

Systémový přístup k vědeckému zkoumání v informatice

Systems Approach to Scientific Investigation in Informatics

Stanislava Mildeová*, Martin Dalihod†

Abstrakt

Úroveň rozvoje informatiky je kauzálně spjata s úrovní vědeckého vývoje v oblasti. Úspěšná vědecká práce je založena nejen na investigativním stylu myšlení, znamená myslet v souvislostech a vidět kontext řešeného výzkumného problému – umět aplikovat systémové přístupy. Mezi systémové přístupy patří disciplína Systémová dynamika; komunita praktikující Systémovou dynamiku se stala nejsilnější školou systémových přístupů s mnoha členy z akademického prostředí i z reálné praxe. Cílem článku je ukázat možnosti modelů systémové dynamiky jako vhodných nástrojů pro podporu systémového přístupu k vědeckému zkoumání v informatice. Multidisciplinární a kvantitativní pojetí, které je pro Systémovou dynamiku typické, je dle autorů vhodné k systémovému řešení složitých problémů současné informatické praxe. Provedená rešeršní činnost a zkoumání principů Systémové dynamiky včetně etap tvorby jejích modelů tyto autorské argumentace potvrzují.

Klíčová slova: Věda, systémový přístup, informatika, systémová dynamika, model.

Abstract

The level of informatics development is causally linked to the level of scientific development in the area. Successful scientific work is based not only on the investigative style of thinking, but it also means to think in context and to see the whole setting of the solved research problem – to be able to apply system approaches. System approaches include System Dynamics; a community practicing system dynamics has become the strongest school of system approach with many members of the academic environment as well as from real life practice. The aim of the article is to show the possibilities of system dynamics models as appropriate tools to support system approach to scientific research in informatics. The multidisciplinary and quantitative concepts that are typical of System Dynamics are, according to the authors, suitable for systemic solution of the complex problems of current IT practice. Conducted research and examining the principles of system dynamics including the stages of creation of its models confirm these author's arguments.

Keywords: Science, Systems approach, Informatics, System dynamics, Model.

* Department of Computer Science and Mathematics, Faculty of Economic Studies,
University of Finance and Administration, Estonská 500, 101 00 Prague 10, Czech Republic
✉ mildeova@mail.vsfs.cz

† Department of Systems Analysis, Faculty of Informatics and Statistics, University of Economics, Prague,
W. Churchill Sq. 4, 130 67 Prague 3, Czech Republic
✉ xdalm03@vse.cz

1 Úvod

Soudobá věda je pod neustálým tlakem turbulentního a dynamického prostředí a není statická. Ona i její metody se vyvíjí a tento vývoj jde skokově, jak prokazuje Kuhn (1962). Ambicí autorů je přispět, samozřejmě dílčím způsobem, k tomuto vývoji a ilustrovat výhody systémového přístupu k vědeckému zkoumání. Motivací k tomuto článku jsou vlastní zkušenosti s vědeckou prací doktorandů v oboru Informatika, kteří musí v rámci svých disertačních prací korektně určit objekt a předmět zkoumání, hranice zkoumání, klíčové entity a vztahy mezi nimi a mají často vážné problémy toto zvládnout.

Cílem článku je ukázat možnosti systémového přístupu k vědeckému zkoumání v informatice. Akcent je kladen na potenciál modelů systémové dynamiky coby vhodných nástrojů pro podporu systémového přístupu k vědeckému zkoumání. Účelově se autoři zaměří na oblast informatiky. Respektive, systémový přístup je vhodné využít zejména v aplikované informatice, kterou pro potřeby článku lze definovat dle (Gála, Pour & Toman, 2006, str. 21) následovně: „principy a pravidla práce s informacemi a charakteristiky s nimi spojených systémů a jejich prvků, které jsou významné pro její užití ve vymezené oblasti lidské činnosti“. Teoretická východiska zkoumání jsou postavena na principech tvorby a aplikace modelu systémové dynamiky.

Co se týče struktury článku, nejdříve je ukázáno, že moderní vědecká práce znamená porozumět problémům holisticky a vidět je dle principů systémového myšlení coby sítí provázaných částí. Dále je popsána Systémová dynamika, tedy základní logika v článku použitého systémového přístupu, jsou zkoumány její principy a nástroje. Pomocí analýzy etap tvorby a implikace modelu Systémové dynamiky článek následně ukazuje model Systémové dynamiky jako vhodný nástroj umožňující aplikaci systémového přístupu k vědeckému zkoumání. Závěrem jsou diskutovány perspektivní oblasti informatiky vhodné k tomuto přístupu.

Pro zpracování článku byly užity tyto vědecké metody: rešerše informačních zdrojů dle zájmové oblasti; abstrakce; analýza a syntéza; indukce a dedukce; metoda modelování na bázi Systémové dynamiky a face to face dotazování. Systémový přístup je v textu aplikován jako obecná metoda vědeckého myšlení, jejíž podstatou je analýza složitých celků z pohledu jejich struktury, kdy pro vlastnosti celku jsou důležité interakce mezi jeho částmi. Článek navazuje na příspěvek (Mildeová, 2017).

2 Systémový přístup

2.1 Systémový přístup v informatice

Standardy řízení podnikové informatiky jsou stále sofistikovanější (Pour, 2014). Je ale nutno konstatovat, že účinnost samotného odvětví ICT v ČR je jen průměrná mezi ostatními sektory a přibližně jen poloviční oproti vyspělým evropským státům (Doucek & Nedomová, 2011). Situaci je nezbytné vidět v kontextu toho, že nejde jen o samotný obor IS/ICT. Informační a komunikační technologie jsou v mnoha odvětvích rozhodujícím faktorem pro zajištění růstu či alespoň udržitelnosti (Haes, 2015). IS/ICT projekty končí často ne zcela úspěšně a důvody neúspěchu zůstávají často skryty (Král & Mildeová, 2012). V této souvislosti Voříšek a Feuerlicht (2005) vyzvali k efektivnějšímu řízení informačních a komunikačních technologií.

Systémový přístup není v informatice nic nového, rozšířil se už v 60. a 70. letech minulého století – historicky je součástí metodického rámce informatiky. Na významnost jeho role např.

v procesu systémové integrace tehdy upozornil Lacko (2002) a další, coby nedílnou součást informačního managementu ho uvádí Doucek, Maryška a Nedomová (2013). Hlubší realizace systémového přístupu v teorii i praxi informatiky je ale až na výjimky spíše výjimečná (Dömeová, Houška & Beránková, 2008; Lukáš, 2016; Kný, 2015; Janková, Peller & Dvořák, 2015). Nejde jen o oblast informatiky. Nedostatek systémového přístupu, omezené zaměření na kontext a také neschopnost správně pochopit jiné systémy v okolním prostředí je dle Meadows (2009) častou slabou stránkou při řešení problémů měkkých systémů.

2.2 Systémový přístup a model systémové dynamiky

Systémový přístup je metodologie myšlení, jednání, řešení problémů a rozhodování (Dömeová, Houška & Beránková, 2008). Capra (2004) uvádí, že systémový přístup je tzv. „kontextuální“ a je opakem analytického. Přístupovat k problému pomocí systémovém přístupu znamená umístit problém do kontextu většího celku. V systémovém přístupu je možné pochopit vlastnosti částí i celku pouze na základě vlastností a chování celého systému, myšlení se nesoustřeďuje na stavební bloky celku, ale spíše na základní principy a chování systému.

Mezi systémové přístupy patří disciplína Systémová dynamika, resp. komunita praktikující Systémovou dynamiku se stala nejsilnější školou systémových přístupů s mnoha členy z akademického prostředí i z reálné praxe. Existuje ale celá řada teorií a metodologií, které Systémovou dynamiku doplňují. Současné spektrum systémových teorií (jmenujme například matematickou teorii systémů a v ní například teorii komplexity a teorii chaosu) je velmi rozmanité. Spojitost lze vyznívat v tom, že tyto teorie staví na představě, že systém – organizovaný celek je vždy více než součet jeho částí. Společným pro systémové teorie je také snaha o exaktní popis systému s cílem jeho pochopení, replikace, optimalizace a ovlivňování. Většina systémových teorií, podobně Systémové dynamice, nenabízí jen teorii, ale také metodologii pro postup řešení a způsob myšlení o otázkách nebo problémech (Liu & Michel, 1994; Vodáček, 1997).

Systémová dynamika integruje teorie, metody a filozofii pro analýzu chování systému, a to především systémů měkkých. Vztahy v měkkých systémech jsou provázány dosti složitě a pochopení vazeb je značně obtížný úkol. Nicméně rozpoznání a pochopení vazeb v těchto systémech je klíčové pro řešení problémů dneška. Disciplína Systémová dynamika poskytuje nástroje, prostřednictvím nichž je možné se s komplexností lépe vypořádat (Forrester, 1961). Jde o prakticky orientovanou disciplínu pro studium chování komplexních sociálních a sociotechnických systémů; disciplínu, která napomáhá kvalitnějšímu poznávání okolních systémů, zejména těch, ve kterých se vyskytuje vysoká míra detailní a dynamické komplexity. Dlouholeté využívání Systémové dynamiky prokázalo, že její nástroje jsou prostředkem pro vytváření strategií a současně umožňují zjištění dopadů rozhodnutí dříve, než jsou aplikována (Forrester, 2007).

Základní stavební kameny Systémové dynamiky položil profesor Jay W. Forrester již v roce 1961, kdy vydal svůj první článek „Industrial Dynamics“, který je součástí jeho knihy „Industrial Dynamics“ (Forrester, 1961). Systémová dynamika staví na konceptu zpětné vazby, kterou znázorňuje pomocí počítačových modelů. To koresponduje s tím, že Forrester získal vzdělání na Massachusetts Institute of Technology a byl průkopník v oblasti kybernetiky a počítačů (Vojtko & Mildeová, 2006). Systémová dynamika rozeznává dva typy zpětných vazeb, a to pozitivní a negativní zpětnou vazbu (Sterman, 2000). Pozitivní zpětná vazba představuje posilování trendu, kterým se systém ubírá. Negativní zpětná vazba představuje směřování systému do rovnovážného stavu. Koncept zpětné vazby je vlastní

oběma základním nástrojem Systémové dynamiky, kterými jsou příčinný smyčkový diagram a diagram hladin a toků.

Systémová dynamika spoléhá na modelování – vytváření explicitních modelů je jádrem Systémové dynamiky. Zpětnovazební smyčky a zpoždění jsou pomocí hladin a toků vizualizovány a formalizovány (Sterman, 2000). V současné informační a znalostní společnosti význam Systémové dynamiky roste (Barlas, 2016). Důvod lze nalézt v tom, že disciplína Systémové dynamiky je moderním analytickým přístupem produkujícím informace o vazbách, které napomáhají k efektivnější stimulaci systému a odstranění nežádoucích vlastností systému. Častým účelem modelu Systémové dynamiky bývá odhalovat stávající problémy daného systému a hledat místa pákového efektu, tj. místa, jejichž prostřednictvím je možné systém stimulovat a vyvolávat tak významné změny vedoucí k optimalizaci systému. Důležité je, že ačkoliv jsou modely Systémové dynamiky sestaveny z kombinací relativně jednoduchých konceptů, mohou generovat velmi realistické chování (Forester, 1999; Meadows, 2009; Sterman, 2000).

Přelomovým se v oblasti aplikací modelů Systémové dynamiky stala volná dostupnost softwaru InsightMaker, mezi komerční nástroje pak patří Powersim a Vensim.

3 Systémová dynamika k vědeckému zkoumání v informatice

3.1 Etapy tvorby modelu x etapy vědecké práce

Výzkum, nejen v oblasti informatiky, je stimulován tvorbou disertačních prací (dále DisP) – obsáhlých odborných prací studentů v doktorských studijních programech. Doktorandi, tj. začínající vědci, nezasvěcení do systémového myšlení, nezdědka nejsou schopni rozlišovat, co je pro danou oblast důležité a co nikoliv. Domnívají, že vše, „co vidí a vnímají“, je důležité. Často jsou tak při své vědecké práci zahlceni nedůležitými informacemi, které nedokáží filtrovat a zpracovat. Shodně s Richmondem lze doporučit způsob řešení spočívající v identifikaci relevantní informace prostřednictvím tvorby modelových situací na bázi disciplíny Systémová dynamika (Richmond, 1993).

K ilustraci potenciálu modelů Systémové dynamiky coby vhodných nástrojů pro podporu systémového přístupu k vědeckému zkoumání je dále použita zejména analýza etap tvorby a implikace modelu Systémové dynamiky. Jednotlivé etapy jsou vymezeny dle (Sterman, 2000; Meadows, 2009).

Definice účelu modelu je první etapou tvorby modelu Systémové dynamiky. Tato etapa je nejvýznamnější etapou rozpoznání problému, protože v rámci ní dochází k členění na podstatné a nepodstatné, k rozlišení toho, co je součástí a co není součástí, tedy vymezení hranic modelu. Tato etapa má za cíl zmapovat celkovou problémovou situaci.

V etapě pochopení problému a popisu systému dochází k využití základních nástrojů příčinného smyčkového diagramu a diagramu stavů a toků. Cílem je grafický popis systému včetně cirkulárních zpětnovazebních struktur. Tvorba příčinného smyčkového diagramu je výchozím krokem k analýze systému. Zde je cílem identifikovat takové prvky systému, prostřednictvím nichž bude možné dále sestavovat rovnice daného systému. Příčinný smyčkový diagram zachycuje proměnné propojené šipkami takovým způsobem, aby vyjádřily vliv jedné proměnné na druhou. Tvorba diagramu stavů a toků je fází, ve které je nutné rozhodnout o tom, jakou roli hrají zvolené proměnné v rámci analyzovaného systému. Základní proměnné diagramu stavu toků jsou Hladina nebo častěji anglický výraz “Stock” je proměnná představující akumulaci integrálů přítoku, respektive akumulaci vstupů, které se v hladině za časové období nahromadily, vstupy mohou být například materiál, informace, data. Pomocná proměnná je typ proměnné, ve které dochází ke zpracování výpočtu jedné rovnice

anebo funkce. Tok neboli „Flow“ vstupuje nebo naopak vystupuje z proměnné za zvolenou jednotku času. Tokem prochází materiál, informace, data. Spoj reprezentuje spojení, přenos informací v rámci modelu z jedné proměnné do druhé.

Další etapa formuluje simulační model, kdy integruje matematické rovnice a funkce do diagramu stavů a toků, tedy doplňuje matematické prvky mezi proměnné modelu. S pomocí matematického aparátu dojde k převedení diagramu stavů a toků do podoby dynamického modelu. (Stermán, 2000; Meadows, 2009).

V rámci etapy Modelové simulace se testuje, zda je model použitelný v návaznosti na reálné prostředí. Dochází zejména ke kontrole konzistence modelu v rámci jeho hraničních bodů a k testování citlivosti modelu ověřováním hypotéz o příčinách chování systému při změně vstupních parametrů.

Při závěrečné etapě návrhu a testování politik se ověřuje, zda v první etapě rozpoznáný problém reprezentuje problém, který byl skutečně v této etapě stanoven. V rámci této etapy dojde k posouzení a v případě potřeby k návrhu nových pravidel rozhodování a strategií, popř. k „reengineeringu“ procesu. Pojdme se nyní podívat na výše popsané fáze z pohledu postupů, odpovídajících zvyklostem informatiky a současně z pohledu zpracování disertačních prací (viz Obr. 1).

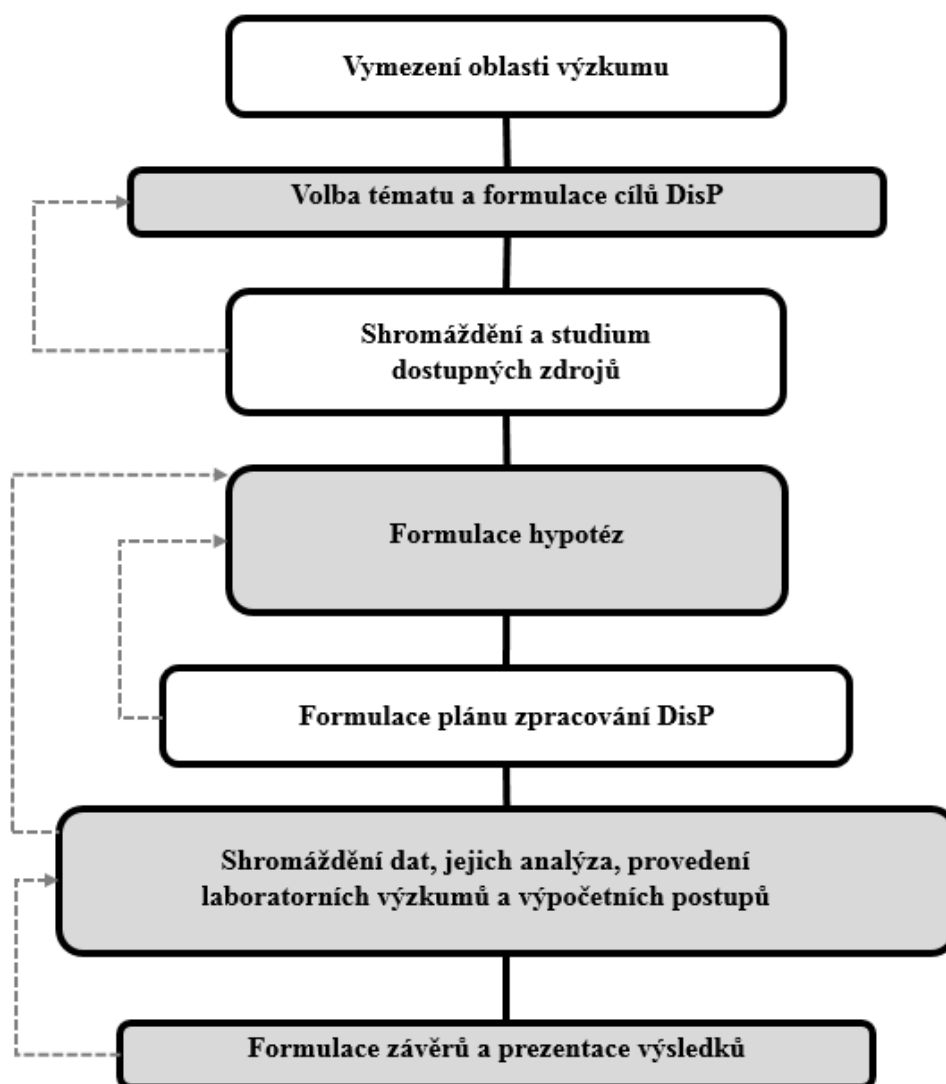
Daný výzkumný problém si představme jako systém, který se v úvodní fázi transformace rovná entitě chaos. Tuto entitu postupně analyzujeme a definujeme její hranice, čímž postupně snižujeme její komplexitu. Fázi transformace, kterou jsme v problému vymezili jeho hranice, si představíme jako entitu komplexita. Tuto fázi je možné přiřadit k etapě „Volba tématu a formulace cílů DisP“.

Dalším krokem transformace je entita, kterou budeme nazývat výrazem složitost, a kterou si můžeme představit jako snahu o vytvoření dvou pohledů na systém, a to statický pohled a dynamický pohled. Statický pohled pak reprezentuje etapu „Formulace hypotéz“ a dynamický pohled reprezentuje etapu „Shromáždění dat, jejich analýza, provedení laboratorních výzkumů a výpočetních postupů“.

Konečnou entitou transformace je jednoduchost, která reprezentuje naše poznání, ke kterému jsme dospěli v čase, kdy jsme analyzovali prvky vytvořeného dynamického a statického systému. Tuto etapu lze přiřadit k poslední etapě a to „Formulace závěrů a prezentace výsledků“.

Vše uvedený popis by měl u studenta vytvořit představu tacitního konceptuálního modelu a vyvolat tzv. „Aha efekt“. Konceptuální model je jádrem systémového modelu. Z informatického hlediska je možné vidět v konceptuálním modelu funkční specifikaci informačního systému.

Tacitní konceptuální model je dále třeba převést do explicitní podoby. Prvním krokem transformace do explicitní podoby je definice problému. V tomto případě se jedná již o explicitní formu definice problému, jejímž cílem je popsat daný problém ze systémového pohledu. Tento popis by měl obsahovat zejména statické pojetí systému (struktura, prvky systému – vnitřní, hraniční, externí, tranzitivní, vlastnosti prvků, uspořádání prvku, vazby, vztahy, subsystémy, okolí a hranice systému) a dynamické pojetí systému (funkce, chování, vstupy, výstupy, proces, chování, cíl). Z informatického hlediska by tato fáze měla odpovídat analýze požadavků na systém.



Obr.1. Etapy zpracování DisP. Zdroj: Autoři dle (Molnár et al., 2012; Gill a Johnson, 1998)

Při realizaci v podobě tvorby a aplikace počítačového modelu se jedná o, dá se říci, technickou část rutinního charakteru, určenou pro matematiky a programátory, kteří převedou zadání ve formě konceptuálního modelu do podoby funkčního modelu. Z informatického hlediska je možné tuto fázi považovat za fázi tvorby technické specifikace, která je následně převedena do podoby prototypního počítačového modelu.

Experimentování s funkčním počítačovým modelem, jeho verifikace a optimalizace, je následně plně v kompetenci vrcholového manažera či projektového týmu. Z informatického hlediska je možné tuto fázi přirovnat k uživatelským akceptačním testům.

Konečným krokem je pak prezentace výsledného produktu prostřednictvím výsledků.

3.2 Diskuze mezinárodních souvislostí

Ekonom a statistik George P.E. Box – s odvoláním na statistické modely pravděpodobnosti – řekl, že všechny modely jsou špatné, ale některé (modely) jsou užitečné (Box, 1979). Mnoho autorů dokazuje, že modely Systémové dynamiky jsou užitečné. Na základě výše popsaného můžeme pozměnit Boxovo slavné prohlášení a podporovat tvrzení „Všechny

modely jsou špatné, ale modely Systémové dynamiky mohou být k vědeckému zkoumání v české informatice užitečné“.

Naše tvrzení podporují úspěšné implementace modelů Systémové dynamiky ve světě. Za posledních 20 let došlo k značnému využívání modelů Systémové dynamiky, které prokázaly, že dokáží generovat významnou přidanou hodnotu. Ve vztahu k tématu tohoto článku zmiňme vznik samostatné Special Interest Group: [Information Science and Information Systems](#) v celkově 13 existujících zájmových skupinách, které jsou v rámci komunity Systémových dynamiků při [System Dynamics Society](#) (2017). Oblastí, která se stala významnou pro aplikaci Systémové dynamiky, je oblast projektového řízení (Lyneis & Ford, 2007). Ukázalo se, že zejména projekty vývoje informačních systémů představují systémy s vysoce nelineární zpětnou vazbou, a že je velmi obtížné takovéto projekty řídit s využitím standardních přístupů bez využití přiměřených informačních technologií. Modely Systémové dynamiky je tedy možné považovat za významné zejména pro další rozvoj informačních systémů (Lyneis, Cooper & Els, 2001), ale nejen pro ně. V návaznosti na System Dynamics Review, vědeckého promotora Systémové dynamiky, je možné pozorovat šest oblastí, ve kterých dochází k vědecké kooperaci informačních a komunikačních technologií a Systémové dynamiky. Jedná se o oblasti informační bezpečnosti, komunikace informací, komunikačních sítí, sdílení znalostí, e-mailové komunikace a v neposlední řadě již zmíněné analýzy informačního systému (Georgantzias & Katsamakos, 2008; Kanungo & Jain, 2008; Luna-Reyes et al., 2008; Otto & Simon, 2008; Pavlov, Plice & Melville, 2008; Dutta & Roy, 2008).

Další výzkum je možné koncipovat do analýz, nakolik se Systémová dynamika integruje a je využívána při ICT projektech – nejen za účelem nastavení systémového rámce, optimalizace procesů, ale i k efektivnějšímu přenosu informací a tvorby znalostí. Tento směr může být motivující i pro příští disertační práce.

4 Závěr

Dobrý vědecký pracovník musí mít nejen investigativní a kreativní styl myšlení, musí myslet v souvislostech, vidět kontext jím řešeného problému. Říkáme-li, že vědec musí myslet v souvislostech, tak to znamená, že musí myslet systémově. Článek věnoval velký prostor právě problematice systémového myšlení ve vědeckém zkoumání. Autoři ukázali, že nejde jen o systémové myšlení, ale o využívání modelování a simulačních experimentů pro úspěšné hledání odpovědí na výzkumné otázky.

Pro hledání odpovědi na výzkumné otázky je možno použít různé metody – kvantitativní i kvalitativní nebo je i kombinovat, což se vzájemně nevylučuje. Naopak zkoumáním problému z různých aspektů a s použitím různých přístupů může být vědci nápomocné v proniknutí do jádra problému a nalezení správného řešení. Věda je ovšem především kvantitativní. To znamená, že potřebuje fakta a znát odpovědi na otázky typu „Co?“, „Kdy?“, „Kde?“, „Kolik?“. Současně musí být věda prediktivní, to znamená dávat odpovědi na stejné otázky i do budoucnosti.

V této souvislosti byla v rámci systémových přístupů představena Systémová dynamika, která kombinuje teorie, metody a filozofii pro analýzu chování systémů. Autorským přínosem bylo podívat se fáze tvorby modelů Systémové dynamiky z úhlu etap zpracování disertačních prací v informatice. Z provedeného zkoumání vyplynulo, že simulační model Systémové dynamiky nereprezentuje pouze etapu „Shromáždění dat, jejich analýza, provedení laboratorních výzkumů a výpočetních postupů“, ale přesahuje svými možnostmi i do etapy „Volba tématu a formulace cílů DisP“, „Formulace hypotéz“ a samozřejmě „Formulace závěrů a prezentace výsledků“. Využití principů Systémové dynamiky tak může být velmi cenné pro uchopení problému disertační práce a jeho řešení.

Multidisciplinární přístup, který je klíčový pro systémový přístup Systémové dynamiky, je dle autorů vhodným přístupem k systémovému řešení složitých problémů současné infromatické praxe. Existují různé přístupy k vědeckému zkoumání. Tradiční kvantitativní metody neberou v potaz zpětnovazební struktury. Systémová dynamika, na kterou se text zaměřil, umožňuje jít nad rámec popisných teorií. Doporučení autorů tak vede k popularizaci disciplíny Systémová dynamika. Autoři si jsou zároveň vědomi, že jde jen o jeden z možných způsobů systémového zkoumání. Kromě tradičních metod by mohly být v české vědě významněji diskutovány i takové systémové metodologie, jakou je například teorie komplexity.

Závěrem je třeba připustit, že ani pokročilé sofistikované metody vědecké práce, které byly v článku ukázány, ani ty tradiční mnohokrát prověřené metody, nezaručí, že při jejich použití bude vědecká práce úspěšná. Věda není jen o racionální dedukci postavené na přesných datech a simulačních propočtech s nimi, „umění vědy“, „mundus operandi“ zahrnuje také kreativitu vědce a jeho osobní schopnosti obecně. Informatika je klíčová v dnešní ekonomice a společnosti. Hledání cest v jejím výzkumu, posouvající lidské poznání, je výzvou současné vědy.

Seznam použité literatury

- Barlas, Y.** (2016). Meeting Jay W. Forrester. *System Dynamics Review*, 32(3-4), 183–184. doi: [10.1002/sdr.377](https://doi.org/10.1002/sdr.377)
- Box, G. E. P.** (1979). All models are wrong, but some are useful. In: Launer, R.L, Wilkinson. G.N. (eds). *Robustness in Statistics: Proceedings of a Workshop*. New York: Academic Press.
- Capra, F.** (2004). *Tkáň života: Nová syntéza mysli a hmoty*. Praha: Academia.
- Doucek, P., Maryška, M., & Nedomová, L.** (2013). *Informační management v informační společnosti*. Praha: Professional Publishing.
- Doucek P., & Nedomová L.** (2011). Porovnání ICT sektorů v České republice a Slovenské republice. *Acta Oeconomica Pragensia*, 19(5), 68–86. doi: [10.18267/j.aop.347](https://doi.org/10.18267/j.aop.347)
- Dömeová, L., Houška, M., & Beránková, M.** (2008). *Systems Approach to Knowledge Modelling*. Hradec Králové: Graphical Studio Olga Čermáková.
- Dutta, A., & Roy, R.** (2008). Dynamics of organizational information security. *System Dynamics Review*, 24(3), 349–375. doi: [10.1002/sdr.405](https://doi.org/10.1002/sdr.405)
- Forrester, J. W.** (1961). *Industrial Dynamics*. Portland: Productivity Press.
- Forrester, J. W.** (1999). *Principles of systems*. Waltham, MA: Pegasus Communications.
- Forrester, J. W.** (2007). System Dynamics – A Personal View of the First Fifty Years. *System Dynamics Review*, 23(2-3), 345–358. doi: [10.1002/sdr.382](https://doi.org/10.1002/sdr.382)
- Gála, L., Pour, J., & Toman, P.** (2006). *Podniková informatika*. Praha: Grada.
- Georgantzis, N. C., & Katsamakas, E. G.** (2008). Information systems research with system dynamics. *System Dynamics Review*, 24(3), 247–264. doi: [10.1002/sdr.420](https://doi.org/10.1002/sdr.420)
- Gill, J., & Johnson, P.** (1998). *Research Methods for Managers*. London: Paul Chapman Ltd.
- Haes, S. D.** (2015). *Enterprise Governance of Information Technology: Achieving Alignment and Value, Featuring COBIT 5*. 2nd ed. New York: Springer.
- Janková, M., Peller, F., & Dvořák, J.** (2015). Possibilities of mathematical modelling in the dynamic trends of the economic informatics. *Economics and Informatics*, 13(2), 65–75.
- Kanungo, S., & Jain, V.** (2008). Modeling email use: a case of email system transition. *System Dynamics Review*, 24(3), 299–319. doi: [10.1002/sdr.406](https://doi.org/10.1002/sdr.406)
- Kný, M.** (2015). Bezpečnostní management – Systémový přístup. *Acta Informatica Pragensia*, 4(3), 326–335. doi: [10.18267/j.aip.79](https://doi.org/10.18267/j.aip.79)

- Král, M., & Mildeová, S.** (2012). Project management: a case of fixed price IS/IT projects. Analysis of projects by project scopes. *Journal of Systems Integration*, 3(4), 29–39. doi: [10.20470/jsi.v3i4.146](https://doi.org/10.20470/jsi.v3i4.146)
- Kuhn, T.** (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lacko, B.** (2002). Bariéry systémového myšlení. Retrieved from https://lacko.otw.cz/eseje/Bariery_syst_mysleni.doc.pdf
- Liu, D., & Michel, A. N.** (1994). *Dynamical systems with saturation nonlinearities: analysis and design*. New York: Springer-Verlag.
- Lukáš, M.** (2016). Vize efektivnějšího využívání eGON Service Bus ve veřejné správě pomocí principu řetězení sběrnic služeb. *Systémová integrace*, 23(3-4), 24–39.
- Luna-Reyes, L. F., Black, L. J., Cresswell, A. M., & Pardo, T. A.** (2008). Knowledge sharing and trust in collaborative requirements analysis. *System Dynamics Review*, 24(3), 265–297. doi: [10.1002/sdr.404](https://doi.org/10.1002/sdr.404)
- Lyneis, J. M., Cooper, K. G., Sharon, A., & Els, A.** (2001). Strategic management of 115 complex projects: a case study using system dynamics. *System Dynamics Review*, 17(3), 237–260. doi: [10.1002/sdr.213](https://doi.org/10.1002/sdr.213)
- Lyneis, J. M., & Ford, N.** (2007). System dynamics applied to project management: A survey, assessment, and directions for future research. *System Dynamics Review*, 23(2-3), 157–189. doi: [10.1002/sdr.377](https://doi.org/10.1002/sdr.377)
- Meadows, D. H.** (2009). *Thinking in systems: a primer*. London: Earthscan.
- Mildeová, S.** (2017). Systems/systemic approach to scientific investigation: a case study of Competitive Intelligence. In: Giappichelli, G. (ed.). *The first Volume of the Book Series on Systems Management. The proceedings of the WOSC 2017 Congress*. London: Routledge. [in press]
- Molnár, Z., Mildeová, S., Řezanková, H., Brixí, R., & Kalina, J.** (2012). *Pokročilé metody vědecké práce*. Praha: Profess Consulting.
- Otto, P., & Simon, M.** (2008). Dynamic perspectives on social characteristics and sustainability in online community networks. *System Dynamics Review*, 24(3), 321–347. doi: [10.1002/sdr.403](https://doi.org/10.1002/sdr.403)
- Pavlov, O. V., Plíce, R. K., & Melville, N. P.** (2008). A communication model with limited information-processing capacity of recipients. *System Dynamics Review*, 24(3), 377–405. doi: [10.1002/sdr.407](https://doi.org/10.1002/sdr.407)
- Pour, J.** (2014). MBI – portál pro podporu řízení podnikové informatiky. *Systémová integrace*, 21(3), 49–62.
- Richmond, B.** (1993). Systems thinking: Critical thinking skills for the 1990s and beyond. *System Dynamics Review*, 9(2), 113–133. doi: [10.1002/sdr.4260090203](https://doi.org/10.1002/sdr.4260090203)
- Sterman, J. D.** (2000). *Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. USA: McGraw-Hill Higher Education.
- System Dynamics Society.** (2017). SIGs of the System Dynamics Society. Retrieved from: <http://sigs.systemdynamics.org/information-science-and-information-systems-sig-isig/>
- Vodáček, L.** (1997). *Informační management: pojetí, poslání a aplikace*. Praha: Management Press.
- Vojtko, V., & Mildeová, S.** (2006). *Dynamika trhu*. Praha: Profess Consulting.
- Voříšek, J., & Feuerlicht, G.** (2005). Is It Right Time for the Enterprise to Adopt Software-as-a-Service Model? *Information Management*, 18(1/2), 4–8.

