

SYSTÉMOVÉ MODELOVÁNÍ MEZINÁRODNÍ MOBILITY PRACOVNÍCH SIL: PŘÍPAD IT ODBOURNÍKŮ

Stanislava Mildeová¹, Ingeborg Němcová², Viktor Vojtko³

¹ Katedra systémové analýzy, Vysoká škola ekonomická v Praze
e-mail: mildeova@vse.cz

² Katedra světové ekonomiky, Vysoká škola ekonomická v Praze
e-mail: inge@vse.cz

³ Katedra obchodu, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
e-mail: vojtko@vivasystems.cz

ABSTRAKT

Tvorba systémového modelu umožňujícího studium chování komplexních sociálních systémů je v oblasti integračních a globalizačních procesů netradiční přístup, který může ukázat nové souvislosti. Cílem příspěvku je poukázat na tyto možnosti a ilustrovat je pomocí konceptu modelu na bázi nástrojů systémové dynamiky. Text, jež vznikl v rámci řešení projektu GA 402/07/0521, je na obecné úrovni příspěvkem k vytvoření takových struktur pracovních sil, které by byly ekonomicky efektivnější a konkurenceschopnější, specificky se zaměřuje na mobilitu resp. nedostatek volných IT odborníků na trhu práce v ČR.

KLÍČOVÁ SLOVA:

systém, systémová dynamika, koncept modelu, mobilita pracovních sil, IT odborník

1. ÚVOD

Na migraci obyvatelstva lze nahlížet z pohledu demografického vývoje (FIALA, T., LANGHAMROVÁ, J. 2008), mobilita pracovních sil jako základního výrobního faktoru je současně předpokladem adaptace ekonomických struktur na nové tržní podmínky. Jednotlivé faktory produkce přitom nejsou homogenní a je možné sledovat mobilitu jejich vybraných podskupin, například pracovních sil určité kvalifikace.

2. MOBILITA TOKŮ PRACOVNÍCH SIL JAKO KOMPLEXNÍ SYSTÉM

Mezinárodní mobilitu pracovních sil lze zahrnout pod značně široký pojem *komplexní sociální systém*. Jeho základní charakteristiky jsou *komplexita (složitost)*, znamenající, že máme co do činění s něčím, co převyšuje naše běžné intuitivní schopnosti; *dynamika*, jež vzniká vzájemným působením zpětných vazeb (nejsložitější reakce systému nejsou způsobeny komplexností jednotlivých prvků, ale vzájemným působením zpětných vazeb uvnitř systému); *sociální neboli společenský rozměr* – zjednodušeně lze říci, že se musíme vyrovnat s lidmi, kteří se v čase mění (ať už vlivem učení se nebo naopak stárnutí) a navzájem na sebe různými způsoby působí – existuje mezi nimi jakási síť různě silných sociálních zpětnovazebních vztahů a jejichž chování je motivováno nejrůznějšími faktory, z nichž značnou část

nemůžeme prakticky poznat; a *holismus a emergence*, vyžadující zdůraznění celistvosti, struktury a účelovosti našeho pohledu.

Vzájemná závislost mezi prvky v systému je základním stavebním kamenem jeho celkové complexity (ČANCER 2006). I v systémech s velice jednoduchými prvky a pravidly chování (což mezinárodní mobilita pracovních sil není) mohou povstat ze vzájemné interakce značně složité a obtížně předvídatelné způsoby chování celku. Důraz na *systémové pojetí* je podstatný, neboť mnohé vlastnosti mobility pracovních sil povstávají jako kvalitativně nová úroveň výhradně ze vzájemného působení částí na sebe navzájem a tyto emergentní vlastnosti lze poznat pouze skrze celek, protože nejsou samostatným obsahem jednotlivých částí.

3. MOŽNOSTI FORMALIZACE

Formalizované postupy, na jejichž základě jsou predikce pohybu výrobních faktorů a jejich důsledky modelovány, jsou často založeny na použití modelů rovnováhy, případně aplikace tzv. „gravity“ modelů (TICHÝ 2007). Oproti tomu se autoři zaměřují na *možnosti nástrojů disciplíny systémové dynamiky*. Výchozí filosofií je: abychom porozuměli chování systému v čase, musíme poznat jeho strukturu. To znamená vydefinovat prvky systému a vyznačit vzájemné vztahy. Pochopení na základě poznání *struktury systému* a jejího explicitního vyjádření je počátek inovativního uvažování a odhalování pravých příčin problémů a lze tak přispět k vysvětlení řady reálných problémů globalizace.

4. NÁSTROJE DESKRIPTCE SYSTÉMU DLE SYSTÉMOVÉ DYNAMIKY

4.1 DISCIPLÍNA SYSTÉMOVÁ DYNAMIKA

Systémová dynamika je jednou z větví *aplikace systémových teorií*. Její unikátní metodologie je určená ke studiu a řízení zpětnovazebních systémů v čase (FORRESTER 1961). Zatímco slovo systém je možné použít na všechny možné situace, rozlišujícím činitelem je zpětná vazba.

Systémová dynamika spoléhá na modelování. Zpětnovazební smyčky a zpoždění jsou pomocí hladin a toků vizualizovány a formalizovány. (Jedná se o shora-dolů modelující přístupy). Formalizace modelů a dynamické simulace se můžou dokonce pokládat za nezbytné komponenty pro studium konkrétních dynamik komplexních systémů.

4.2 PŘÍČINNÝ SMYČKOVÝ DIAGRAM & DIAGRAM HLADIN A TOKŮ

Podle zásad metodologie systémová dynamika existují v zásadě dva přístupy jak popsat strukturu systému – *příčinným smyčkovým diagramem* či *diagramem hladin a toků* (FORRESTER 2007). Jejich fungování bude dále na vybraném případě mobility IT odborníků (při nezbytném zjednodušení modelu) ukázáno.

Oba dva tyto nástroje systémové dynamiky – jak příčinný smyčkový diagram, tak diagramem hladin a toků – vychází z toho, že fungování systému je řízeno *cyklickým vzorcem informací*, který je znám jako zpětnovazební smyčka. Prakticky to znamená, že pokud jedna část systému ovlivňuje systém jako celek a systém může zpětně ovlivňovat onu část, vzniká nová kvalita, a to *zpětnovazební smyčka*.

Systém mobility pracovních sil se skládá z mnoha zpětnovazebních smyček vzájemně propojených; a to jak smyček způsobujících růst, tak smyček směřujících k rovnováze a stabilitě, jež negují změny. Dosáhne-li systém mobility pracovních sil své rovnováhy, pak to

není rovnováha dlouhodobá, neboť díky časovým zpožděním, je systém ze své rovnováhy neustále vychylován.

Ze *systémového hlediska* jsou zpoždění podstatným aspektem, který ovlivňuje celkové chování systému a bez nich toto chování nelze rozumně uchopit. Způsobují velké množství nepříjemných efektů. Mezi nejvýznamnější patří zakrytí kauzálních vztahů, které souvisí s naším sklonem spojovat věci blízké v čase i prostoru, takže pravá příčina je často nepozorována. To vede k velmi omezenému poučení se z problému a často také k neschopnosti jej komplexně dlouhodobě vyřešit (MILDEOVÁ, VOJTKO 2003).

Zpoždění také způsobují značné problémy při *získávání informací o aktuálním stavu systému*, jejich zpracování, rozhodování a implementaci výsledků rozhodnutí. Zatímco zpoždění toků pracovních sil je ze svého principu omezené (pracovní síly – lidé zůstanou lidmi a není jich více, než před ním), u informačního zpoždění toto omezení neplatí (informace zůstane zachována i na místě odkud se šíří dále).

5. PŘÍPAD IT PRACOVNÍKŮ

5.1 LIDSKÉ ZDROJE V OBLASTI ICT

V rámci příspěvku jsou podskupinou, na níž se zaměřuje pozornost, *kvalifikovaní IT odborníci* (technologicky orientovaní vývojáři a správci sítě i byznys analytici, resp. IT odborníci zaměření na propojení ICT s podnikáním firmy). Tento výběr je podmíněn tím, že sektor ICT vytváří vysokou přidanou hodnotu a současně významně přispívá k produktivitě výrobních, byznys i vývojových aktivit v dalších sektorech ekonomiky, jak vyplývá z rozsáhlého průzkumu lidských zdrojů v oblasti ICT v ČR provedeném v roce 2007 s cílem zjistit stav trhu práce v oblasti IT v ČR (DOUCEK, P., NOVOTNÝ, O., PECÁKOVÁ, I., VOŘÍŠEK, J. 2007). Protože tento průzkum potvrdil i nedostatek volných IT odborníků na trhu práce v ČR, má v této souvislosti smysl zkoumat tendence v migraci těchto pracovníků.

Pro pohyb pracovníků uvažujeme jako výchozí migrační potenciál, který pracuje s řadou faktorů. Hlavní z nich je rozdíl mezi příjmy zdrojové a cílové země. Pohyb nastává, pokud dosahuje 30 a více procent. Další faktory představují příbuzenské vztahy, znalost jazyka, uznání kvalifikace, ale také geografická vzdálenost a řada dalších měkkých sociálních faktorů, které je obtížné kvantifikovat.

Pro pohyb informatiků jako pracovní síly je typické automatické uznání kvalifikace a jazykové předpoklady díky „počítačové angličtině“ nejsou takovou překážkou jako u jiných profesí.

5.2 ETAPY TVORBY MODELU

Tak jako existuje metodika COBIT (Control Objectives for Information and related Technology) a řada dalších, neexistuje metodika systémové dynamiky, která by zaštiťovala tvorbu systémově dynamických modelů, velmi dobře je však popsána sada doporučených postupů tvorby modelu.

Sterman (STERMAN 2000) doporučuje u tvorby modelu systémové dynamiky dodržet etapy, kterými jsou:

1/ *definice účelu*, jež umožňuje rozlišit podstatné od nepodstatného, definovat hranice zkoumaného systému, aby takto vzniklá ohraničená struktura generovala chování, které je předmětem našeho zájmu a stanovit časový horizont (i když sociální systémy nemají jasně

stanovené hranice a pokud ano, tak jen velmi mlhavě – nicméně pro modeláře je nezbytné modelovaný systém jasně ohraničit).

2/ *formulace dynamických hypotéz*, kdy se mapují zpětnovazební vztahy mezi prvky modelu. Je to hypotéza proto, protože je pouze dočasná, prozatímní a dynamická proto, protože zpětnovazební struktury vyjadřují chování modelu v čase. Formulování dynamických hypotéz je nutným předpokladem pro umožnění kvalitního učení se. Zaměřujeme se především na vysvětlení chování systému jako celku pomocí jeho endogenních charakteristik – hledáme příčinnou zpětnovazební strukturu (vzor chování), která je za toto chování odpovědná. K tomuto kroku používáme řadu nástrojů, především výše jmenované příčinné smyčkové diagramy a diagramy stavů a toků, tedy grafické nástroje.

3/ *formulace simulačního modelu* odstraní z konceptu modelu vágnosti a nejednoznačné vyjádření vztahů, vyjasní poslední rozpory v modelu. Simulační počítačový model je základem pro odvození logických důsledků a pro jeho použití je nutné mnoho vlastností již vytvořených modelů kvantifikovat. Součástí této fáze je testování konzistence s účelem a hranic modelu. Pro tvorbu simulačního modelu byly vytvořeny speciální softwarové nástroje jako je Powersim, VenSim, Stella a iThink.

4/ *testování* chování produkovaného modelem znamená na počítačovém modelu testovat vytvořené dynamické hypotézy o příčinách chování systému. Testování není fází, která by začala sekvenčně po skončení tvorby simulačního modelu, ale prolíná se s předchozí fází formalizace.

5/ *návrh a posouzení politik*⁶ vedoucích k nápravě problému je postaveno na návrhu nových reálně použitelných pravidel rozhodování, strategií a struktur. Důležité je také posouzení vzájemných interakcí mezi různými politikami, jako jsou například protichůdné navzájem se kompenzující vlivy, nebo naopak posílení.

Zjednodušený postup tvorby modelu navrhl (VENNIX 1999) jako 1/ strukturování problému, 2/ kauzálně smyčkové modelování, 3/ tvorba dynamického modelu, 4/ simulace, 5/ implementace výsledků.

5.3 KONCEPTUÁLNÍ MODEL

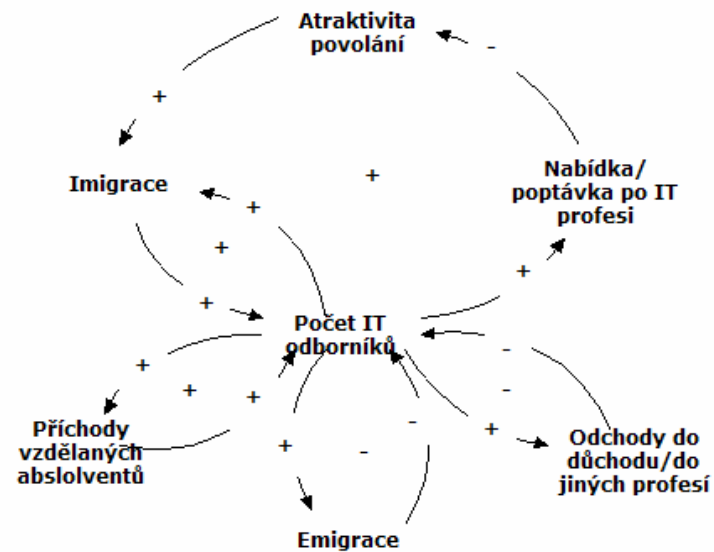
Fáze definice účelu modelu a formulace dynamických hypotéz bývají nazývané jako *koncept modelu*. I když je samozřejmě výhodné projít všemi fázemi tvorby modelu a dát uživateli k dispozici nástroj, který je explicitně vyjádřeným zjednodušeným popisem reality a na kterém si může testovat důsledky svých rozhodnutí, už samotná fáze konceptu má svůj význam (RICHARDSON 1991). Koncept modelu vede k vytvoření náhledu na modelovaný systém.

Využijme této možnosti metodologie systémové dynamiky a zůstaňme při uchopení problému mezinárodní mobility IT pracovníků v popsané poloze konceptu, jež nám umožní odkrýt klíčové prvky a zpětnovazební struktury podílející se na generování chování této skupiny pracovních sil. Pro vyjádření struktury chování je nejprve použit příčinný smyčkový diagram a z něj autoři přechází na diagram hladin a toků.

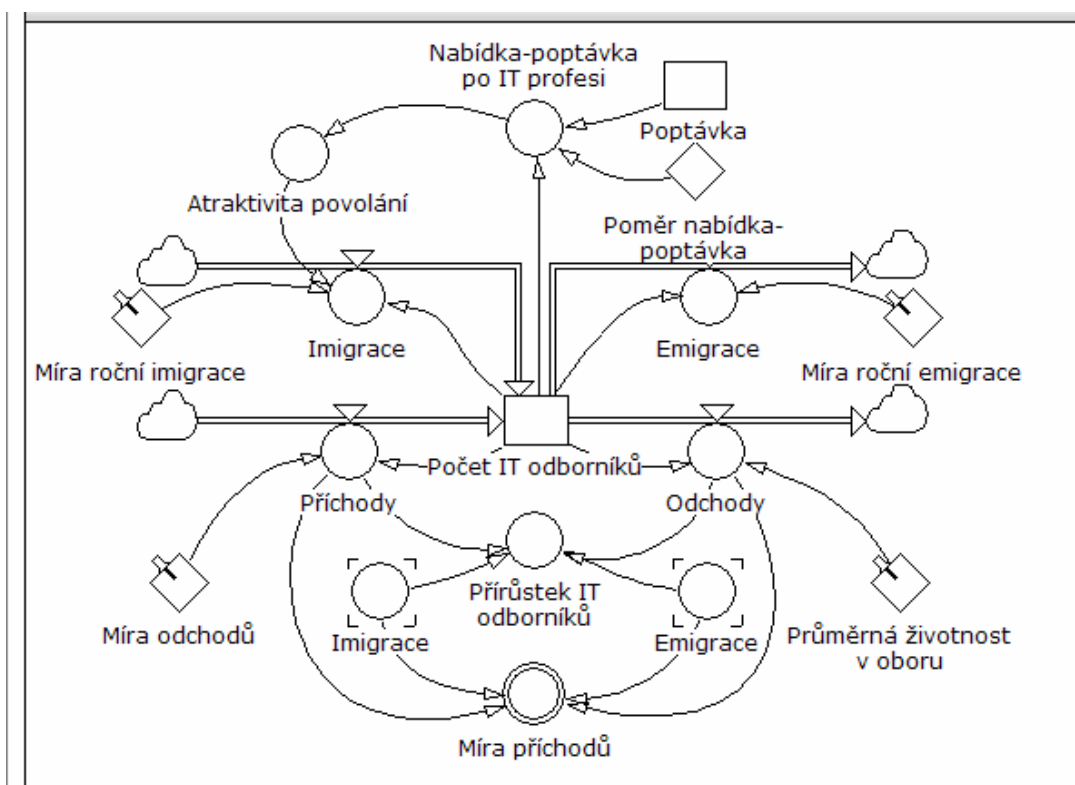
Při specifikaci struktury toků migrace a její motivace, jež ovlivňuje dynamiku chování kvalifikovaných IT odborníků, lze vyjít ze struktury klasických systémově dynamických modelů populace (POWERSIM 2005). Příčinný smyčkový diagram mapující stejně jako

⁶ Politika je zde míněna ve smyslu anglického výrazu „policy“, tedy způsobu utváření rozhodnutí založeném více či méně na pravidlech či zvyklostech, které však mohou být částečně i neuvědomované.

diagram hladin a toků prvky systému z hlediska vztahů mezi nimi mohou pak mít následující podobu (viz Obr.1 a Obr.2):



Obr. 1: Příčinný smyčkový diagram dynamiky IT pracovníků (s aspekty migrace)



Obr. 2: Diagram hladin a toků dynamiky IT pracovníků (s aspekty migrace)

5.4 PŘÍČINNÝ SMYČKOVÝ DIAGRAM – PŘÍPAD IT ODBORNÍKŮ

Příčinný smyčkový diagram (CLD) na Obr.1 slouží k zobrazení zpětných vazeb. Z historického pohledu vývoje systémově dynamické metodologie je příčinný smyčkový diagram mladší než diagram hladin a toků. Deskriptivnost příčinného smyčkového diagramu je větší, stejně tak jako rychlost jeho tvorby.

Příčinný smyčkový diagram se skládá z proměnných, jenž jsou propojené šipkami označující příčinnou vazbu mezi nimi. Typ spojení nepopisuje chování proměnných, ale popisuje strukturu systému. Říká, co by se stalo, kdyby došlo ke změně. Rozpoznat, zda se jedná o zpětnovazební smyčku pozitivní či negativní, je pro pochopení dynamického chování nezbytné. CLD rovněž zobrazuje vzájemnou závislost mezi proměnnými (interdependenci).

Šipka tj. spojení mezi proměnnými, může být:

- *pozitivní* – znamená, že pokud se zvýší působení příčiny, zvýší se i celkový důsledek oproti původnímu stavu, resp. pokud se sníží působení příčiny, sníží se i důsledek oproti původnímu stavu. Na Obr.1 je pozitivní zpětnovazební smyčka vztah např. mezi *Příchody vzdělaných absolventů* a *Počtem IT pracovníků*. Takováto struktura bude směřovat k trvalému růstu či trvalému poklesu. Čím více bude absolventů, tím více bude přibývat IT odborníků.
- *negativní* – znamená, že pokud se zvýší působení příčiny, sníží se i celkový důsledek oproti původnímu stavu, resp. pokud se sníží působení příčiny, zvýší se i důsledek oproti původnímu stavu. Na Obr.1 je negativní zpětnovazební smyčka např. vztah mezi *Odchodem do důchodu/do jiných profesí* a *Počtem IT pracovníků*. Taková struktura směřuje k vyhledávání stability.

Pokud je v jedné zpětnovazební smyčce více prvků, tak jako je to v případě smyčky *Počet IT pracovníků – Nabídka/poptávka po IT profesi – Atraktivita povolání – Imigrace* – pak rozpoznání o jaký druh zpětnovazební smyčky se jedná, je v počtu negativních zpětných vazeb: sudý počet negativních zpětných vazeb indikuje pozitivní zpětnovazební smyčku, lichý počet negativních zpětných vazeb indikuje negativní zpětnovazební smyčku. Zde tedy jde o pozitivní smyčku.

Příčinné smyčkové diagramy jsou užitečným nástrojem, zejména pokud je potřeba jednoduchým způsobem popsat základní dynamické vztahy v systému. Mohou být také aplikovány pro kvalitativní analýzu problému (neboť nevyžadují kvantifikaci) a v konceptuální fázi tvorby modelu systémové dynamiky – jak je v příspěvku ukázáno. Zde je vhodné kombinovat příčinné smyčkové diagramy s diagramy stavů a toků.

5.5 DIAGRAM HLADIN A TOKŮ – PŘÍPAD IT ODBORNÍKŮ

Silným nástrojem pro popis dynamického chování systému a základním stavebním kamenem modelů systémové dynamiky jsou diagramy stavů a toků (SFD). Spolu s CLD jsou hlavním východiskem konceptu systémové dynamické teorie. SFD jsou stejně jako modely CLD používány pro zachycení zpětnovazební struktury systému, která je uložena v našem mozku v podobě mentálního modelu. SFD oproti CLD nezobrazují pouze pozitivitu či negativitu vazeb, ale jsou vylepšeny tím, že odlišují hladiny a toky.

Pro SFD existuje několik podobných, nicméně poněkud odlišných notací, které odrážejí určitá specifika různých simulačních softwarových nástrojů. V tomto příspěvku se budeme držet notace spojené se simulačním softwarem Powersim.

Hladina je akumulací změn za časový okamžik. Uchovává v sobě informaci, má paměť. Hladiny mohou reprezentovat jak fyzické akumulace, např. v SFD na Obr.2 *Počet IT pracovníků* či *Poptávku* po IT profesi, tak nehmátatelné akumulace, jakými jsou kvalita jejich vzdělání.



Hladina

Pomocná proměnná je definována pomocí algebraických výrazů. Na Obr.2 jsou pomocné proměnné *Nabídka/poptávka po IT profesi* a *Atraktivita povolání*.



Pomocná proměnná

Konstanta je proměnná se stálou hodnotou. Konstantami jsou v SFD na Obr.2 různé míry.



Konstanta

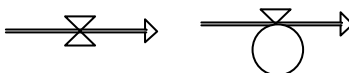


Symbol proměnné se zvláštní sadou rohů je *snímek*. Je to kopie nějaké původní proměnné. Snímky pro propojování proměnných, které jsou si navzájem vzdálené, byly použity pro proměnné *Imigrace* a *Emigrace*.



Dvojité zarámování je použito pro proměnnou definovanou jako *pole* – jde o *Míru příchodů*, kdy je vzata v úvahu věková struktura IT odborníků.

Tok mění hladinu v čase. Je to proces, který hladinu naplňuje nebo ji vypouští. Toky v modelu reprezentují přenos množství do hladin, z hladin a mezi hladinami.



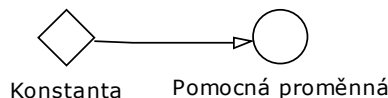
Symbol toku

Zatímco hladiny jsou „stavy“ modelovaných systémů, toky jsou „akce“. Řízení množství toku lze dosáhnout pomocí míry, což je proměnná, která je připojena k „ventilu“ toku. V diagramu je toků s mírou celá řada – *Imigrace*, *Emigrace*, *Příchody* a *Odchody* mezi IT odborníky a další.

Mrak představuje hranice modelu. Jeho kapacita je nekonečná.



Informační spoj je spoj, který přenáší informace mezi proměnnými.



Uvedený diagram je informačními spoji „propleten“.

6. ZÁVĚR

Mobilita pracovních sil má svou dynamiku, která se stále mění. Při celosvětovém nedostatku pracovníků inženýrských disciplín je v ČR zřetelný problém nedostatku IT odborníků. Rozpoznání dopadů různých politik a regulací v synergii s hospodářskými strategiemi je zde složité a neřešení situace adekvátním způsobem brzdí rozvoj čs. ekonomiky. Systémová dynamika jako způsob uvažování – „systémové myšlení“ a metodologie na řešení reálných systémových problémů, resp. obecně systémová věda přináší pohled a nástroje, které umožňují se s dynamikou a vysokou komplexností lépe vypořádat. Systémový pohled, který vnímá vzájemné vztahy a ne jednotlivé věci, charaktery změn a ne okamžité stavy, základní rámec pro zkoumání takové struktury může poskytnout. I když jsou popsány modely systémové dynamiky sestaveny z kombinací mnoha jednoduchých konceptů, mohou generovat velmi komplexní, realistické chování.

LITERATURA

- [1] ČÁNEK, V. (2006). Systems Thinking and Decision Analysis in Managing Complexity, Praha 06.12.2006. In: *Systémové Přístupy 2006 [CD-ROM]*. Praha : Oeconomica, 2006, s. 83–95. ISBN 80-245-1153-3.
- [2] DOUCEK, P., NOVOTNÝ, O., PECÁKOVÁ, I., VOŘÍŠEK, J. (2007). *Lidské zdroje v ICT - Analýza nabídky a poptávky po IT odbornících v ČR*. Praha : Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-51-1.
- [3] FIALA, T., LANGHAMROVÁ, J. (2008). Vliv migrace na budoucí demografický vývoj. *Mezinárodní politika*, 2008, roč. XXXII, č. 6, s. 10–14. ISSN 0543-7962.
- [4] FORRESTER, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*. 1 ed. Productivity Press, Portland, ISBN-13: 9780915299881 ISBN: 0915299887.
- [5] FORRESTER, J. W. (2007). System Dynamics – A Personal View of the First Fifty Years. *System Dynamics Review* 23(2-3), s.345-358, ISSN 0883-7066.
- [6] MILDEOVÁ, S., VOJTKO, V. (2003). *Systémová dynamika*. 1. vyd. Praha : Oeconomica, 2003. ISBN 80-245-0626-2.
- [7] MOUSSIS, N. (2008). *Access to European Union, Law, economics, policies*, 17th revised edition, European Study service, Rixensart, 2008, ISBN 978-2-930119-46-5.
- [8] Možnosti řešení problémů lidských zdrojů v IT. diskusní fórum u kulatého stolu, 21. 10. 2008, Praha
- [9] POWERSIM STUDIO ACADEMIC 2005. HELP. (2005). POWERSIM SOFTWARE AS. 2005
- [10] RICHARDSON, G. P. (1991). *Feedback Thought in Social Science and Systems Theory* 1ed. Pegasus Communications, Waltham, Massachusetts, ISBN 1-883823-46-3.
- [11] STERMAN, J. D. (2000). *Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, 1ed. USA: McGraw-Hill Higher Education, ISBN 0-07-231135-5.
- [12] TICHÝ, F. (2007). Impact of Accession to EMU on International Trade – Case of the Czech Republic. *Prague Economic Papers*, 2007, č. 4, ISSN 1210-0455.
- [13] VENNIX, J.A.M. (1999). Group model - building: Tackling messy problems, *System Dynamics Review*, Vol. 15, No. 4, pp. 379 – 401. 1999. ISSN 0883-7066.