována Business Dynamics.

Dynamics Society) tahounem celosvětového vývoje disciplíny. Problematika jednotlivých aplikací na řešení informatických problémů si zaslouží samostatný článek a bude předmětem dalšího výzkumu autora.

5.2 VLIV INFORMATIKY NA ROZVOJ SYSTÉMOVÉ DYNAMIKY

Na druhé straně rozvoj informatiky posunuje možnosti systémové dynamiky a tvorby jejích modelů. Dnešní moderní software jako jsou *Powersim*, *Vensim*, *Insight Maker* a další, s uživatelsky přívětivým prostředím a grafickými objekty pro tvorbu modelů systémové dynamiky, poskytují úplně jiné možnosti než byly první simulace se software *SIMPLE* (*Simulation of Industrial Management Problems with Lots of Equations*), což byl první kompilátor zpracovávající diferenciální rovnice, kterými byly prvotní modely systémové dynamiky popsány.

6 ZÁVĚR

Lidé často spojují systémy do jednoho pojmu, neodlišují jejich rozdíly. Sociální systémy jsou oproti těm tvrdým mnohem složitější, vysoce provázané, nelineární a obsahují zpětnou vazbu, zde stejně tak jako tvrdé systémy. Procesy zpětné vazby řídí veškerý růst, kolísání i úpadek a jsou základem pro veškeré změny. Zpětnovazební koncepty, na kterých je založena logika disciplíny systémová dynamika, se mohou - po inženýrství - stát také organizačním konceptem pro ekonomické systémy.

Zpětná vazba odhaluje nové pohledy na ekonomické systémy, které by popisné a statistické analýze mohly uniknout. Tradiční kvantitativní metody neberou v potaz zpětnovazební struktury. Systémová dynamika umožňuje jít nad rámec popisných teorií, přináší rigorózní rámec pro organizování silné politiky a získání nových strukturálních znalostí. V této souvislosti je v textu článku zvláště zřetelná disproporce mezi znalostmi o chování měkkých sociálních systémů oproti znalostem o tvrdých, technických systémech.

Systémová dynamika - jedna z větví systémových věd, byla autorem zařazena mezi moderní systémové přístupy. Jde o prakticky orientovanou disciplínu pro studium chování komplexních sociálních, ekonomicko-sociálních a socio - technických systémů; disciplínu, která napomáhá kvalitnějšímu poznávání okolních systémů, zejména těch, ve kterých se vyskytuje vysoká míra detailní a dynamické komplexity. Konkrétní metodologie systémové dynamiky spočívá v reprezentaci problémů nebo systémů, jimiž se zabýváme, jako sítí uzavřených smyček zpětných vazeb, vytvořených z tzv. hladin a toků, probíhajících v čase a podléhajících zpožděním. Systémová dynamika spoléhá na modelování. Zpětnovazební smyčky a zpoždění jsou pomocí hladin a toků vizualizovány a formalizovány.

Vztah systémové dynamiky a informatiky byl charakterizován jako obousměrný – z jedné strany má systémová dynamika potenciál pro rozvoj IS/ICT, z druhé strany rozvoj informatiky posunuje možnosti systémové dynamiky a tvorby jejích modelů. Modely systémové dynamiky - zkombinované s výpočetní technikou, která už není hranicí, ale ustoupila do struktury každodenní činnosti - umožňují efektivní simulaci komplexních systémů. Systémová dynamika může být jednou z cest, jak pomocí ICT nejen o systémovosti a systémovém myšlení hovořit či jej používat jako propagační slogan, ale jak jej reálně v praxi řízení používat – při současném respektování faktu, že ani nejdokonalejší

informační technologie sama o sobě nemůže zabezpečit efektivní fungování komplexního měkkého systému.

I když doporučení autora vede jednoznačně k popularizaci disciplíny systémová dynamika, autor si je vědom, že jde jen o jeden z možných způsobů systémového zkoumání. Kromě tradičních metod i takové silnější metodologie jako je teorie komplexity a další, které nyní vznikají, by mohly být také významněji v české vědě diskutovány.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BÉBR, R., DOUCEK, P. *Informační systémy pro podporu manažerské práce*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2005. ISBN 80-864-1979-7.
- [2] BERTALANFFY, L. von. *General System theory: Foundations, Development, Applications*. Revised edition, New York : George Braziller, 1969. ISBN: 978-0807604533.
- [3] FORRESTER, J. W. *Industrial Dynamics*. 1st ed. Productivity Press, Portland, 1961. ISBN-13: 9780915299881, ISBN: 0915299887
- [4] FORRESTER, J. W. System Dynamics – A Personal View of the First Fifty Years. *System Dynamics Review*, 23(2-3), Autumn, 2007, pp. 345-358. ISSN 0883-7066.
- [5] KLÍR, G. *Facets of Systems Science*. IFSR International Series on Science and Engineering. Second edition, Springer, 2001. ISBN 0306466236, 9780306466236.
- [6] MILDEOVÁ, S. *Systémová dynamika: tvorba modelu*. 1. vyd. Praha : Oeconomica, 2012. ISBN 978-80-245-1842-8.
- [7] MILDEOVÁ, S. System Dynamics Supporting Complexity Management: Case Studies from a Small Economy within an Economic Integration Environment. In *Complexity and Knowledge Management: Understanding the Role of Knowledge in the Management of Social Networks*, Tait, A., Richardson, K. A. (eds). Charlotte: IAP - Information Age Publishing, 2010. pp. 267–283, ISBN: 978-1607523550.
- [8] MITLETON-KELLY. The Emergence of Final Cause. In: Aaltonen, M. (ed.). *The Third Lens. Multi-Ontology Sense-Making and Strategic Decision-making*, 1st ed., Ashgate Publishing Ltd, Aldershot, 2007. ISBN 0754647986.
- [9] PRIGOGINE, I., STENGERS, I. *Order out of chaos: man's new dialogue with nature*, 1st ed., Flamingo, 1985. ISBN 0-00-654115-1.
- [10] RICHARDSON, G. P. *Feedback though in social science and systems theory*. 1st ed., Pegasus Communications, Waltham, Massachusetts, 1991. ISBN 1-883823-46-3.
- [11] RICHARDSON, K. A. To Be or Not to Be? That is [NOT] the Question: Complexity Theory and the Need for Critical Thinking, in RICHARDSON, K. A. (ed.). *Managing organizational complexity: Philosophy, theory, and application*, 1. vyd. Greenwich, CT: Information Age Publishing, 2005. ISBN 1593113188.
- [12] SENGE, P. *The Fifth Discipline*. 1st ed. Currency Doubleday, New York. 1990. ISBN 0-385-26095-4.
- [13] STERMAN, J. D. *Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. 1st ed. USA: McGraw-Hill Higher Education. 2000. ISBN: 978-0072389159.
- [14] ŠUSTA, M. *O systémové dynamice a systémovém myšlení*. [online]. Praha : Proverbs, Dostupný z: <http://proverbs.cz/default.asp?id=4&mnu=4> [cit. 2013-12-01].