

MODELOVÁNÍ KAUZÁLNÍCH ZÁVISLOSTÍ V PROSTŘEDÍ POWERSIM STUDIO 2005

Milena Macháčová

VŠB-TU Ostrava, milena.machacova@vsb.cz

ABSTRACT:

Pojem Systémová dynamika je znám již od 50 tých let 20. století, kdy jej uvedl v život J. W. Forrester, avšak jeho význam vzrostl až v posledních letech v důsledku rostoucí globalizace. Zkoumání kauzálních řetězců v dynamických systémech, jejichž poznání umožňuje predikci budoucího chování systému, je v současné době podporováno mimo jiné softwarem Powersim Studio 2005. Příspěvek na jednoduchém příkladu prezentuje modelování kauzality v sociotechnických systémech.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Dynamické systémy, kauzální závislosti, Systémová dynamika, Powersim Studio 2005

1 ÚVOD

Pro znázornění dynamicky se měnících systémů a simulaci jejich vývoje byla za uplynulých 50 let vyvinuta celá řada teoretických postupů a následně i praktických metod a mnohé z nich se díky rozvoji informačních technologií podařilo plně algoritmizovat a dovést do podoby více či méně prakticky použitelných softwarových nástrojů. Pomůckou při vyšetřování kauzálních závislostí jsou např. i známé Ishikawovy diagramy, které jsou přehledné a podporují systémový přístup k řešení problémů [2].

Zejména pak tzv. Systémová dynamika v sobě kombinuje teorii, metody a filozofii nutné k analýze chování systémů ne toliko z hlediska managementu, ale také s ohledem na změny probíhající v životním prostředí, politice, v ekonomickém chování, výrobě, medicíně a dalších oblastech [1].

Právě v současné době jsou firmy, mající stále globálnější a komplexnější charakter, nuceny řešit problémy související s vážnou ekonomickou krizí, která má současně dopad společenský a institucionální.

Z tohoto pohledu je Systémová dynamika významným nástrojem pro popis reality, pro její zobrazení formálním modelem a pro simulaci jejího vývoje.

2 HISTORICKÉ KOŘENY

Filosofie Systémové dynamiky vznikala postupně v závěru padesátých a na počátku šedesátých let 20. století, od té doby je intenzivně rozvíjena a dnes díky moderním informačním technologiím se znovu stává středem pozornosti.

Její vyjádřením jsou na sebe navazující kauzální řetězce vazeb, řešící situace, kde příčina a následek jsou mnohdy sotva patrné a kde souvislosti mezi zásahy do systému a jeho reakcí nejsou zcela zřejmé, přičemž mohou dokonce vyvolat odezvu v odlišné části systému nežli bylo předpokládáno.

- **Stav hladiny v daném časovém okamžiku** je závislý na stavu hladiny v předchozím okamžiku a intenzitě vstupních a výstupních toků (přítoků a odtoků) za určitý interval mezi dvěma po sobě jdoucími časovými okamžiky
- Hladiny a toky jsou navzájem **propojeny zpětnovazebními smyčkami**, které přenášejí informace od hladiny k toku a zpět. Tok reaguje na informaci o stavu hladiny, zvýšením nebo snížením své intenzity.
- Dle svých účinků existují **dva druhy smyček se zpětnou vazbou** – pozitivní a negativní. Pozitivní smyčka generuje samozesilující se chování, negativní stabilizující chování.
- Zpětnovazební smyčky jsou navzájem **propojeny nelineárními vazbami**. To znamená, že informace o stavu hladin se vrací zpět nepřímou.
- **Popis dynamického chování** systému představuje popis **vzájemné interakce rozsáhlé sítě** hladin, toků, smyček se zpětnou vazbou a nelineárními vazbami.

Jazyk systémové dynamiky využívá obecně srozumitelné grafické symboly, díky nimž lze popsat strukturu systému vymezeného na objektivní realitě z daného hlediska a simulovat jeho současné i budoucí chování.

4 MODEL SANAČNÍHO FONDU V PROSTŘEDÍ POWERSIM STUDIO 2005

Ukázkou aplikace myšlenek Systémové dynamiky v praxi může být tvorba modelu na výpočet výše finanční rezervy nutné pro zahlazení následků těžby.

Metodiku tvorby modelu dynamického systému v prostředí simulačního software Powersim Studio 2005 lze shrnout do níže uvedených bodů:

- Vytvoření mentálního modelu systému
- Vytvoření kauzálního diagramu
- Vytvoření diagramu toků
- Definice proměnných diagramu toků
- Simulace, interpretace a analýza výsledků simulace, úprava modelu

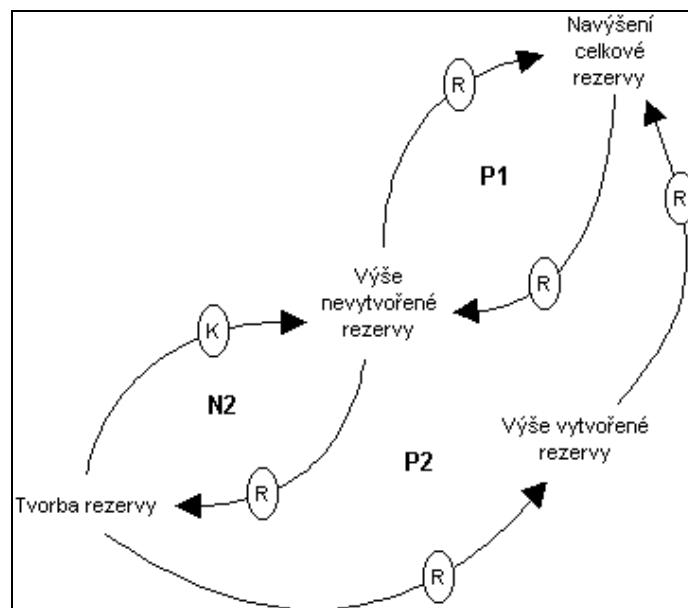
Mentální modely se používají pro vyjádření nejvýznamnějších aspektů řešeného problému. Modul Powersim Constructor je vytváří ve formě šestiúhelníků, které do sebe zapadají, čímž znázorňují vzájemné souvislosti. Na obrázku 2 je znázorněn mentální model pro tvorbu sanačního fondu při těžbě sádrovce.



Obr.2 Mentální model sanačního fondu

Kauzální diagram neboli též příčinný smyčkový, představuje druhou etapu tvorby modelu dynamického systému. Popisuje příčiny změn v dynamickém systému a znázorňuje vzájemnou závislost jednotlivých veličin modelovaného systému. Principiálně se zaměřuje na příčinné smyčky a nerozlišuje mezi jednotlivými typy proměnných (hladiny, toky) a jejich vzájemným propojením (spoje, toky).

Kauzální diagram modelu sanačního fondu vidíme na obrázku 3. V podstatě se jedná o orientovaný, hranově ohodnocený graf, jehož vrcholy představují modelované, případně i pomocné proměnné. Orientované hrany určují směr působení proměnné ve smyslu vzájemného ovlivňování. Ohodnocení hran pomocí symbolů R a K představuje tendenci působení vazby, přičemž R označuje změnu se stejnou a K s opačnou tendencí. Diagram obsahuje tři příčinné smyčky - dvě pozitivní a jednu negativní.



Obr.3 Kauzální diagram sanačního fondu

P1 je zesilující (pozitivní) smyčka se zpětnou vazbou, která ovlivňuje navýšení rezervy na základě výše nevytvořené rezervy. Vyšší nevytvořená rezerva vede k vyššímu navýšení rezervy, v důsledku čehož vzroste výše nevytvořené rezervy.

P2 je také zesilující smyčka se zpětnou vazbou, která ovlivňuje navýšení rezervy. Vyšší vytvořená rezerva vede k vyššímu navýšení rezervy. Navýšení celkové rezervy má za následek zvýšení nevytvořené rezervy, v důsledku čehož se v budoucích letech zvýší tvorba rezervy. Vyšší tvorba rezervy vede zpětně k budoucímu zvyšování vytvořené rezervy.



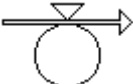


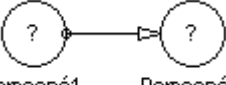
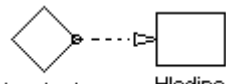
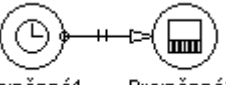

N2 představuje vyrovnávací (negativní) smyčku se zpětnou vazbou, která ovlivňuje tvorbu rezervy. Čím vyšší je nevytvořená rezerva, tím vyšší bude tvorba rezervy v následujících letech, která následně snižuje výši nevytvořené rezervy.

Další etapou tvorby modelu je konstrukce tzv. **diagramu toků**. Diagramy toků na rozdíl od kauzálních diagramů jednoznačně identifikují stavové veličiny, dále veličiny které představují akce v systému a ostatní pomocné proměnné.

Pro vytvoření diagramu používá Powersim Studio 2005 následujících pět základních stavebních bloků:

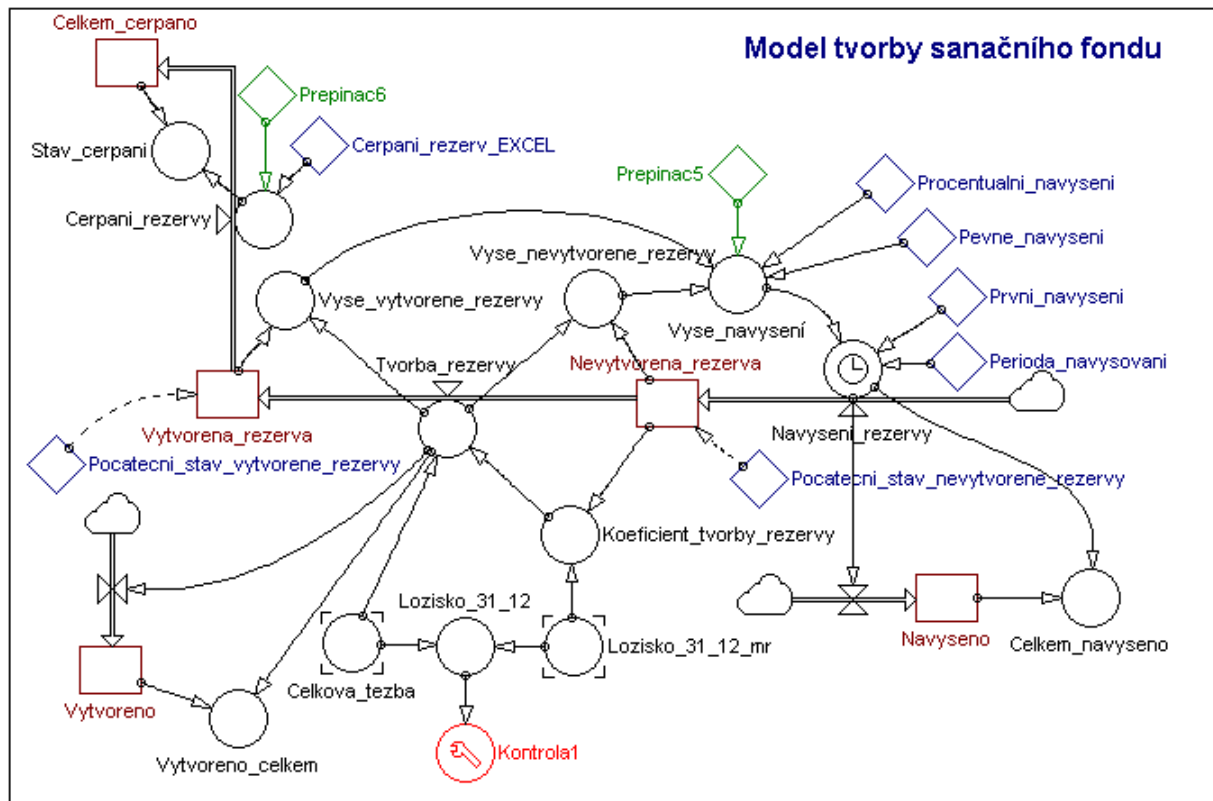
- Hladina
- Tok
- Pomocná proměnná
- Konstanta
- Informační spoj

Jejich bližší popis je uveden v tabulce 1 [4].

Symbol objektu	Popis
 Hladina	<p>Hladiny reprezentují akumulace v systému (stavy systému – stavové proměnné). Mohou reprezentovat jak fyzické akumulace (např. zásoby, materiál), tak i nehmatatelné akumulace (poptávka, peníze). Powersim simuluje změnu hladiny za pomocí tzv. toků. Ty mohou být vstupní či výstupní.</p>
	<p>Toky ovlivňují stav hladiny, tzn. že realizují přenos množství do hladin, z hladin a mezi hladinami. Toky představují akce v systému.</p>
	<p>Tok s mírou umožňuje řídit množství přenášené tokem. Tok s mírou je tok, ke kterému je připojena tzv. pomocná proměnná za pomocí informačního spoje.</p>
 Pomocná_Proměnná	<p>Pomocná proměnná reprezentuje informaci. Pomocné proměnné se používají k modelování prvků reálného systému, které se mohou měnit okamžitě. Z matematického hlediska se jedná o funkci, jejíž závislými proměnnými jsou objekty připojené za pomocí informačního, inicializačního nebo zpoždovacího spoje.</p>
 Konstanta	<p>Konstanty reprezentují ty prvky systému, které se v průběhu simulace nemění. Používají se často k modelování časových faktorů, odkazů nebo počátečních hodnot.</p>
 Pomocná1 Pomocná2	<p>Informační spoje reprezentují přenos informací mezi proměnnými modelu (reálnými prvky systému). Proměnné, které jsou propojeny tímto spojením se mění okamžitě. Proměnná na začátku šipky je ovlivňující, proměnná na konci šipky je ovlivňována.</p>
 Konstanta Hladina	<p>Inicializační spoje se používají k nastavení počátečních hodnot hladin. Během simulace však nemají na hladinu žádný jiný vliv.</p>
 Proměnná1 Proměnná2	<p>Zpoždovací spoje umožňují modelovat časová zpoždění v reálných systémech. Powersim rozlišuje dva typy zpoždění : zpoždění materiálů a zpoždění informace.</p>
	<p>Symbol mraku reprezentuje hranici systému.</p>

Tabulka 1 – Stavební bloky Powersimu

Na obrázku 4 vidíme hotový model tvorby sanačního fondu, ve formě diagramu toků, který vychází z filosofie předchozího kauzálního diagramu.



Obr.4 Diagram toků sanačního fondu

Vlastní konstrukce modelu vyžaduje identifikaci **základních stavových veličin**, které představují akumulace v systému a **činností**, které je přímo ovlivňují. Z kauzálního diagramu na obrázku 3 lze vyčíst, že hlavními **stavovými proměnnými** této části modelu budou

- Výše vytvořené rezervy
- Výše nevytvořené rezervy

jejichž hodnota je přímo ovlivněna činnostmi

- Tvorba rezervy
- Navýšení rezervy.

Výpočet výše vytvořené rezervy pro daný kalendářní rok je dále závislý na

- celkovém objemu těžby v roce, pro který se rezerva vytváří,
- stavu ložiska, tj. celkové zásobě těžitelného sádrovce k 31.12 minulého roku.

Než se přistoupí k vlastní simulaci, je třeba nadefinovat veškeré proměnné modelu a nastavit pomocí konstant počáteční podmínky.

5 ZÁVĚR

V současném světě dochází vlivem rostoucí globalizace ke stále těsnějšímu propojování jednotlivých ekonomických subjektů, či dokonce prorůstání samotných národních ekonomik. Následkem vzrůstající komplexity ekonomických systémů se stává velmi nesnadným předvídat jejich budoucí chování. Řešením může být aplikování myšlenek tzv. Systémové

dynamiky, která využívá kauzálních řetězců vazeb k modelování problémů, u kterých příčina a následek nejsou na první pohled zřejmé.

LITERATURA

- [1] FORRESTER, J.W. *Industrial Dynamics*, Waltham, MA: Pegasus Communication, 1961, 464 pp.
- [2] LACKO, B. *Aplikace Ishikawových diagramů v jakosti software*, Sborník konference "Tvorba software 98", TANGER 1998 Ostrava, str..87-93 ISBN 80-86122-15-8
- [3] MEADOWS, D.H., MEADOWS, D.L., RANDERS, J. *Překročení mezí*, Praha: Argo, 1995, 318 s. ISBN 80-85794-83-7, ISBN 80-90-1890-0-8
- [4] SAPIK, T. *Modelování ekonomických vztahů rekultivace a sanace na ložisku Koberžice*, Ostrava: VŠB-TUO, Fakulta HGF, 2003, diplomová práce
- [5] ŠUSTA, M. *O Systémové dynamice a Systémovém myšlení* [online]. Praha: Proverbs, a.s., 2004 [cit. 2009-04-23]. Dostupné na WWW: <http://www.proverbs.cz/media/art/Zakony_pate_discipliny.pdf>