

Univerzita Hradec Králové
Fakulta informatiky a managementu
Katedra informačních technologií

Problémy komplexních modelů systémové dynamiky
v systémovém inženýrství

Disertační práce

Autor: Ing. Marek Zanker

Studijní program: Systémové inženýrství a informatika

Studijní obor: Informační a znalostní management

Školitel: prof. Ing. Vladimír Bureš, Ph.D., MBA

Katedra/pracoviště školitele: Katedra informačních technologií

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem disertační práci zpracoval samostatně a s použitím uvedené literatury.

V Hradci Králové dne

Marek Zanker

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat školiteli prof. Ing. Vladimíru Burešovi, Ph.D., MBA, za vedení této disertační práce a mnoho cenných rad.

Abstrakt

Znalostní management představuje zastřešující pojem pro souhrn aktivit, nástrojů, technika, procedur a metod zaměřených na práci s významným podnikovým aktivem, znalostmi. Existují různé klasifikace znalostí využívající rozmanitá kritéria. Modely představují jeden z druhů znalostí, který v sobě obsahuje bohatou strukturu vztahů, pravidel, principů nebo mechanismů. Tato doktorská disertační práce je zaměřena na problematiku modelování a simulaci dynamiky systémů představující nedílnou součást procesů a aktivit systémového inženýrství. Cílem práce je vytvoření metamodelu systémové dynamiky, který bude použit na příkladu znalostního managementu jako aplikační domény. K dosažení hlavního výzkumného cíle byly stanoveny dílčí cíle. Prvním z nich je vytvoření dvou rešerší. Zatímco první je zaměřena na klasifikaci využití systémové dynamiky v různých disciplínách, druhá cílí na výzkum aplikace systémové dynamiky v oblasti znalostního managementu a realizaci znalostních procesů. Druhým dílčím cílem je nalezení vhodných modelů systémové dynamiky, které budou využity k návrhu metamodelu. Posledním dílčím cílem je pak určení validačního modelu, který umožní vytvořený metamodel ověřit. Disertační práce nabízí originální metamodel, jehož tvorba respektuje jak principy modelování převzaté z objektově orientovaného přístupu, tak vytvořené dílčí výsledky v oblasti systémové dynamiky vtělené do obecných archetypů a standardu XMILE.

Klíčová slova: Systémové inženýrství, znalostní management, modelování a simulace, systémová dynamika, diagram hladin a toků, diagram kauzálních smyček, procesy znalostního managementu, metamodel

Abstract

Problems of complex system dynamics models in systems engineering

Knowledge management represents an umbrella concept for a collection of activities, tools, techniques, procedures and methods aimed at working with a significant organizational asset, knowledge. There are different classifications of knowledge using a variety of criteria. Models represent one of the types of knowledge which contains a rich structure of relationships, rules, principles or mechanisms. This doctoral dissertation focuses on the issue of modelling and simulation of system dynamics as an integral part of systems engineering processes and activities. The main aim of the thesis is to develop a metamodel of system dynamics, which will be used on the example of knowledge management as an application domain. Partial objectives are set to achieve the primary research objective. The first of these is the creation of two reviews. While the first is focused on the classification of the application of system dynamics in various disciplines, the second aims to explore system dynamics application in the field of knowledge management and the implementation of knowledge processes. The second step is to find suitable system dynamics models which will be used to design the metamodel. The last step is to determine the validation model, which would allow validation of the created metamodel. The dissertation offers an original metamodel, the creation of which respects both the principles of modelling adopted from the object-oriented approach and selected results in the field of system dynamics embodied in general archetypes and the XMILE standard.

Keywords: Systems engineering, knowledge management, modeling and simulation, system dynamics, stock and flow diagram, causal loop diagram, knowledge management processes, metamodel

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíle a metodika práce	4
3	Analýza současného stavu	6
3.1	Systémová dynamika	6
3.1.1	Diagram kauzálních smyček	6
3.1.2	Diagram hladin a toků	8
3.1.3	Software systémové dynamiky	10
3.1.4	Bloková algebra	13
3.1.5	Tvorba SFD pomocí programovacích jazyků	14
3.1.6	Metodický postup tvorby modelů	16
3.1.7	Aktuální použití nástrojů systémové dynamiky	19
3.1.8	Systematické řešerše v oblasti SD	20
3.1.9	Časté chyby při tvorbě CLD a SFD	30
3.1.10	Rozdíl mezi tvorbou modelů systémové dynamiky	32
3.2	Znalostní management	37
3.2.1	Druhy znalostí	37
3.2.2	Znalostní proces	39
3.3	Systematická řešerše pro použití systémové dynamiky ve znalostním managementu	40
3.3.1	Skupina A	47
3.3.2	Skupina B	52
3.3.3	Skupina C	55
3.3.4	Syntézy	56
3.4	Metamodel	62

4	Návrh metamodelu.....	69
4.1	Metamodely pro CLD.....	76
4.1.1	Znalostní procesy.....	76
4.1.2	Tvorba znalostí.....	89
4.2	Metamodely pro SFD.....	97
4.3	Validace metamodelů.....	104
4.4	Kombinace modelů.....	107
5	Diskuse výsledků.....	111
5.1	Rešeršní činnost.....	111
5.2	Metamodel.....	112
5.3	Budoucí vědecká činnost.....	113
6	Závěr.....	114
7	Přehled autorových výsledků.....	116
7.1	Autorovy publikace zaměřené na téma disertační práce.....	116
7.2	Autorovy další publikace.....	118
7.3	Další aktivity.....	119
8	Seznam použité literatury.....	121
8.1	Uvedení vlastních publikací disertanta souvisejících s tématem.....	134
8.2	Seznam všech publikovaných prací během dosavadního doktorského studia.....	135
8.3	Přehled odborných vědecko-výzkumných aktivit vykonaných během svého studia v doktorském studijním programu.....	138

Seznam obrázků

Obrázek 1 Pozitivní vazba (obecně používaná struktura, vlastní tvorba)	7
Obrázek 2 Negativní vazba (obecně používaná struktura, vlastní tvorba).....	7
Obrázek 3 Hlavní struktura SFD (obecně používaná struktura, vlastní tvorba).....	8
Obrázek 4 Postup simulace SFD modelů (přeloženo z (Coyle, 1996))	9
Obrázek 5 Proces tvorby modelu systémové dynamiky podle Morecroft (přeloženo z (Duggan, 2016))	14
Obrázek 6 Metodika tvorby modelů systémové dynamiky (přeloženo ze (Sterman, 2000)).....	17
Obrázek 7 Metodika tvorby modelů systémové dynamiky (přeloženo z (Coyle, 1996)).....	19
Obrázek 8 Vývojový diagram metody PRISMA (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker, Bureš, & Tučník, 2021))	22
Obrázek 9 Používané testy při tvorbě modelů systémové dynamiky (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker, Bureš, & Tučník, 2021))	27
Obrázek 10 Vývojový diagram (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Štekerová, 2020)).....	28
Obrázek 11 Počet publikací v oblasti turismu s využitím systémové dynamiky (spoluautorská tvorba, převzato z (Zanker & Štekerová, 2020))	29
Obrázek 12 Bibliografická syntéza klíčových slov ze systemické rešerše zaměřené na turismus a systémovou dynamiku (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Štekerová, 2020))	30
Obrázek 13 CLD diagram predátor kořist (přeloženo z (Doore & Fishwick, 2014))	33
Obrázek 14 SFD diagram predátor a kořist (vlastní tvorba).....	34
Obrázek 15 SFD diagram vytvořený za pomoci jazyku R predátor a kořist (vlastní tvorba).....	35
Obrázek 16 Diagram blokové algebry predátor a kořist (vlastní tvorba)	36
Obrázek 17 Vývojový diagram metody PRISMA (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Bureš, 2022)).....	41

Obrázek 18 Identifikovaný prostor dynamiky systémů a řízení znalostí (spoluautorská tvorba, přeloženo z ((Zanker & Bureš, 2022)).....	43
Obrázek 19 Konceptuální mapa (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Bureš, 2022))	57
Obrázek 20 Počet příspěvků (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Bureš, 2022))	58
Obrázek 21 Typy proměnných znalostního managementu (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Bureš, 2022))	60
Obrázek 22 Použití systémové dynamiky ve znalostním managementu (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Bureš, 2022))	60
Obrázek 23 Distribuce oblastí, v nichž bylo použito SD pro KM a jeho prvky (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Bureš, 2022))	61
Obrázek 24 Úrovně modelování (přeloženo z (OMG, 2003))	63
Obrázek 25 Meze růstu (přeloženo (Braun, 2002))	72
Obrázek 26 Část modelu Kapacita produkce (převzato z (Sterman, 2000))	73
Obrázek 27 Část modelu Kapacita produkce (převzato z (Sterman, 2000))	74
Obrázek 28 Kategorie proměnných (vlastní tvorba)	75
Obrázek 29 Vybraná část modelu (přeloženo z (Jonkers & Eftekhari Shahroudi, 2021))	77
Obrázek 30 Převedený model z obrázku 29 do modelu specifických tříd (vlastní tvorba)	78
Obrázek 31 Vybraná část modelu (přeloženo z (Bi & Yu, 2008))	79
Obrázek 32 Rozšíření modelu zachyceného obrázkem 30 (vlastní tvorba)	79
Obrázek 33 Vybraná část modelu (přeloženo z (Zaim a kol., 2013))	80
Obrázek 34 Rozšíření modelu zachyceného obrázkem 32 (vlastní tvorba)	81
Obrázek 35 Vybraná část modelu (přeloženo z (Naseem & Shah, 2020))	82
Obrázek 36 Rozšíření modelu zachyceného obrázkem 34 (vlastní tvorba)	83
Obrázek 37 Vybraná část modelu (přeloženo z (Naseem & Shah, 2020))	84
Obrázek 38 Vybraná část modelu (přeloženo z (Naseem & Shah, 2020))	84
Obrázek 39 Rozšíření modelu zachyceného obrázkem 36 (vlastní tvorba)	85
Obrázek 40 Vybraná část modelu (přeloženo z (Follador & Trabasso, 2016))	86
Obrázek 41 Rozšíření modelu zachyceného obrázkem 40 (vlastní tvorba)	87

Obrázek 42 Metamodel vazeb CLD v oblasti procesů znalostního managementu (vlastní tvorba)	88
Obrázek 43 Vybraná část modelu (přeloženo z (Otto, 2012))	90
Obrázek 44 Převedený model z obrázku 43 do modelu specifických tříd (vlastní tvorba).....	91
Obrázek 45 Vybraná část modelu (přeloženo z (Rich & Duchessi, 2001))	91
Obrázek 46 Rozšíření modelu zachyceného obrázkem 44 (vlastní tvorba).....	92
Obrázek 47 Sloučený model z modelů zachycených na obrázcích 41 a 46 (vlastní tvorba).....	94
Obrázek 48 Metamodel vazeb CLD v oblasti procesů znalostního managementu a druhů znalostí (vlastní tvorba).....	96
Obrázek 49 Vybraná část modelu (přeloženo z (Follador & Trabasso, 2016))	97
Obrázek 50 Převedený model z obrázku 49 do modelu specifických tříd (vlastní tvorba).....	98
Obrázek 51 Vybraná část modelu (přeloženo z (Naseem & Shah, 2020)).....	98
Obrázek 52 Rozšíření modelu zachyceného obrázkem 51 (vlastní tvorba).....	99
Obrázek 53 Vybraná část modelu (přeloženo z (Otto, 2012))	100
Obrázek 54 Rozšíření modelu zachyceného obrázkem 52 (vlastní tvorba).....	101
Obrázek 55 Metamodel vazeb SFD v oblasti procesů znalostního managementu (vlastní tvorba)	103
Obrázek 56 Vybraná část modelu (přeloženo z (Wang & Zhang, 2022))	104
Obrázek 57 Vybraná část modelu (přeloženo z (Deng a kol., 2022)).....	106
Obrázek 58 Kombinace modelů zachycených obrázky 47 a 54 (vlastní tvorba)...	108

Seznam tabulek

Tabulka 1 Přehled modelovacích aplikací pro systémovou dynamiku (přeloženo z (Bureš, 2015))	10
Tabulka 2 Hodnocení software pro tvorbu modelů systémové dynamiky (přeloženo z (Bureš, 2015))	13
Tabulka 3 Systematické řešerše v oblasti aplikace systémové dynamiky (vlastní tvorba)	20
Tabulka 4 Seznam vědeckých oblastí s běžným použitím systémové dynamiky (spoluautorská tvorba, na základě (Zanker, Bureš, & Tučnák, 2021))	23
Tabulka 5 Seznam vědeckých oblastí s potenciálem pro etablování systémové dynamiky (spoluautorská tvorba, na základě (Zanker, Bureš, & Tučnák, 2021))	24
Tabulka 6 Vyhledávací příkazy 2 (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Štekerová, 2020))	27
Tabulka 7 Vyhledávací příkazy 1 (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Bureš, 2022))	41
Tabulka 8 Přehled článků skupiny A (spoluautorská tvorba, přeloženo z ((Zanker & Bureš, 2022))	44
Tabulka 9 Přehled článků skupiny B (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Bureš, 2022))	46
Tabulka 10 Přehled článků skupiny C (spoluautorská tvorba, přeloženo z ((Zanker & Bureš, 2022))	47
Tabulka 11 Úrovně modelování (přeloženo z (OMG, 2003)	62
Tabulka 12 Datové typy v metamodelech (přeloženo z (OMG, 2003)	65
Tabulka 13 Skupiny prvků metamodelu (přeloženo z (OMG, 2003)	66
Tabulka 14 Výčet možných vazeb (vlastní tvorba)	71
Tabulka 15 Vlastnosti kategorií z pohledu druhu stavebního prvku (vlastní tvorba)	76
Tabulka 16 Vyjádření vazeb z obrázku 56 (vlastní tvorba)	105
Tabulka 17 Vyjádření vazeb z obrázku 57 (vlastní tvorba)	106
Tabulka 18 Počet vstupů a výstupů jednotlivých proměnných (vlastní tvorba) ...	110

1 Úvod

Systémové inženýrství efektivně kombinuje znalosti z jiných inženýrských oborů a vědeckých disciplín. Za pomoci této kombinace řeší široký okruh nejen inženýrských problémů, u kterých se ve velké míře využívají informační a znalostní technologie.

Pro systémové inženýrství bylo zásadní zavedení počítačů a následný rozvoj výkonných programovacích jazyků vyšší úrovně. Tato změna umožnila zkoumání komplexních systémů a zpracování velkého množství dat. Další výhodou rozvoje počítačů bylo umožnění analýzy složitých systémů pomocí rozsáhlých výpočtů nebo simulací. Systémové inženýrství je tedy spojené se simulacemi a různými simulačními nástroji u široké palety domén sahajících od exaktních disciplín pro disciplíny řazené mezi měkké vědy.

Hlavním úkolem simulace je zjistit chování systému na základě vstupních dat. Za pomoci simulace lze transformovat data na informace. Simulační modely jako takové mohou být poté považovány za specifický druh znalostí. Na základě vlastností částí modelů a vazeb mezi nimi poskytují informace, které je možné vložit do kontextu. Prostřednictvím simulačních experimentů lze prohlubovat znalosti uživatele nebo pozorovatele. Nedílnou součástí simulačních experimentů jsou předem definované scénáře. Díky různorodosti scénářů je možné zkoumat modelovaný systém z různých perspektiv. Na základě této činnosti lze vytvářet znalosti, které by v reálném prostředí bylo složité, či téměř nemožné vytvořit. Výsledek simulace, její průběh a samotný model zprostředkuje poznatky o dané problematice. Těmito poznatky je možné navrhnout různá zlepšení pro daný systém, a tím vytvářet nové znalosti nebo také prohlubovat znalosti stávající.

Systémová dynamika reprezentuje specifický metodologický přístup k modelování a simulaci velkého množství systémů. Hlavní koncepty systémového myšlení, jako je propojení, zpětné vazby, flexibilita, sebeorganizace a emergence jsou také aplikované v systémové dynamice se spojením záměru zlepšit postavení uživatelů při rozhodování v otázkách spjatých s komplexními a dynamickými systémy. Systémová dynamika nabízí filozofii a nástroje pro analyzování a

modelování dynamických systémů. Stejně důležité je, že systémová dynamika nabízí techniky a nástroje pro zkoumání aktuálně aplikovaných pravidel pro rozhodování a umožňuje lidem odpovědným za rozhodování se v dané problematice dále vzdělávat. Systémová dynamika v porovnání s typicky používanými nástroji pro tvorbu modelů postavených na diferenciálních rovnicích nabízí modelovací jazyk, který je intuitivní, což umožňuje jednoduché použití pro různorodé využití napříč vědními odvětvími. Toto dělá systémovou dynamiku vhodným nástrojem pro multidisciplinární projekty, a zároveň umožňuje sdílet znalosti více efektivně, protože je častým jevem, že se struktury systémů opakují napříč vědními odvětvími.

V systémové dynamice se používají dva druhy diagramů. Zatímco diagram kauzálních smyček nachází využití v kvalitativním modelování, tak diagram hladin a toků nachází využití v kvantitativním modelování, což vede k vytváření modelů, které je možné následně simulovat a analyzovat. Dalším rozdílem mezi diagramem kauzálních smyček a diagramem hladin a toků je v rozdílných prvcích modelů. Zatímco diagram kauzálních smyček se skládá z proměnných, vazeb a smyček, tak diagram hladin a toků je tvořen proměnnými, hladinami, toky, vazbami, moduly a sektory. Doména systémové dynamiky v poslední době signifikantně narostla v počtu použití metod systémové dynamiky v různých vědních odvětvích. Přestože je systémová dynamika používána napříč vědními odvětvími, pro zkoumání systémů, zkoumání nepožadovaného chování systémů, pro podporu rozhodování a vytváření závěrů o systémech a jejich chování, tak systémová dynamika prozatím nebyla ukotvena do oblasti znalostního managementu.

Tato práce je strukturována následovně. Kapitola 2 je věnována cílům disertační práce. V kapitole 3 je popsána analýza současného stavu. Tato kapitola je rozdělena do tří hlavních podkapitol, a to podkapitoly zaměřené na systémovou dynamiku, znalostní management a průnik těchto dvou disciplín. V kapitole 4 je prezentován metamodel pro modely systémové dynamiky se zaměřením na znalostní management, procesy znalostního managementu a druhy znalostí. V kapitole 5 je provedena diskuse výsledků. Na šestou kapitolu, ve které je popsán závěr, navazují dvě dodatečné kapitoly. Mezi ně patří kapitola 7, ve které jsou popsány vybrané výsledky autora z doktorského studia, a kapitola 8, ve které se nachází seznam

použité literatury, seznam publikací autora zaměřených na téma disertační práce, podrobný seznam celé publikační aktivity autora a seznam projektů, na kterých se autor během studia podílel.

2 Cíle a metodika práce

Tato práce se pohybuje v kontextu modelově orientovaného znalostního management, který je založen na myšlence, že konkrétní modely reality obsahují zásadní a kritické znalost pro systém, který je jimi popsán. Cílem disertační práce je proto formulace metamodelu, který by nabídl formální popis modelování systémové dynamiky jako nástroje pro zachycení vývoje systému v čase. Úspěšným splněním cíle by tak bylo dosaženo teoretického usazení modelů SD do znalostního managementu. Dosažení tohoto obecného cíle je založeno na formulování specifických dílčích cílů.

Prvním dílčím cílem je ověření použitelnosti systémové dynamiky ve znalostním managementu založené na provedení dvou rozsáhlých rešerší. Zatímco první rešerše se zaměřuje na existující domény aplikující systémovou dynamiku jako metodologický přístup pro zkoumání různých jevů a problémů, druhá rešerše zkoumá dosavadní výsledky aplikace systémové dynamiky přímo na znalostní management. V rámci druhé rešerše jsou identifikovány oblasti a témata znalostního management, která mohou využít modely systémové dynamiky jednak jako nástroj, ale také objekt zkoumání. První část tohoto dílčího cíle nachází své opodstatnění ve struktuře tvrdých systémů, která je vhodná pro ukázkou potenciálu nástrojů systémové dynamiky k zachycení znalostí. Druhá část dílčího cíle nachází své opodstatnění ve složitosti zachycení měkkých systémů. Druhým dílčím cílem je identifikace existujících modelů, které by umožnily jak tvorbu metamodelu, tak jeho okamžité usazení do kontextu znalostního managementu. U dvou dílčích cílů výše se předpokládá, že modely systémové dynamiky mohou sloužit pro uchování a sdílení znalostí. Simulace vycházející z modelovaných systémů má sloužit pro sdílení a prohlubování znalostí, a to především znalostí tacitních u měkkých systémů a implicitních nebo explicitních u tvrdých systémů. Třetím dílčím cílem je nalezení a použití vybraného modelu sloužícího k validaci vytvořeného metamodelu.

Dosažení dílčích cílů, a tím cíle hlavního, je založeno na použití různých metod, nástrojů, technik a přístupů. Rešeršní část je založena na metodickém přístupu PRISMA. Tato metoda umožňuje identifikaci relevantních zdrojů použitelných pro analýzu současného stavu zkoumání ve vybrané oblasti. Na základě stanovených

kritérií způsobilosti nebo vhodnosti jsou filtrovány příspěvky získané z odborných databází. Klíčová slova pro systematickou rešerši zaměřenou na obecné použití systémové dynamiky jsou stanovena tak, aby odrážela podstatu systematické rešerše, tedy klíčové slovo je „system dynamics“. Jako vyhledávač v databázích vědeckých publikací je vybrána databáze Scopus. Omezení pro vyhledávání jsou stanovena tři, a to druh vědeckého příspěvku, který je stanoven na článek v časopise, jazyk použitý pro sepsání článku, který je stanovený na anglický, a časové období. Zařazení článku do systematické rešerše na základě fulltextové analýzy je podmíněno použitím modelu systémové dynamiky v článku. U systematické rešerše zaměřené na znalostní management a systémovou dynamiku jsou stanovena klíčová slova „system dynamics“ a „knowledge management“. Pro vyhledání vědeckých publikací jsou vybrány databáze Scopus, Web of Science a Lens. Omezení pro vyhledávání jsou stanovena dvě, a to druh vědeckého příspěvku, který je stanoven na článek, jazyk použitý pro sepsání článku, který je stanovený na anglický. Zařazení článku do systematické rešerše na základě fulltextové analýzy je podmíněno použitím modelu systémové dynamiky v článku. Tato část zároveň slouží k naplnění dalšího dílčího cíle, jelikož nabízí výběr z prací publikovaných v kvalitních zdrojích. Návrh metamodelu je založen na několika přístupech. Tím zásadním je metamodel objektově orientovaného jazyka UML a jeho rozšíření SysML. Principy jeho tvorby a využití jsou aplikovány do procesu tvorby metamodelu systémové dynamiky. Dále byl pro tento účel využity výsledků výzkumu v oblasti systémových archetypů, které díky své obecnosti umožňují provázat metamodel se specifiky systémové dynamiky. standard XMILE sloužící pro jednotný popis a interoperabilitu modelů systémové dynamiky. Dále se při tvorbě metamodelu vycházelo z principů a struktur vybraných systémových archetypů.

Pro tvorbu obrázků v této práci je použito několik nástrojů. Pro zachycení modelů systémové dynamiky je použit software Stella Professional. Pro zachycení UML modelů a metamodelů je použit software Enterprise Architect. Pro zachycení syntéz (vyjma bibliografických) je použit nástroj Microsoft Excel. Pro bibliografické syntézy je použit nástroj VOSviewer. Pro ostatní obrázky je použit nástroj Diagrams.net.

3 Analýza současného stavu

V této kapitole je nejprve jako samostatná podkapitola popsána systémová dynamika, pod kterou spadá diagram kauzálních smyček, diagram hladin a toků, dále pak SW nástroje pro tvorbu modelů systémové dynamiky, možnost použití blokové algebry pro tvorbu modelů systémové dynamiky, tvorba modelů systémové dynamiky pomocí programovacího jazyka, metodické postupy pro tvorbu modelů systémové dynamiky a aktuální použití systémové dynamiky ve vědních oborech. Další subkapitola je zaměřena na znalostní management, kde jsou představeny základní východiska znalostního managementu, druhy znalostí z pohledu znalostního managementu a znalostní procesy. Následující subkapitola je zaměřena na aktuální použití systémové dynamiky ve znalostním managementu. Poslední subkapitola je zaměřena na metamodely.

3.1 Systémová dynamika

Systémová dynamika byla představena Jay W. Forrester na konci padesátých let minulého století (Forrester, 2007). Původně se systémová dynamika nazývala industriální dynamikou, postupně se tento přístup začal aplikovat i do jiných oblastí například v oblasti plánování měst. Po určitém čase se pro tuto disciplínu začal používat název, pod kterým je dnes známá, tedy systémová dynamika. Systémová dynamika představuje postup pro zkoumání chování komplexních systémů v průběhu času. Systémovou dynamiku odlišuje od ostatních modelovacích přístupů její zaměření na zpětnovazební smyčky, nelinearitu a práci s časem, což umožňuje zkoumání celkového chování systému (Azar, 2012).

3.1.1 Diagram kauzálních smyček

Diagram kauzálních smyček (Causal Loop Diagram – CLD) je nástroj pro reprezentaci zpětnovazebních struktur systému (Sterman, 2000). Hlavními prvky CLD jsou proměnné, vazby, polarity vazeb a kauzální smyčky.

Pozitivní vazba se ve většině literatury označuje znaménkem plus (+), v některých případech se používá písmeno S, které pochází z anglického označení „Same direction“. Na obrázku 1 je zachycena ukázka pozitivní vazby, kterou Sterman

(2000) interpretuje následovně: „Pokud X vzroste (klesne), tak Y vzroste (klesne)“. Následně Sterman definuje rovnici pro tuto vazbu:

$$Y = \int_{t_0}^t (x + \dots) ds + Y_{t_0} \quad (1)$$



Obrázek 1 Pozitivní vazba (obecně používaná struktura, vlastní tvorba)

Negativní vazba se ve většině literatury označuje znaménkem mínus (-), v některých případech se používá písmeno O, které pochází z anglického označení „Opposite direction“. Na obrázku 2 je zachycena ukázka negativní vazby, kterou Sterman (2000) interpretuje následovně: „Pokud X vzroste (klesne), tak Y klesne (vzroste)“. Následně Sterman (2000) definuje rovnici pro tuto vazbu:

$$Y = \int_{t_0}^t (-x + \dots) ds + Y_{t_0} \quad (2)$$

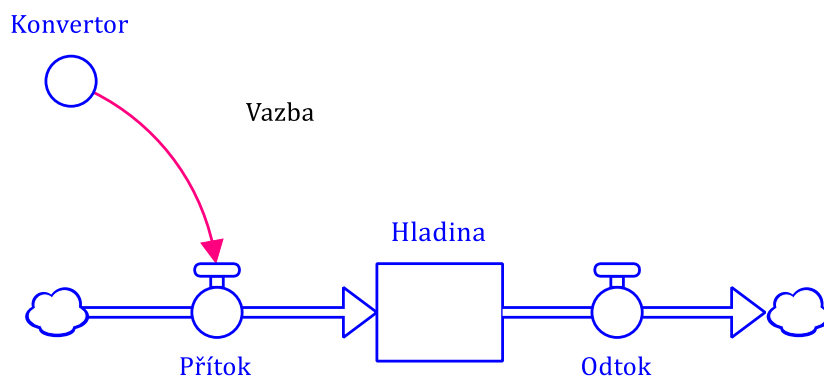


Obrázek 2 Negativní vazba (obecně používaná struktura, vlastní tvorba)

Pozitivní smyčka, která se také označuje, jako sebe posilující smyčka, se značí znaménkem plus (+), nebo písmenem R a označuje stav, ve kterém se hodnoty proměnných neustále mění stejným směrem. Tedy hodnoty proměnných neustále rostou, nebo neustále klesají. Negativní smyčka, která se také označuje, jako vyrovnávající smyčka, se značí znaménkem mínus (-), nebo písmenem B a označuje stav, ve kterém hodnoty nemají tendenci směřovat k extrémům.

3.1.2 Diagram hladin a toků

Diagram hladin a toků (Stock and Flow Diagram – SFD) se skládá z hladin, toků, ventilů, mraků, konvertorů a vazeb. Na obrázku 3 jsou zachyceny jednotlivé komponenty.



Obrázek 3 Hlavní struktura SFD (obecně používaná struktura, vlastní tvorba)

Toky lze rozdělit podle jejich určení, a to na přítoky, které plní funkci plnění hladin a odtoky, které plní funkci výpustě hladin. Ventily jsou součástí toků, který plní funkce regulátoru. Každý regulátor lze definovat za pomoci funkce. Například ventil přítoku zachycený na obrázku 3 lze definovat následovně:

$$Přítok = f(Konvertor) \quad (3)$$

Mrak značí vstup z jiného systému, nebo výstup do jiného systému. Základní vlastností této části modelu je nevyčerpatelnost.

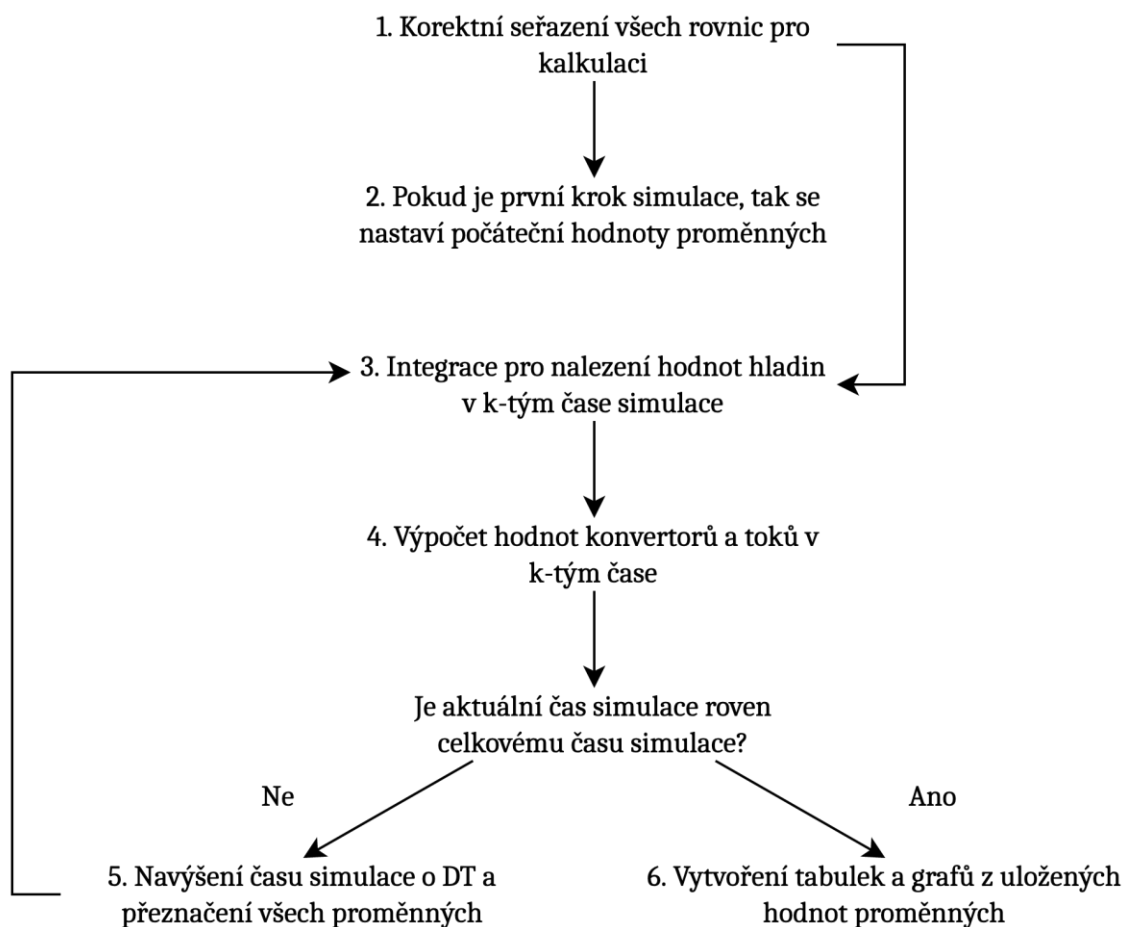
Hladina, která plní funkci akumulátoru, lze definovat pomocí integrálu následovně:

$$Hladina(t) = \int_{t_0}^t [přítok(s) - odtok(s)] ds + Hladina(t_0) \quad (4)$$

Dále je možné definovat hladinu pomocí diferenciální rovnice:

$$d(Hladina)/dt = Celková změna hladiny = přítok(t) - odtok(t) \quad (5)$$

Coyle (1996) popisuje postup simulace nástroje pro tvorbu SFD následujícím obrázkem:










Obrázek 4 Postup simulace SFD modelů (přeloženo z (Coyle, 1996))

Tento postup je totožný pro simulaci modelovacích nástrojů zaměřených na modelování diagramů blokové algebry, za předpokladu použití určitých výpočetních metod.

3.1.3 Software systémové dynamiky

Bureš (2015) popisuje a porovnává 7 softwarových aplikací pro tvorbu modelů systémové dynamiky. V tabulce 1 jsou uvedeny základní informace.

Tabulka 1 Přehled modelovacích aplikací pro systémovou dynamiku (přeloženo z (Bureš, 2015))

Jméno	Webová stránka	Licence	Logo
<i>Stella, iThink</i>	www.iseesystems.com	Komerční	
<i>AnyLogic</i>	www.anylogic.com/	Komerční	
<i>Vensim PLE</i>	vensim.com/	Komerční	
<i>TRUE</i>	www.true-world.com/	Freeware	
<i>Insight Maker</i>	insightmaker.com/	Open-source	
<i>Powersim Studio</i>	powersim.com/	Komerční	
<i>Sysdea</i>	sysdea.com/	Komerční	

Kritéria pro porovnávání rozdělují následovně:

- 1) Grafická stránka software
 - a. Estetika
 - b. Uživatelská přívětivost
- 2) Dostupnost
 - a. Cena licence
 - b. Možnost zkušební verze
- 3) Funkcionality
- 4) Podpůrné materiály
 - a. Příkladové modely
 - b. Základní nápověda
 - c. Pokyny pro použití software
 - d. Video tutoriály
- 5) Školení
 - a. Škála nabízených školení
 - b. Cena školení
 - c. Dostupnost školení

V software Stella je uživatelský interface rozdělen do čtyř základních částí, a to na: tvorbu modelu v prostředí mapy, modelovou část s možnostmi definování

proměnných a vstupů, interface pro zobrazení výsledků simulace a editor rovnic. Cena licence tohoto software je do 199 USD pro učitelskou verzi až po 2499 USD pro profesionální verzi. Navíc je nabízena verze pro iPad za 39 USD. Zkušební verze je limitována na 30 dní a není v této verzi možné ukládat model. Další možností je testovací verze za 50 USD, ve které není možno ukládat rozpracované modely. Podpora pro začátečníky je poměrně detailní a dobře zpracována. Vestavěné funkce jsou v tomto software dobře implementované. Školení jsou konána formou online seminářů a jako dvoudenní kurzy s instruktorem. Cena online semináře se pohybuje od 39 do 299 USD, cena kurzu s instruktorem od 1000 do 1500 USD.

Interface software AnyLogic působí moderním vzhledem. Aplikace se ovládá pouze v jednom okně, které je rozděleno podle funkcionalit. Cenová politika u tohoto software není veřejná, cena je sdělena pouze na požádání. Cena akademické licence je 1190 EUR. Dále je nabízena měsíční trialová verze. Pro tento software je nabízeno 97 ukázkových modelů. Společnost nabízí semináře, které jsou oceněny na 650 USD pro akademické zaměstnance a na 1750 USD pro zaměstnance z business sféry.

Interface software Vensim působí zastaralým vzhledem. Vensim nabízí dva základní druhy licencí a dvě profesionální verze. Cenová politika je nastavena mezi 50 USD až 1995 USD za jednu licenci. Vensim také nabízí testovací a akademickou bezplatnou verzi. Paleta ukázkových modelů je široká, a zároveň jsou ukázkové modely poměrně dobře rozřazeny. Dále Vensim nabízí pět videí, kde vysvětluje práci se softwarem. Vzhledem k oblíbenosti tohoto software existuje velké množství informací zaměřených na modelování z neoficiálních zdrojů. Školení je možné pouze na Cambridge University za 500 USD.

Interface software TRUE je podobný jako u software Vensim. Nabídka ukázkových modelů je poměrně široká, na druhou stranu vnitřní nápověda je poměrně krátká. Video tutoriály ukazují pouze základní ovládání software. Software je po registraci zdarma ke stažení. Vzdělávací kurzy nejsou nabízeny.

Interface software Insight Maker je na první pohled uživatelsky přívětivý, na druhou stranu po vytvoření základního modelu je složité se v software orientovat. Tento software je dostupný zdarma. Navíc Insight Maker nabízí platformu

k přístupu a sdílení modelů. Pro tento software je zpracované velké množství tutoriálů ve formě videí. K software je nabízen vzdělávací kurz, který se skládá z 12 online seminářů, s doporučenou dobrovolnou cenou 199 USD.

Interface software Powersim Studio je velmi přehledný. Software je nabízen v měsíční trialové verzi a v placených verzích dle potřeb uživatele. Nejednoduší placená verze začíná na 186 EUR, nejdražší verze je za 15829 EUR. Kvalita ukázkových modelů je nízká, to stejné platí i pro informace spjaté s modelováním. Školení je možné podstoupit osobně v Oslu, nebo přes online seminář.

Interface software Sysdea je intuitivní a přehledný. Software nabízí omezenou trialovou verzi na vytvoření jednoho modelu, na druhou stranu není trialová verze časově omezena. Plná verze software je zpoplatněna 18 USD měsíčně. Software nabízí 15 ukázkových modelů. Uživatelská příručka je velmi detailně zpracována. Dále jsou k dispozici video-tutoriály. Je nabízeno velké množství školení, cena kurzu se pohybuje okolo 100 GBP.

Následně Bureš (2015) hodnotí modely na škále od 0 až 10 (kde 0 je nejhorší výsledek, 10 je nejlepší výsledek). Celkové hodnocení je zachyceno v následující přehledové tabulce.

Tabulka 2 Hodnocení software pro tvorbu modelů systémové dynamiky (přeloženo z (Bureš, 2015))

Kritérium	Alternativa						
	Stella	AnyLogic	Vensim	True	Insight Maker	Powersim	Sysdea
Grafické	9	7,5	7	4,5	5	9	10
<i>Estetika</i>	9	8	6	4	6	8	10
<i>Ovladatelnost</i>	9	7	8	5	4	10	10
Dostupnost	7	8	7	9	10	8	7,5
<i>Cena a druhy licencí</i>	7	6	6	9	10	6	7
<i>Zkušební verze</i>	7	10	8	N/A	N/A	10	8
Funkcionalita	8	10	10	7	4	9	3
Podpora	8,25	8,5	9	5,5	3,25	8	8,5
<i>Ukázkové modely</i>	7	10	10	8	2	6	8
<i>Základní podpora</i>	10	9	8	4	2	9	10
<i>Uživatelská příručka</i>	9	8	10	7	4	9	10
<i>Video tutoriály</i>	7	7	8	3	5	8	6
Školení	9	5	1	N/A	7	10	10
<i>Škála možností</i>	10	6	1	N/A	3	10	10
<i>Cena</i>	7	2	2	N/A	8	N/A	10
<i>Dostupnost</i>	10	7	0	N/A	10	10	10
Průměr z hodnocení	8,25	7,8	6,8	5,2	5,85	8,8	7,8

3.1.4 Bloková algebra

Jak už bylo nastíněno v kapitole 3.1.2., tak simulační nástroje pro modelování blokové algebry mohou mít stejný postup výpočtu jako nástroje tvorby SFD. V některé literatuře se používá bloková algebra pro modelování systémové dynamiky, například (Ng a kol., 2009; White, 2011; Y. Wu a kol., 2018). Bala a kol. (2017) popisuje zpětnovazební smyčku pomocí SFD diagramu, CLD diagramu, výstupem ze simulace nástroje Stella, a právě pomocí diagramu blokové algebry.

Vzhledem k tomu, že hladinu v SFD lze definovat pomocí integrálu zachyceného v rovnici 4, případně pomocí diferenciální rovnice zachycené v rovnici 5, tak lze SFD formálně převést do podoby blokové algebry. Další podstatnou podmínkou je způsob integrace, kde se pro simulace systémové dynamiky převážně používá Eulerova metoda, Runge–Kutta 2, nebo Runge–Kutta 4. Například rozšíření Simulink nástroje MatLab umožňuje tvorbu diagramů blokové algebry a zároveň umožňuje využití integrační Eulerovy metody a metody Runge–Kutta 2. Tedy za pomoci blokové algebry je možné formálně zachytit diagram hladin a toků a následně je možné provést simulaci se stejnou integrační metodou. Na základě tohoto tvrzení

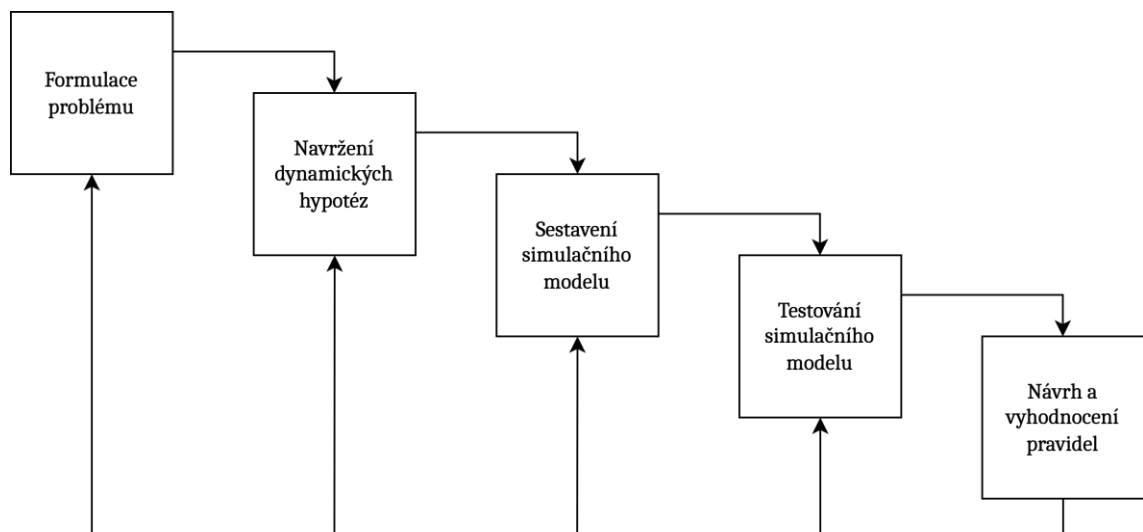
lze předpokládat, že lze pro tvorbu modelů systémové dynamiky za pomoci blokové algebry použít metodiku pro tvorbu „klasických“ modelů systémové dynamiky (např. Morecroftovu metodiku popsanou v následující kapitole nebo Stermanovu metodiku popsanou v kapitole 3.1.6.)

Stavební prvky blokové algebry lze rozdělit do následujících skupin:

- Spojité bloky
- Diskrétní bloky
- Logické operace
- Matematické operace
- Vstupy
- Výstupy
- Předdefinované funkce.

3.1.5 Tvorba SFD pomocí programovacích jazyků

Tvorbě SFD za pomoci programovacího jazyka se například věnuje Duggan (2016). Jako metodický postup používá metodiku od Morecroft (2015). Tato metoda je popsána v následujícím obrázku.



Obrázek 5 Proces tvorby modelu systémové dynamiky podle Morecroft (přeloženo z (Duggan, 2016))

1. *Formulace problému.* To zahrnuje identifikaci konkrétního problému s klienty, a průzkum důvodů, proč je problém potřeba vyřešit. Je důležité vybrat významné proměnné a je nutné stanovit vhodný časový horizont. Dále je nutné shromáždit historická data, která budou použita pro analýzu a zkoumání chování systému.

2. *Návrh dynamické hypotézy.* Dynamická hypotéza je navržena s cílem identifikovat hladiny, toky a zpětnovazební struktury, tímto lze vysvětlit problematické chování. Problém je zmapován pomocí nástrojů, jako jsou kauzální smyčkové diagramy, diagramy hladin a toků a jinými vhodnými nástroji.

3. *Sestavení simulačního modelu.* S mapováním struktury a identifikováním zpětných vazeb lze formulovat simulační model hladin a toků s rozhodovacími pravidly.

4. *Testování simulačního modelu.* Čtvrtá fáze je testování, kde se zkoumá chování modelu ve srovnání se známými referenčními modely. Robustnost modelu je testována pomocí testu extrémních podmínek. K vyhodnocení lze také použít citlivostní test.

5. *Návrh a vyhodnocení pravidel.* Pátou fází je návrh a vyhodnocení pravidel, což vyžaduje, aby byl model robustní a prošel řadou testů. V této aktivitě je možné navrhovat a hodnotit nová pravidla rozhodování, strategie a struktury, které by mohly být použity v reálném světě. Obvykle se zde používá what-if analýza a sledují se dopady změny v proměnných na finální výsledek.

Rozdílem mezi tvorbou SFD v nástrojích pro tuto činnost určených a tvorbou SFD v programovacím jazyce R je absence grafického znázornění vztahů mezi proměnnými u jazyka R. Druhým rozdílem je rozdělení proměnných, kde v „klasických“ nástrojích se většinou používají čtyři základní druhy proměnných (hladina, tok, vazba, konvertor), zatímco v SFD vytvořených v jazyce R se používají následující skupiny proměnných: 1) Časové proměnné, 2) Statické auxy (aux je označení pro konvertor), 3) Dynamické auxy, 4) Hladinové proměnné počáteční, 5) Hladinové proměnné dynamické, 6) Tokové proměnné.

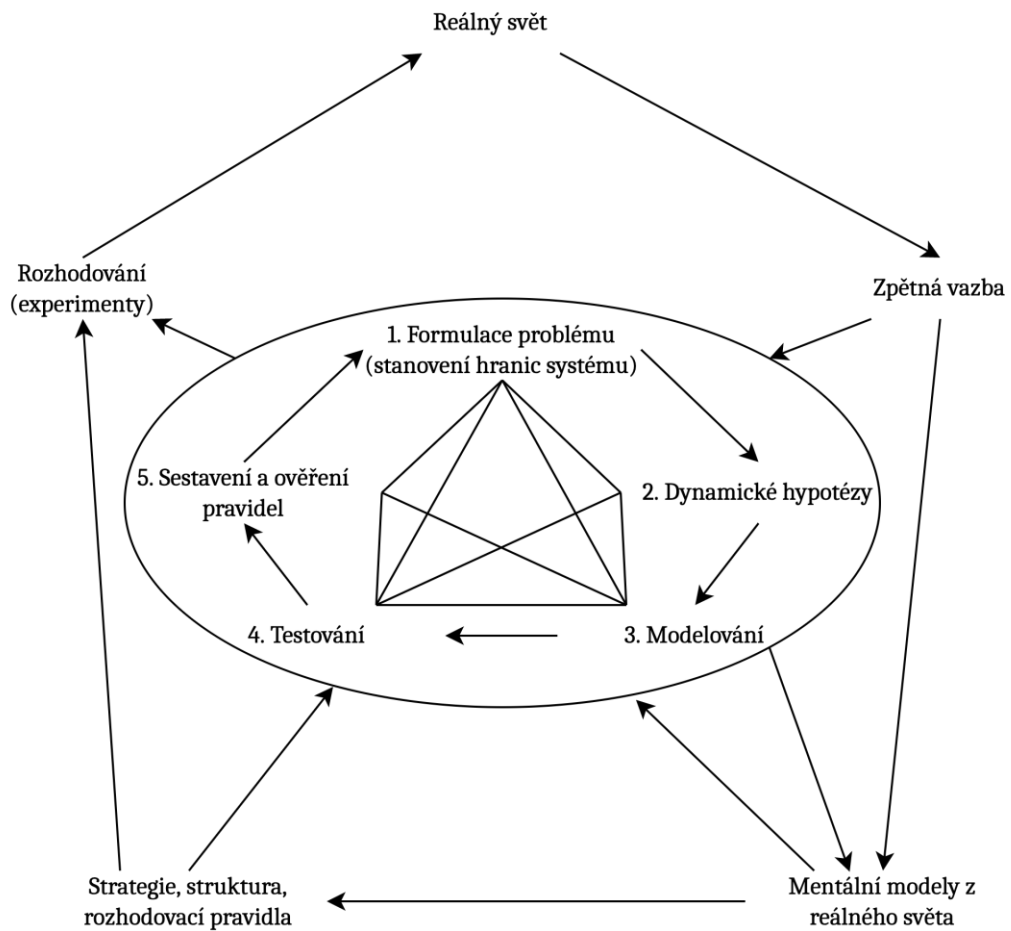
3.1.6 Metodický postup tvorby modelů

Sterman (2000) uvádí následující metodický postup pro tvorbu dynamických modelů (přeloženo z (Sterman, 2000)):

1. Vyjádření problému
 - Výběr tématu: Jaký je problém? A proč je to problém?
 - Klíčové proměnné: Co jsou klíčové proměnné? Jaké jsou klíčové koncepty?
 - Definice dynamického problému: Jak se klíčové části chovaly v minulosti.
2. Formulace dynamické hypotézy
 - Prvotní hypotézy: Jaké jsou teorie o aktuálním problémovém chování?
 - Endogenní vliv.
 - Mapování: Vytvoření map pro aktuální hypotézy, klíčové proměnné a pro další přístupná data.
3. Sestavení simulačního modelu
 - Specifikace struktury a rozhodovacích pravidel.
 - Odhady parametrů, vztahů chování a počátečních podmínek.
 - Testy.
4. Testování
 - Porovnání s referenčním módem: Vytváří model problémové chování, které je adekvátní k účelu?
 - Robustnost v extrémních podmínkách: Je chování modelu realistické při extrémních podmínkách?
 - Citlivost: Jak je model citlivý na změnu parametrů.
5. Návrh postupu a hodnocení
 - Specifikace scénáře: Jaké okolní podmínky se mohou objevit a jsou zároveň schopné ovlivnit problém?
 - Navrhnutí postupu: Jaká jsou nová rozhodovací pravidla, strategie a struktury, která by mohla být aplikována v reálném světě?
 - Co když analýza: Jaké jsou důsledky navržených postupů?

- Citlivostní analýza: Jak robustní jsou doporučené postupy v různých scénářích?
- Interakce postupů: Interagují postupy mezi sebou?

Sterman (2000) uvádí, že tvorba modelu je iterativní činnost. Dále zdůrazňuje, že model je určitý obraz reálného světa. Tedy pro tvorbu modelu je podstatná interakce s reálným světem. Sterman tuto činnost shrnuje v následujícím obrázku:



Obrázek 6 Metodika tvorby modelů systémové dynamiky (přeloženo ze (Sterman, 2000))

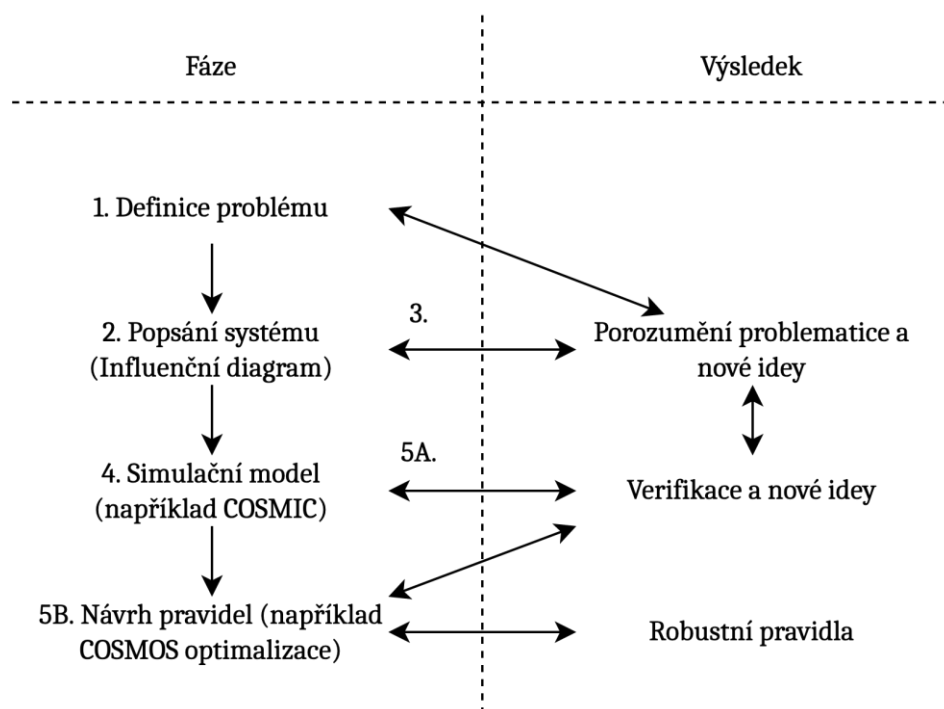
Coyle (1996) rozdělil metodiku do pěti částí. První krok nazývá rozpoznání problému.

- V této části se řeší, koho daný problém zajímá a proč. Coyle uvádí, že je poměrně vzácné v této části nalézt odpověď na tuto otázku.
- Druhým krokem je popsání systému pomocí CLD1. V této části slouží CLD pro zachycení základního náhledu zainteresovaných lidí na problém.
- Třetí krok Coyle nazývá kvalitativní analýzou, kterou popisuje jako „pozornější pohled na CLD v naději, že problém bude lépe pochopen“. Coyle dále uvádí, že je tento krok nejpodstatnější ze všech. Tedy tento krok má signifikantní roli pro finální výsledek s potencionálem ukončení tvorby modelu, protože se může stát, že se v tomto kroku problém vyřeší. V této části se přichází s novými nápady a „pet theories“². Coyle uvádí, že tento krok je tak významný zejména, protože se na něm podílejí lidi s tacitními znalostmi, a zároveň je problém zkoumán z různých úhlů pohledu.
- Čtvrtým krokem je tvorba SFD, který vychází z předchozích kroků. Coyle zde uvádí, že SFD diagram nemusí být tvořen na stejné úrovni agregace, jako byl tvořen CLD diagram. Coyle dále uvádí, že CLD a SFD jsou ve své podstatě dvě různé verze diagramů stejného problému, tím pádem je možné postavit SFD diagram pouze na základě CLD diagramu. V tomto kroku je normální postupná validace³ modelu.
- Poslední částí je zkoumání výsledků, tvorba pravidel na základě výsledků simulace a optimalizace pravidel.

¹ Coyle používá pro CLD výraz: „influenční diagram“.

² Pro „pet theory“ neexistuje vhodný překlad. Význam tohoto slovního spojení lze volně popsat následovně: Teorie, která dostává určitou podporu anebo je v oblibě. Pro tuto teorii je typické, že se jí její autor nechce vzdát.

³ Pro tento účel se rozumí pod pojmem validní: „dobře odpovídající svému účelu a dobře zkonstruovaný“.



Obrázek 7 Metodika tvorby modelů systémové dynamiky (přeloženo z (Coyle, 1996))

Zásadní rozdíl mezi Stermanovou a Coylovou metodikou lze nalézt pomocí porovnání procesů tvorby modelů systémové dynamiky zachycených na obrázku 6 a obrázku 7. Jak je patrné z porovnání diagramů, tak Stermanova metodika je více obecná, a lze ji použít na větší množství odvětví. Zatímco Coylova metodika je převážně určena pro účely managementu. Dále je možné spatřit rozdíl mezi cíli modelování, zatímco pro použití Stermanovi metodiky může být důvodem pouze zkoumání systému samotného, tak Coylova metodika je více zaměřená na řešení problémů.

3.1.7 Aktuální použití nástrojů systémové dynamiky

V oblasti systémové dynamiky bylo vytvořeno několik vědeckých příspěvků typu systematické rešerše. Například Davahli a kol. (2020) se zaměřili na obecné využití systémové dynamiky ve zdravotnictví. Morshed a kol. (2019) provedli rešerši v oblasti využití systémové dynamiky a agentově orientovaného modelování v oblasti obezitologie. Dalším příkladem systematické rešerše v oblasti zdravotnictví a využití systémové dynamiky a agentově orientovaného modelování je od Cassidy a kol. (2019). Mimo oblasti zdravotnictví byla vytvořena systematická

rešerše v oblasti agrikultury, kde se Muflikh a kol. (2021) zaměřili na využití systémové dynamiky pro analýzu vývoje hodnotového řetězce v zemědělství. Uriona a Grobbelaar (2019) vytvořili systematickou rešerši pro použití systémové dynamiky v oblasti opatření. V oblasti udržitelnosti Koul a kol. (2016) publikovali systematickou rešerši pro modelování nejistoty a uhlovodíkových zdrojů. V tabulce 3 jsou zachyceny základní informace o výše zmiňovaných systematických rešerších.

Tabulka 3 Systematické rešerše v oblasti aplikace systémové dynamiky (vlastní tvorba)

Citace	Oblast	Počet zahrnutých publikací
(Muflikh a kol., 2021)	Dodavatelský řetězec v zemědělství	63
(Davahli a kol., 2020)	Zdravotnictví	253
(Cassidy a kol., 2019)	Zdravotnictví	28
(Morshed a kol., 2019)	Zdravotnictví, se zaměřením na obezitu	38
(Uriona & Grobbelaar, 2019)	Analýza opatření	54
(Koul a kol., 2016)	Modelování zdrojů uhlovodíků	44

Vzhledem k tomu, že prozatím nebyla publikována systematická rešerše pro využití systémové dynamiky napříč vědními odvětvími, tak logickým krokem bylo vytvoření této studie. Postup systematické rešerše a syntézy je představen v kapitole 3.1.8 V této kapitole jsou představeny vybrané články ze systematické rešerše. Tato systematická rešerše byla publikována ve vědeckém časopise (Zanker, Bureš, & Tučník, 2021).

3.1.8 Systematické rešerše v oblasti SD

V této kapitole jsou popsány postupy tvorby systematických rešerší a jejich výsledky. První systematická rešerše je zaměřena na obecné použití systémové dynamiky napříč vědními obory, druhá systematická rešerše je zaměřena na využití systémové dynamiky ve specifickém vědním oboru, a to v oblasti turismu. V obou systematických rešerších se postupovalo podle metodických pokynů modelu PRISMA (2021). První systematická rešerše je zpracována ve formě článku a byla publikována ve vědeckém časopise. Druhá rešerše byla publikována ve formě konferenčního příspěvku. Výsledky v této kapitole byly publikovány v (Zanker, Bureš, & Tučník, 2021) a (Zanker & Štekerová, 2020).

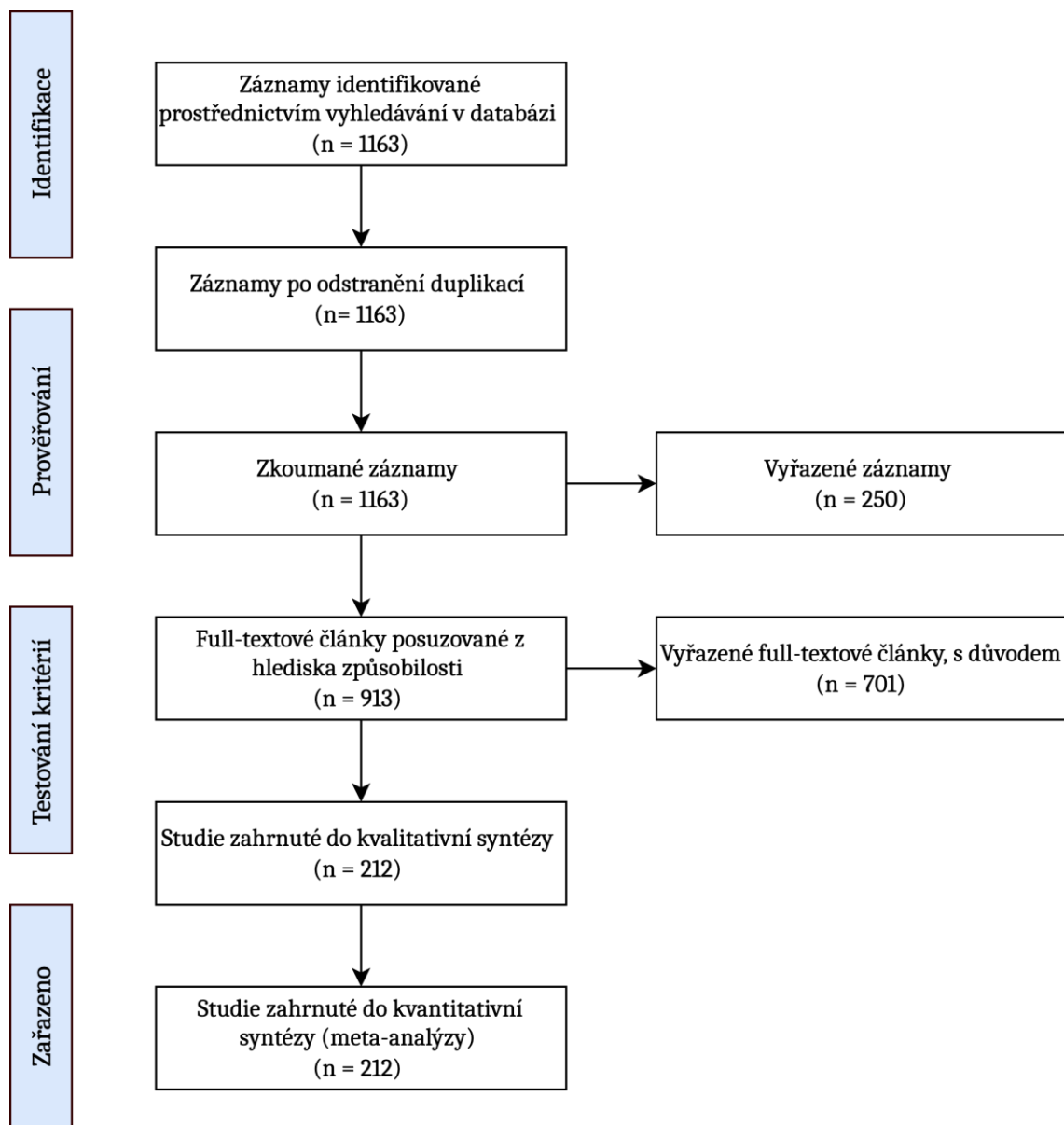
Obecné aplikace systémové dynamiky

Při tvorbě systematické rešerše zaměřené na obecnou aplikaci systémové dynamiky se postupovalo podle metodických pokynů PRISMA (PRISMA, 2021). Prvotně se stanovil cíl a oblast systematické rešerše. Cílem bylo zjištění aktuálního stavu používání systémové dynamiky napříč vědními odvětvími.

Druhým krokem byl výběr vyhledávacího nástroje. Zde byl vybrán vyhledávač Scopus (Scopus, 2022), z důvodu přístupu k vědeckým databázím, mezi které například patří Elsevier, Springer, Wiley-Blackwell, Taylor & Francis, Sage a další (ELSEVIER, 2021). Alternativně se mohl použít vyhledávač Web of Science (2022), anebo vyhledávač Lens (The Lens, 2022).

Třetím krokem byla specifikace vyhledávání článků. Vyhledávací výraz byl následující: „System dynamics“. Časové rozpětí bylo stanoveno na rok 2016 až 2019 včetně. Druh zahrnuté literatury byl stanoven na sekce „článek“ a „článek v tisku“. Tematické omezení pro zařazení článků do systematické rešerše bylo stanoveno na následující odvětví: Environmental science, Business, Social sciences, Decision sciences, Economics, Medicine, Agriculture and biological sciences, Psychology, Multidisciplinary, Health and Nursing. Články musely být napsané v angličtině. Vyhledávání článků bylo provedeno v polovině ledna roku 2020.

Celkem bylo nalezeno 1163 články. Do fulltextového prověřování bylo vybráno 913 článků. Následně proběhlo fulltextové prověřování článků, kde bylo kritériem pro nevyřazení článku přítomnost aplikace nástrojů systémové dynamiky. Ve fulltextovém prověřování bylo vyřazeno 701 článek. Tedy do kvalitativní analýzy bylo zařazeno 212 článků. Celý PRISMA vývojový diagram je zachycen na obrázku 8.



Obrázek 8 Vývojový diagram metody PRISMA (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker, Bureš, & Tučník, 2021))

Na základě kvalitativní analýzy byly vytvořeny čtyři hlavní skupiny článků a to: business, environmentální vědy, zdravotnictví a smíšené. Business se dále dělí do dvou podskupin, a to na úrovně společností a specifické segmenty průmyslu. V oblasti environmentálních věd se nachází podoblasti znečištění a agrikultura. Dále se jednotlivé skupiny, anebo podskupiny dělí do různých částí. Celkem je těchto částí 20 a jsou k nalezení v tabulce 4.

Tabulka 4 Seznam vědeckých oblastí s běžným použitím systémové dynamiky (spoluautorská tvorba, na základě (Zanker, Bureš, & Tučník, 2021))

Skupina	Podskupina	Vybrané oblasti
Business	Úrovně společností	Výkonost podniku Projektový management Obchod Management zdrojů Dodavatelský řetězec
	Specifické segmenty	Trh s nerostnými surovinami Doprava a dopravní bezpečnost
Environmentální vědy	Znečištění	Produkce emisí Voda Udržitelnost
	Agrikultura	Agrikultura Fauna Využití půdy Zemědělství
Zdravotnictví		Fyzické nemoci Zdravotnictví
Smíšené		Výzkum a vývoj a inovace Sociální problémy Rozhodování Města

Zatímco tabulka 4 zachycuje odvětví, kde je SD velmi dobře etablovaná, tabulka 5 zachycuje odvětví, kde se SD používá poměrně řídko. Na základě tohoto výsledku lze identifikovat vědní obory, které mají potenciál pro budoucí vědeckou činnost v oblasti systémové dynamiky.

Tabulka 5 Seznam vědeckých oblastí s potenciálem pro etablování systémové dynamiky (spoluautorská tvorba, na základě (Zanker, Bureš, & Tučník, 2021))

Skupina	Podskupina	Vybrané oblasti
Business	Úrovně společností	Životnost produktu Změna v organizaci
	Úroveň národní	Daně a dotace Ekonomie
	Specifické segmenty	Turismus Sociální marketing Start-up business
Environmentální vědy	Znečištění	Pravidla v oblasti environmentálních věd Biopaliva Recyklace Odpad v tekuté formě Odpad v tuhé formě Odpad z budov Elektronický odpad Potravinový odpad Přírodní katastrofy
	Agrikultura	Zavlečené rostliny Rybolov
Zdravotnictví		Závislosti Stres Deprese

Příkladem výkonosti organizace lze uvést článek od Kim a Kwon (2016), kde se mimo výkonu organizace autoři zaměřovali i na lidský kapitál. Dále se SD použila pro simulování Kolumbijského HDP na základě modelování výkonu společností (Aparicio a kol., 2016). Pro podporu rozhodování v projektech e-businessu byla použita kombinace znalostního managementu a systémové dynamiky (Yan a kol., 2019). Příkladem projektového managementu může být uveden článek od Mhatre a kol. (2017), kde se predikovala rizika spjatá s projektem výstavby. CLD bylo použito pro koordinaci, rozhodování a řízení projektu s více zúčastněnými společnostmi (Pargar a kol., 2019). V managementu zdrojů byla použita systémová dynamika pro lidské zdroje (Chung a kol., 2016; Škraba a kol., 2016). V oblasti dodavatelského řetězce bylo použití SD poměrně dominantní, jako příklad lze uvést článek od

Keilhacker a Minner (2017), kde se řešila rizika dodavatelského řetězce pro vzácné zdroje, článek od Cagliano a kol. (2017) se zaměřením na e-nákupy, nebo dodavatelský řetězec potravin od Armendáriz a kol. (2016). Další částí využití SD bylo v oblasti trhu nerostných surovin, kde Choi a kol. (2016) se zaměřili na indium, Sverdrup (2016) na lithium, D. Wang a kol. (2018) na uhlí a Arango-Aramburo a kol. (2017) na vápenec. V oblasti dopravy a dopravní bezpečnosti se řešila budoucnost elektrických aut v Malajsii (Azmi & Tokai, 2017), nebo se zkoumaly dopravní předpisy v Pekingu (Wen & Bai, 2017).

V oblasti environmentálních věd byly velkým tématem emise a znečištění. V oblasti znečištění byly články zaměřené na různé druhy odpadu dělené podle struktury, například Estay-Ossandon a Mena-Nieto (2018), Gutberlet a kol. (2017), Phonphoton a Pharino (2019) a Sukholthaman a Sharp (2016) se zaměřili na tuhý odpad, Ardi a Leisten (2016), Dasgupta a kol. (2017) a Ghisolfi a kol. (2017) na e-odpad a Breach a Simonovic (2018), Nascimento a kol. (2018) a Prouty a kol. (2018) na tekutý odpad. V oblasti emisí se autoři zaměřili na plnění limitů oxidu uhličitého, například pro emisní limity v Číně bylo publikováno hned několik článků. Jeden pro dosažení závazku k roku 2020 (Xiao a kol., 2016), druhý k roku 2025 (D. Liu & Xiao, 2018) a dva k roku 2030 (Li a kol., 2017; L. Zhang a kol., 2018). Dále v oblasti emisí byly články zaměřeny na produkty a emise spjaté s těmito produkty, Scolozzi a kol. (2019) zkoumali výrobky s nízkou uhlíkovou stopou, Zhao a kol. (2018) se zaměřili na výrobky označené štítkem s emisemi uhlíku. Dalším odvětvím článků ve skupině environmentálních věd bylo využití vody. Poptávka po vodě ve městech byla zkoumána v (Baki a kol., 2018) a (Qin a kol., 2018), dále se řešila poptávka po vodě k zemědělským účelům (X. Wang a kol., 2016). V podskupině zemědělství byly články zaměřené na hospodářská zvířata a ostatní faunu, kde se zkoumala produkce hovězího masa v Malajsii (Abdulla a kol., 2016), v Botswaně (Dizyee a kol., 2017). Dále byly články zaměřeny na farmy skotu na Novém Zélandu (Farrell a kol., 2019), nebo dopady klimatických změn na pastevectví v Austrálii (Godde a kol., 2019).

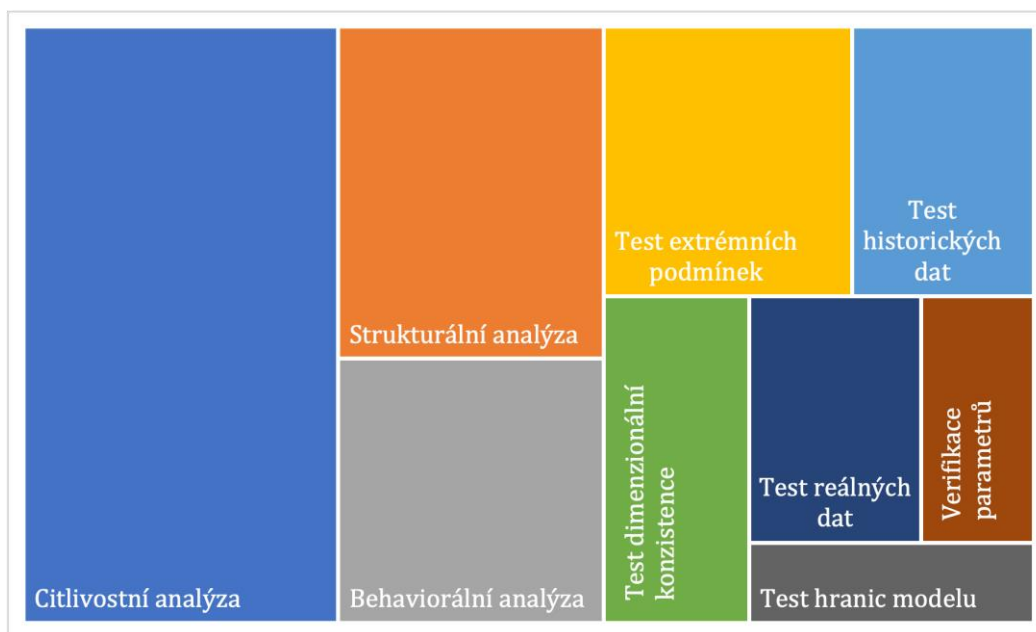
V oblasti použití SD ve zdravotnictví jsou články rozděleny na fyzické nemoci a funkce zdravotnictví. Do první kategorie spadá například diabetes (Rogers a kol., 2018; Sugiyama a kol., 2017), nadváha nebo obezita (Carrete a kol., 2017; H.-J. Chen

a kol., 2018; S. Liu a kol., 2016). Dále jsou články publikované na téma očkování (Safarishahrbijari a kol., 2017; van Ackere a Schulz, 2020) a vysoce infekční choroby, jako například Ebola (Powell a kol., 2018). V oblasti zdravotnictví se pomocí SD zkoumala transformace klinického systému (Best a kol., 2016), nebo vztah mezi kvalitou života zdravotních sester a kvalitou zdravotní péče (Farid a kol., 2020).

Ve smíšené skupině jsou následující skupiny: vývoj, výzkum a inovace, společenská témata, rozhodování a města. V první podskupině se například řešilo sdílení znalostí (J. Wang a kol., 2019), nebo potencionální dopad systémového myšlení na veřejné školství (Mobus, 2018). V druhé skupině se analyzoval dopad Facebooku na kvalitu mezilidské komunikace (Howard & Thompson, 2016), kvalita inovací, zdraví komunity (Stringfellow, 2017), nebo šíření pomluv (Zhu & Liu, 2017). V oblasti rozhodování se zkoumalo nastavování cen (Ibáñez & Martínez-Valderrama, 2018), predikce cen ropy, zásoby surového palmového oleje, cena surového palmového oleje (Zabid a kol., 2017). Články zaměřené na města se například zabývala růstem měst v Číně (Bao & He, 2019), udržitelným růstem měst (Fang a kol., 2019), nebo rekonstrukcí existujících bloků budov (Shrubsole a kol., 2019).

Dalším výsledkem syntézy bylo rozložení použití diagramů systémové dynamiky. Nejvíce se v článcích používala kombinace CLD a SFD a to ve 42 % (89 případů), následovaná použitím pouze SFD, a to ve 31 % (65 případů), ve zbytku článků byl použit pouze CLD, a to ve 27 % (58 případů). Nejčastěji používaným softwarem pro tvorbu modelů systémové dynamiky byl Vensim, následovaný softwarem Stella.

Syntéza z vybraných článků také ukázala rozložení způsobů testování modelů systémové dynamiky. Nejčastěji se používala citlivostní analýza, následovaná strukturální analýzou a behaviorální analýzou. Celý výsledek této syntézy je zachycen na obrázku 9.



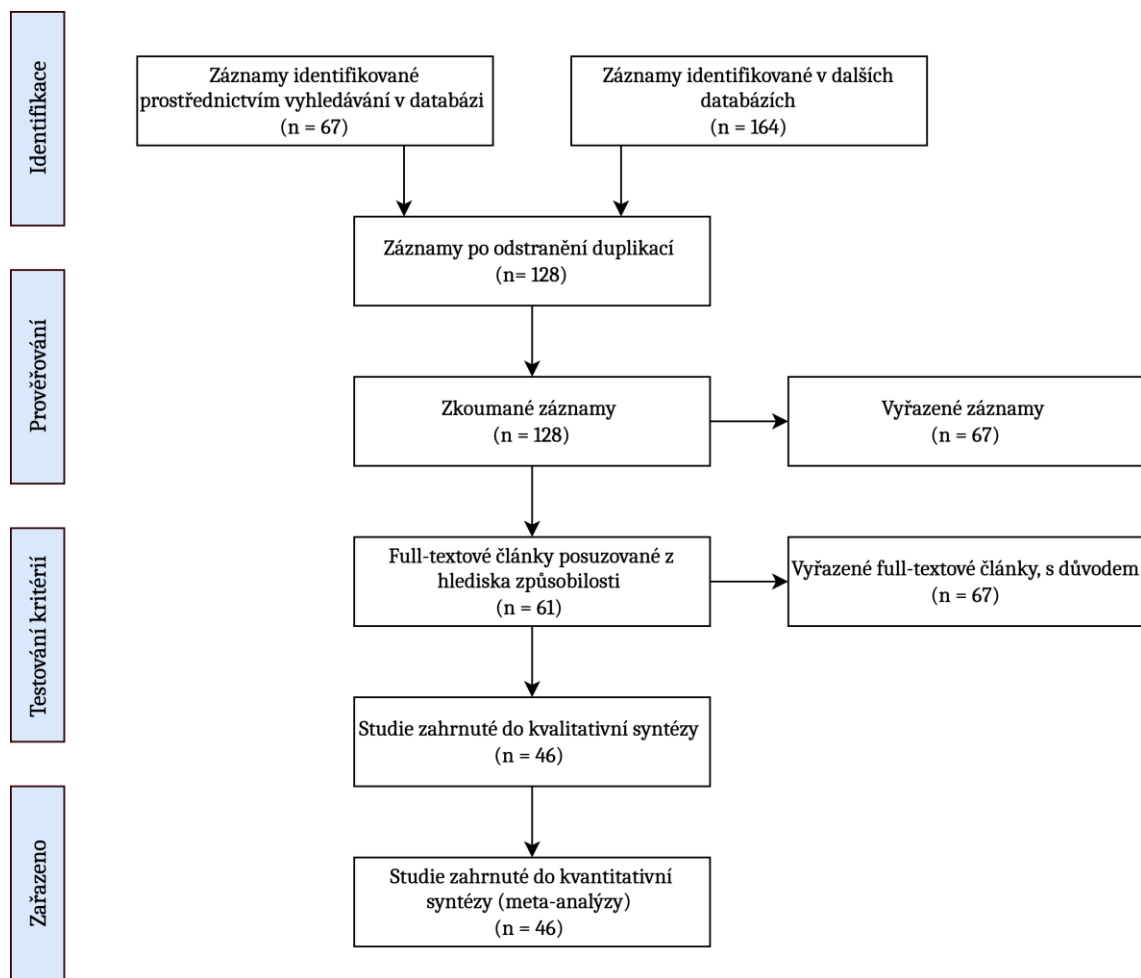
Obrázek 9 Používané testy při tvorbě modelů systémové dynamiky (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker, Bureš, & Tučník, 2021))

Aplikace systémové dynamiky v oblasti turismu

Během studia doktoranda byla publikována systematická rešerše na využití systémové dynamiky v oblasti turismu. Pro tuto systematickou rešerši bylo zvoleno časové období od roku 2010 do konce roku 2019, kde bylo indexováno 128 unikátních článků v databázích vědeckých publikací Scopus, Web of Science, Google Scholar a Lens (přehledy způsobů vyhledávání jsou zachyceny v tabulce 6). Do kvantitativní části této rešerše bylo zahrnuto celkem 46 článků. Celý vývojový diagram je zachycen na obrázku 10.

Tabulka 6 Vyhledávací příkazy 2 (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Štekerová, 2020))

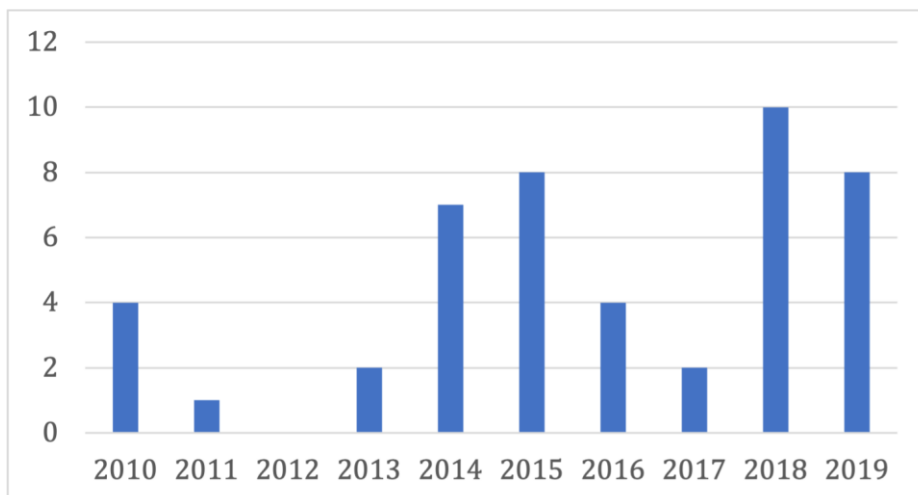
Databáze	Vyhledávací příkaz	Výsledky
Scopus	TITLE-ABS-KEY ("system dynamics" AND "tourism") AND (LIMITTO (DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English"))	67
Scinapse	"system dynamics" and "tourism"	40
Google Scholar	allintitle: tourism "system dynamics"	37
Lens	(Title: (tourism "system dynamics") OR (Abstract: (tourism "system dynamics")) OR (Keyword: (tourism "system dynamics") OR Field of Study: (tourism "system dynamics"))) (Filtering: journal articles)	87



Obrázek 10 Vývojový diagram (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Štekerová, 2020))

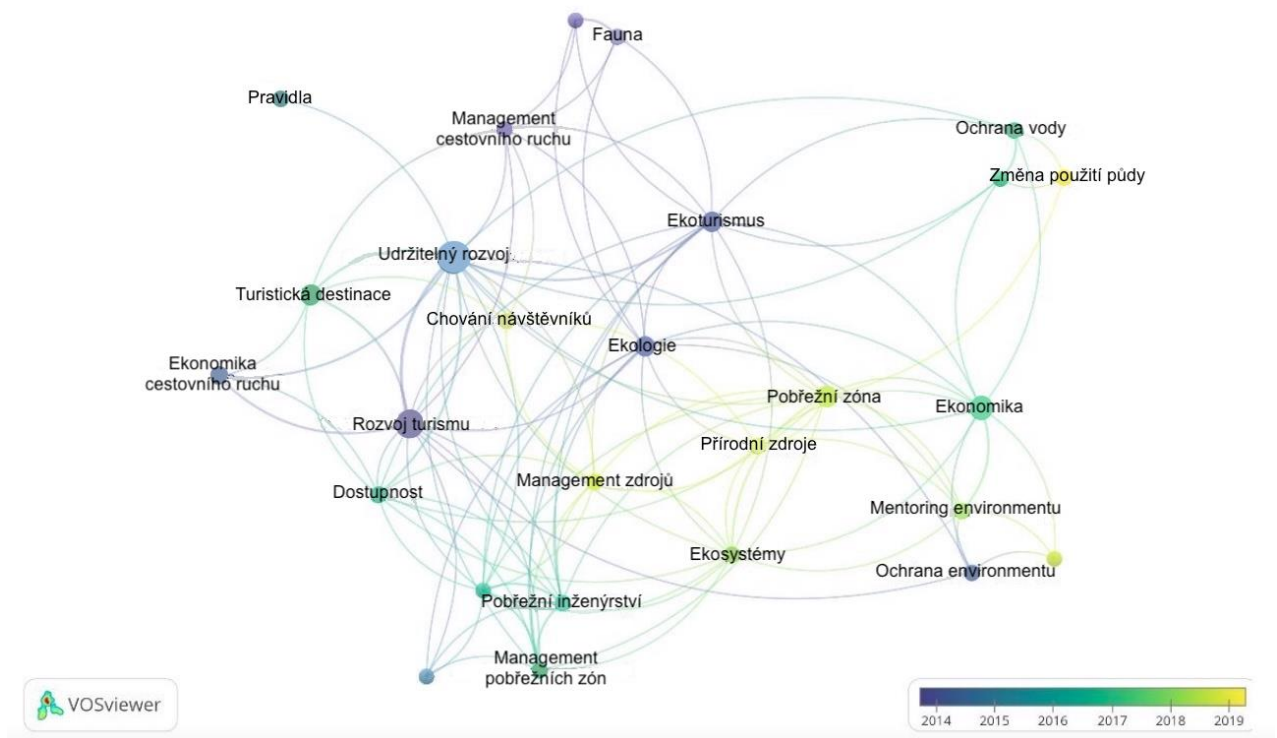
Z pohledu využívání nástrojů systémové dynamiky převažovala možnost kombinace použití CLD a SFD, a to v 50 % případů. Využití pouze jednoho z nástrojů bylo poměrně vyrovnané, a to ve 22 % bylo použito pouze SFD a ve zbytku (24 %) pouze CLD.

Rozložení publikací podle data naznačuje, že nástup používání SD v turismu začalo převážně v druhé části druhé dekády třetího tisíciletí. Z výsledku vyplývá, že 70 % studií bylo publikováno mezi roky 2015 a 2019, a zároveň 39 % příspěvků bylo publikováno mezi roky 2018 a 2019. Z obrázku 11 lze pozorovat nárůst používání SD v oblasti turismu.



Obrázek 11 Počet publikací v oblasti turismu s využitím systémové dynamiky (spoluautorská tvorba, převzato z (Zanker & Štekerová, 2020))

V této studii byla provedena bibliografická analýza klíčových slov, která je zachycena na obrázku 12. Nachází se zde průnik některých odvětví z tabulky 4 a tabulky 5. Což naznačuje, že existuje určitá provázanost mezi definovanými skupinami. Barevná škála je nastavena podle četnosti použití klíčových slov k datu publikování článků.



Obrázek 12 Bibliografická syntéza klíčových slov ze systemické rešerše zaměřené na turismus a systémovou dynamiku (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Štekerová, 2020))

3.1.9 Časté chyby při tvorbě CLD a SFD

Během studia se doktorand podílel na výzkumu chyb při tvorbě CLD a SFD modelů. Případová studie byla provedena na studentech (Bureš a kol., 2019) (příspěvek byl následně upraven a publikován ve vědeckém časopise (Bureš, Otčenášková, a kol., 2020). Nejčastější chyby při tvorbě CLD v oblasti tvorby jsou následující:

- 1) Ve smyčkách
 - a. Modeláři vytvoří základní smyčky, které následně rozšiřují dalšími proměnnými a smyčkami. Problém nastává v tom, že model přestává plnit svojí funkci a stává se těžko čitelný.
 - b. Modeláři mají problém s určením polarity smyček. Tento problém je způsoben dvěma důvody, a to: 1) modeláři se nedrží metodického postupu pro určení polarity smyček 2) modeláři zvolí špatný postup pro určení polarity smyček.

- c. Modeláři mají problém s komplexitou modelu. Obvykle modeláři identifikují všechny proměnné a neabstrahují nedůležité proměnné, což způsobuje špatnou čitelnost komplexních modelů.
 - d. Modeláři neoznačí nebo nepojmenují smyčky. Což vede k problému při popisu modelu.
- 2) V proměnných
- a. Modeláři opominou základní proměnné. Příkladem může být vynechání proměnné „zákazník“ v modelu zaměřeném na prodej.
 - b. Modeláři pojmenují proměnné chybně nebo zavádějícím způsobem.
- 3) V ostatních oblastech
- a. Nedodržení stanoveného rozpětí modelu. Modeláři mají často problém se držet stanoveného maximálního počtu proměnných.
 - b. Špatná čitelnost modelu, která je zpravidla způsobena zařazením nepotřebných proměnných a vazeb.

Dále byly nalezeny následující metodologické problémy při tvorbě CLD:

- a) V modelu jsou obsaženy exogenní proměnné bez přínosu pro model. Příkladem mohou být uvedeny proměnné: „Plast“, „Sklo“ a „Papír“, které mají vazbu pouze na proměnnou „Odpad“.
- b) V modelu jsou použity pouze pozitivní vazby. Což ve specifických případech není chybou, nicméně se tento jev vyskytuje převážně v triviálních systémech.
- c) Namísto kauzality je zachycena korelace.
- d) Modeláři použijí název modelu, jako název proměnné.

Dále se v této studii zkoumaly chyby při tvorbě SFD. Nejčastější zjištěné chyby jsou následující:

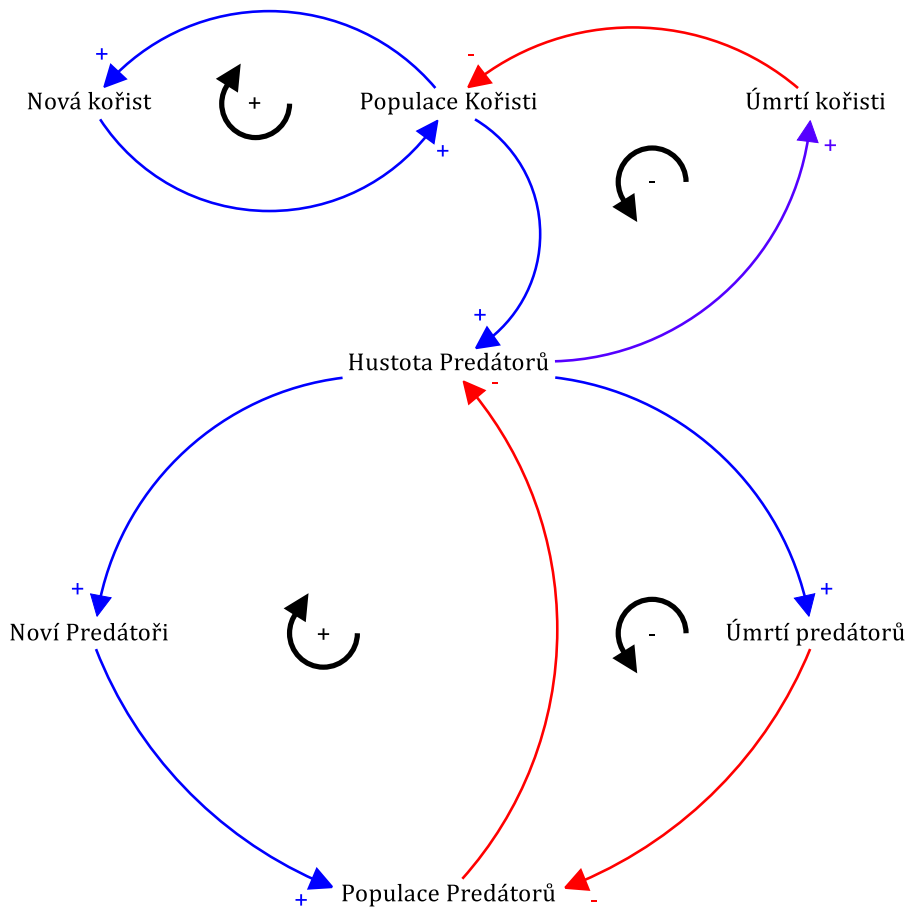
- 1) Exogenní model
- a. Stejný problém s exogenními proměnnými jako se vyskytoval u CLD se vyskytuje i u SFD.
 - b. Dalším problémem tohoto typu je nekonečné rozšiřování modelu i přestože další nová proměnná nepřidá vypovídající hodnotu.
- 2) Jednotky a dimenze
- a. Správná identifikace jednotek a dimenzí je poměrně složitá. Často se stávalo, že modelářům vycházely přijatelné výsledky, přestože model nefungoval správně.

- b. Modeláři často nebyli schopni vysvětlit důvod pro přidání určité proměnné do modelu, tyto proměnné často plnily pouze technickou funkci pro model.
- 3) Vestavěné funkce
- a. Modeláři používali podmínkovou funkci na místo vestavěných funkcí. Čímž se zvyšovala nepřehlednost rovnic v modelu.
 - b. Modeláři vynucovali dynamické chování modelu pomocí vestavěné funkce pro generování pseudonáhodných čísel.
- 4) Komplexní struktura
- a. Modeláři měli problém s rozšířením modelu o třetí hladinu. Což se projevovalo přidáním nevýznamné hladiny.
 - b. V komplexních modelech se často vyskytoval problém s definicí jednotek daných proměnných.
 - c. Dalším problémem v komplexních modelech bylo špatné určení směru vazby mezi proměnnými.
 - d. Modeláři poměrně často používali hladiny jako zdroj pro přítok jiných hladin, což odporuje doporučenému postupu tvorby SFD, a zároveň to může vést k nezamýšleným nepřesnostem v modelu.
- 5) Problémy technického charakteru
- a. Z pohledu vizuálního zachycení modelu vznikaly dva druhy chyb. Prvním druhem byla nečitelnost modelu z důvodu špatného grafického uspořádání proměnných a vazeb. Druhým druhem chyby bylo vytváření obrázků za pomoci stavebních prvků modelu.
 - b. Problém se špatnými názvy proměnných se u SFD vyskytoval úplně stejně jako u CLD.
 - c. Dalším technickým problémem byla ignorace hranic proměnných. Příkladem může být uvedeno spoléhání se na nemožnost vstoupení do záporných hodnot u hladin.

3.1.10 Rozdíl mezi tvorbou modelů systémové dynamiky

Dalším krokem pro dosažení cíle disertační práce bylo popsání způsobů tvorby modelů systémové dynamiky a rozdíly mezi jednotlivými způsoby. Jako ukázkový model byl vybrán predátor-kořist model. K výběru tohoto modelu přispělo nedávné manifesto od Saltelli a kol. (2020) k tvorbě modelů publikované v časopise Nature, kde jednou z dílčích částí manifesta byla stať ohledně nutnosti jednoduchosti modelu pro stanovený účel.

CLD model je převzat od Doore a Fishwick (2014) a zachycuje základní strukturu systému predátor kořist, která je zobrazena na obrázku 13.



Obrázek 13 CLD diagram predátor kořist (přeloženo z (Doore & Fishwick, 2014))

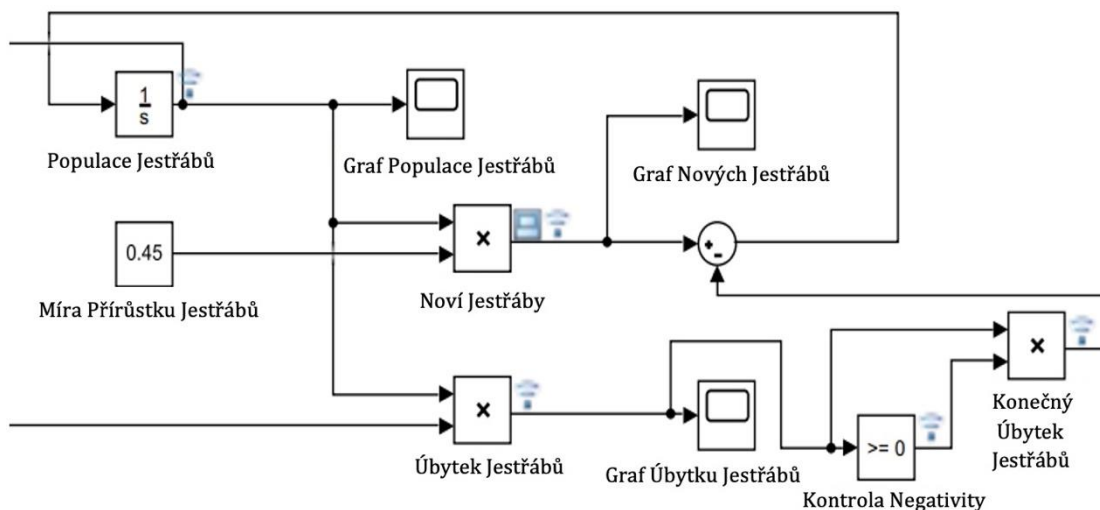

```

library(deSolve)
START <- 1; FINISH <- 10; STEP <- 0.25
simtime <- seq (START, FINISH, STEP)
stocks <- c(
  s_Populace_jestřábů = 15,
  s_Populace_králíků = 100,
  s_Populace_hadů = 30,
  s_Populace_myší = 100,
)
auxs <- c(
  a_Míra_přírůstku_jestřábů = 0.45,
  a_Míra_přírůstku_králíků = 3.5,
  a_Míra_přírůstku_hadů = 0.5,
  a_Míra_přírůstku_myší = 8,
  a_Predace_jestřábů_A = 20,
  a_Predace_hadů_A = 20,
  a_Predace_jestřábů_B = 11,
  a_Predace_jestřábů_C = 29.4,
  a_Predace_hadů_B = 33,
)
model <- function(time, stocks, auxs) {
  with(as.list(c(stocks, auxs)),{
    a_Nedostatek_potraviny_pro_jestřáby <- 1 - ((s_Populace_králíků + s_Populace_hadů + s_Populace_myší - s_Populace_jestřábů)/
      (s_Populace_králíků + s_Populace_hadů + s_Populace_myší + s_Populace_jestřábů))
    a_Koeficient_A <- ((s_Populace_králíků - s_Populace_jestřábů) / (s_Populace_králíků - s_Populace_jestřábů))
    a_Koeficient_B <- ((s_Populace_králíků - s_Populace_hadů) / (s_Populace_králíků - s_Populace_hadů))
    a_Nedostatek_potraviny_pro_hady <- 1 - ((s_Populace_králíků - s_Populace_hadů + s_Populace_myší) / (s_Populace_králíků +
      s_Populace_hadů + s_Populace_myší))
  })
}

```

Obrázek 15 SFD diagram vytvořený za pomoci jazyku R predátor a kořist (vlastní tvorba)

Stejný model byl vytvořen v software MatLab s rozšířením Simulink. Ukázková část modelu je zachycena na obrázku 16 (celý diagram nebyl přiložen z důvodu nečitelnosti diagramu, která je způsobena velikostí diagramu).



Obrázek 16 Diagram blokové algebry predátor a kořist (vlastní tvorba)

Základní rozdíl mezi tvorbou modelů systémové dynamiky v „klasickém“ nástroji a programovacím jazyce R je v definici modelu. V programovacím jazyce R je každá stavební část definována jako proměnná, zatímco v „klasickém“ nástroji je každá část definována dle svého určení (viz. kapitola 3.1.5.)

Dalším rozdílem je dělení statických a dynamických proměnných. Statické proměnné se z pravidla ukládají do listů, zatímco s dynamickými proměnnými se pracuje ve funkci simulující model.

Zásadní rozdíl tvorby modelu pomocí blokové algebry oproti tvorbě modelu v „klasickém“ nástroji je ve stavebních prvcích modelů. Simulink je postaven na blokové algebře, tedy základním stavebním prvkem je blok. Jako nejzásadnější rozdíl je nutnost definice rovnic za pomoci jednoho bloku v rozmezí stejné úrovně hodnot a operací sčítání/odčítání a dělení/násobení. Tedy není možná kombinace různých úrovní a druhů matematických operací za pomoci jednoho stavebního prvku.

Jak je patrné z pohledu na obrázky 13, 14, 15 a 16, tak každý způsob tvorby modelů systémové dynamiky má rozdílnou strukturu, úroveň detailního pohledu na problematiku a čitelnost modelu. Zatímco CLD diagram je nejčitelnější a nejlépe zachycuje vazby mezi proměnnými, tak postrádá vyjádření vztahů mezi proměnnými pomocí konkrétních čísel. V SFD diagramu jsou už vyjádřeny vztahy

proměnných pomocí konkrétních čísel, ale často jsou z tohoto diagramu abstrahovány některé proměnné a vazby (což se například doporučuje i v některých metodických postupech, příkladem může být metodický postup od Coyle (1996) viz kapitola 3.1.6.). Diagram blokové algebry si stále zachovává grafickou stránku modelu, ale už je více zaměřený na logickou stránku modelu a konkrétní struktury vztahů vyjádřené pomocí rovnic a konkrétních čísel. Poslední možnost tvorby modelu systémové dynamiky je pomocí programovacího jazyka. Zde se naprosto vytrácí grafická stránka modelu, a tím pádem je model pouze zaměřen na vztahy zachycené pomocí rovnic.

3.2 Znalostní management

Důvodů pro existenci znalostního managementu je několik, např. spojení osob s konkrétními znalostmi s osobami, které tyto znalosti nemají, případně transformování znalostí jedince do znalostní báze organizace. Obecněji lze popsat znalostní management jako koncept organizace pro integrování znalostních systémů (K. Wang a kol., 2001).

Se znalostním managementem jsou spojené různé vědní disciplíny: Teorie systému, Risk management, Inteligentní agenty, Systémy pro podporu rozhodování, Modelování a simulace, Data mining, Systémová analýza, Systémové inženýrství, Vizualizace apod. (Stankosky, 2005).

V této kapitole jsou popsány druhy znalostí, rozdíly mezi nimi a znalostní procesy.

3.2.1 Druhy znalostí

Znalosti je možné rozdělit na základě různých kritérií. Velmi časté je rozdělení na znalosti tacitní a explicitní. Explicitní znalosti se vyznačují jednoduchostí nakládání s nimi. Pojem tacitní znalosti byl poprvé použit autorem jménem Polanyi v roce 1966. Tacitní znalosti lze chápat jako znalosti těžko vyjádřitelné. Díky složitosti manipulace s tacitními znalostmi mají tyto znalosti vyšší hodnotu než znalosti explicitní (Polanyi, 1966). Další možné dělení znalostí uvádí Quinn, který je dělí podle jejich obsahu. Quinn rozděluje znalosti na „Know-how“, „Care-why“,

„Knowwhat“, „Know-why“ (Quinn a kol., 1996). Jako specifický příklad znalostí Aramo-Immonen (2013) uvádí znalosti holistické. V případě komplexní systémů může multi-metodický přístup generovat holistické znalosti. V tomto kontextu je navržen design vědeckého výzkumu, který je rozdělen na aktivity a výstupy. Aktivity se dělí na čtyři části: Tvorba (v originále „Build“), Vyhodnocení („Evaluate“), Teoretizování („Theorize“) a Odůvodnění („Justify“). Výstupy se také dělí na čtyři části: Vytváření („Constructs“), Model, Metody a Instance („Instantiation“).

Cílem je vyhodnocování artefaktů. Mezi artefakty se řadí konstrukty, modely, metody a instance. Vyhodnocování vyžaduje rozvoj měření artefaktů. Za pomoci teoretizování je možné vysvětlit vlastnosti artefaktu a jeho interakce s prostředím. To vyžaduje pochopení environmentálních zákonů artefaktů. Interakce artefaktu s jeho prostředím může vést k teoretizování o interním fungování samotného artefaktu. Pro artefakty založené na matematickém formalismu nebo pro artefakty, které interagují s prostředím, může být odůvodnění provedeno za pomoci matematiky a logiky. Pro IT artefakty, které nejsou vyjádřeny za pomoci matematiky, může být odůvodnění provedeno pomocí naturální vědecké metodologie správy, shromažďování a analýzou dat (Aramo-Immonen, 2013). Je to koncept vycházející z názvosloví dané domény. Představuje konceptualizaci používanou k popisu problémů v doméně. Formuluje se zde specializovaný jazyk a sdílení znalostí dané domény. Jedná se o soubor návrhů nebo vyjádření vztahů mezi konstrukty. Dále je vytvořeno řešení problémů spjaté s požadovanými determinovanými úlohami a s definováním komponent. Za metody se považuje sada kroků, které jsou sestaveny pro stanovené požadavky. Metody jsou vytvořeny na základě konstrukce a reprezentace (v tomto případě se za reprezentaci považuje model). Za instance je možné považovat realizaci artefaktu pro danou oblast. Inicializují se operační konstrukty, modely a metody. Touto operací se demonstruje proveditelnost a účinnost modelu nebo metod, které jsou obsaženy (Aramo-Immonen, 2013).

3.2.2 Znalostní proces

Znalostní proces se skládá z pěti základních částí: získávání znalostí, ukládání znalostí, sdílení znalostí, aplikace znalostí a vytváření nových znalostí. Tyto části je možné dále dělit na specifické procesy.

Získávání znalostí

Jedná se o fázi, ve které se získávají nebo shromažďují znalosti pro vytvoření nového obsahu nebo nahrazení obsahu existujícího. Nejprve je nutné zjistit, které znalosti mohou uspokojit danou potřebu nebo pomoci vyřešit problém.

Výzkum v oblasti znalostí zahrnuje identifikaci znalostí, která nejspíše uspokojí potřebu nebo pomáhá vyřešit problém. Aby toto bylo možné, musí se nejprve udělat dvě iterativní úlohy. První úlohou je určit použitelné zdroje znalostí, druhou je vyhodnotit tyto zdroje a určit jejich relevanci pro danou úlohu (Chouikha, 2016).

Ukládání znalostí

Hlavním účelem ukládání znalostí je zachování znalostí pro jejich následné použití. Nejprve je nutné znalosti shromáždit a uchovat. Pro jedince je úložištěm znalostí paměť. Zásadnější otázkou je možnost uchovávání znalostí v organizacích, kde je nutné distribuovat znalosti mezi různé jednotlivce (Chouikha, 2016). Úložiště znalostí může nabývat různých podob, například lze uchovávat znalosti pomocí databáze, systémového úložiště a podobně. Zajímavým způsobem uložení znalostí je uložení pomocí modelů (Herwig a kol., 2015).

Sdílení znalostí

Jedním z hlavních cílů znalostního managementu je způsob uchopení a sdílení znalostí mezi nositeli znalostí a jejich příjemci. Tato problematika je navíc rozšířena o různé úrovně interakcí. Mezi příklady patří: sdílení znalostí mezi jednotlivci, mezi jednotlivci a skupinami, mezi organizacemi apod. (Chouikha, 2016). Pro sdílení znalostí je možné využívat simulace. Využití simulace pro sdílení a získávání znalostí zkoumal například Leemkuil (jedná se o studii zaměřenou na simulaci reálného prostředí pomocí hry „KM Quest“ (Leemkuil & de Jong, 2012). Modelování a simulace pro účely znalostního managementu využila armáda Spojených států

amerických v roce 1996, program se jmenoval „One Semi-Automated Forces (OneSAF) Objective Systems (OOS)“. Tehdy hlavním účelem bylo „vzdělávat a trénovat“, tento účel lze také popsat jako získávání znalostí a prohlubování tacitních znalostí (Schenk a kol., 2016).

Aplikace znalostí

Aplikace znalostí může přinést zlepšení aktuálního stavu. Často se ale objeví velká propast mezi tím, co organizace vědí a tím, co organizace dělají. Aby mohla být znalost aplikována efektivně, je nutné, aby diverzita znalostí byla integrována (Chouikha, 2016).

Vytváření nových znalostí

Operace se znalostmi je iterativní proces. V průběhu času se mohou požadavky na znalosti zásadně měnit. Díky neustále měnícím se požadavkům na znalosti je zapotřebí definovat nový jazyk, nové metody a nové artefakty. Získávání, ukládání, přenos, iterativní využití znalostí a tvorby nových poznatků tvoří trvalý cyklus souvisejících činností (Chouikha, 2016).

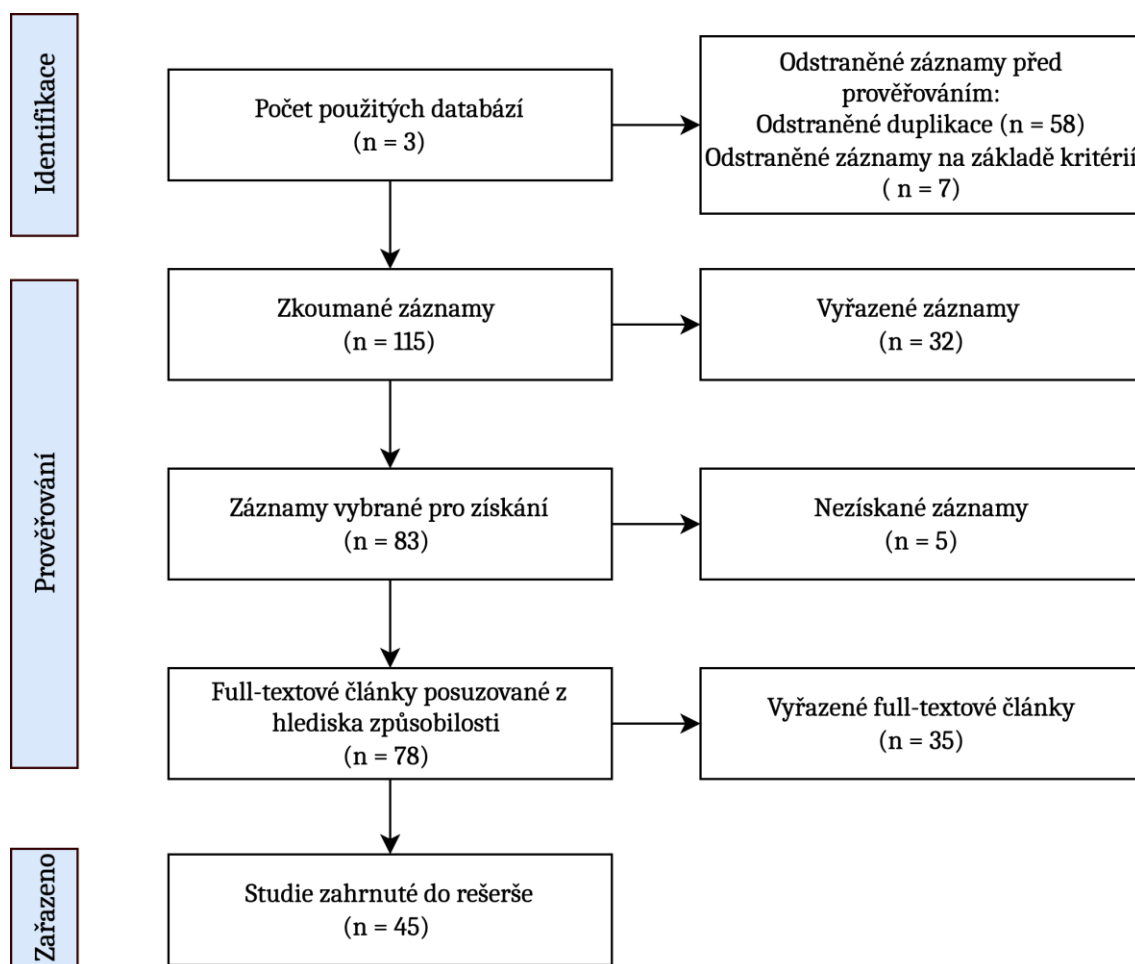
3.3 Systematická rešerše pro použití systémové dynamiky ve znalostním managementu

Pro zkoumání aktuálního stavu použití nástrojů systémové dynamiky v oblasti znalostního managementu byla vytvořena systematická rešerše, která se řídila metodickým postupem PRISMA. Články byly hledány v databázích vědeckých publikací Scopus (2022), Web of Knowledge (2022) a Lens (*The Lens*, 2022). Je důležité zmínit, že vyhledávání nebylo omezeno časovým rámcem, a to z důvodu nízkého počtu celkově nalezených záznamů. Popsané výsledky v této kapitole byly publikovány v (Zanker & Bureš, 2022).

Vyhledávací příkazy jsou zachyceny v tabulce 7. Průběh a výsledky systematické rešerše jsou zachyceny na obrázku 17.

Tabulka 7 Vyhledávací příkazy 1 (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Bureš, 2022))

Název databáze	Vyhledávací příkaz
Web of Science	"system dynamics" AND "knowledge management" (Topic)
Scopus	TITLE-ABS-KEY ("system dynamics" AND "knowledge management") AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English"))
Lens	(title:"system dynamics") OR abstract:"system dynamics") AND (title:"knowledge management") OR abstract:"knowledge management")



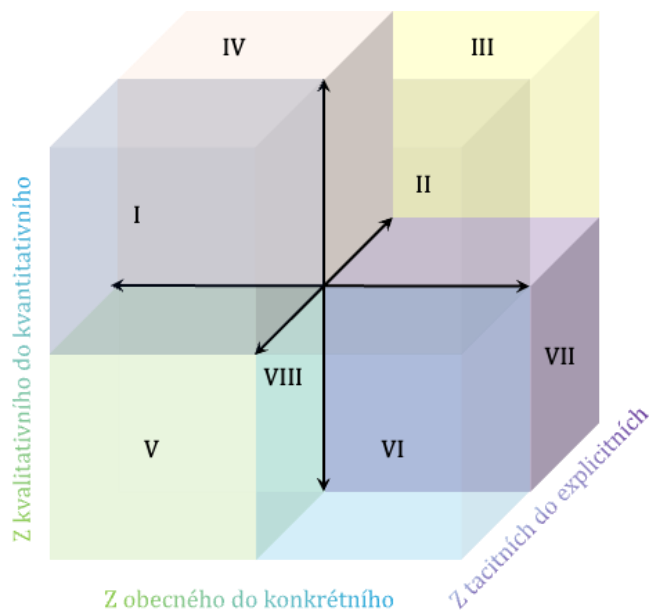
Obrázek 17 Vývojový diagram metody PRISMA (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Bureš, 2022))

Obrázek 18 shrnuje formální typ analýzy, který představuje prostor systémové dynamiky a interakcí řízení znalostí. V publikovaných člancích lze identifikovat tři základní dimenze, a to:

- Typ modelování SD se dělí na vývoj kvalitativních nebo kvantitativních modelů (tj. diagramů CLD nebo SFD).

- Životní cyklus znalostí od identifikace nebo vytvoření znalostí až po jejich aplikaci nebo nahrazení. Konkrétní návrh této dimenze závisí na modelu znalostního procesu, který je pro danou aplikaci zvolen.
- Práce s tacitními nebo explicitními znalostmi.

Ačkoli se osmiúhelník na obrázku 18 skládá z osmi kvadrantů, jejich počet lze zvýšit na základě počtu zahrnutých znalostních procesů nebo rozšíření třetí dimenze o implicitní znalosti. Obsah kvadrantů je samovypovídající. Například kvadrant V se zabývá využitím CLD diagramů k zachycení tacitních znalostí v organizacích, jak je zkoumáno například v (Bureš & Brunet-Thornton, 2009). Kvadrant I zahrnuje studie zaměřené na kvantitativní modelování identifikace nebo rozpoznávání znalostí, jak je uvedeno například v (Demarest, 1997). Jednotlivé studie se navíc nemusí nacházet pouze v jednom kvadrantu. Mnoho prací se například zabývá sdílením znalostí, které lze spojit spíše s počátečním procesem, jako je vývoj znalostí nebo aplikační spektrum osy x (např. (Jennex & Smolnik, 2011)). Umístění tak může být poměrně subjektivní úlohou. Existují také studie, které pracují s celým spektrem jedné osy, například uplatňují kvalitativní i kvantitativní modelování, nebo se zaměřují na všechny znalostní procesy (např. (Costa & Monteiro, 2016)).



Obrázek 18 Identifikovaný prostor dynamiky systémů a řízení znalostí (spoluautorská tvorba, přeloženo z ((Zanker & Bureš, 2022))

Fulltextová analýza potvrdila rozdělení modelů do dvou hlavních kategorií a to:

- Skupina SD modelů, které se zabývají dynamickými otázkami spojenými s tématy řízení znalostí (procesy řízení znalostí, aplikace znalostí atd.) - skupina A;
- Soubor SD modelů, které se používají jako samotné znalosti; model slouží k zachycení doménově orientovaných znalostí – skupina B.

Z fulltextové analýzy navíc vyplynula třetí skupina modelů, která spadá do obou předchozích kategorií. Modely tedy obsahují prvky znalostního managementu (např. úroveň znalostí, sdílení znalostí, ukládání znalostí atd.), a zároveň modely zachycují znalosti o modelovaných systémech – skupina C. Do skupiny A bylo zařazeno 26 modelů, do skupiny B 18 modelů a do skupiny C 3 modely.

Tabulka 8 Přehled článků skupiny A (spoluautorská tvorba, přeloženo z ((Zanker & Bureš, 2022))

Citace	Použitý diagram	Použitý software	Modelované části KM	Důvod použití SD modelu
(Ahuja a kol., 2004)	CLD	Nespecifikováno	Schopnost rozpoznávání znalostí, Schopnost získávání znalostí, Schopnost transformace, Schopnost aplikace znalostí	Pro navrhnutí strategií managementu
(Barforoush a kol., 2020)	SFD	Vensim	Znalostní management, Sdílení znalostí	Pro vyhodnocení obchodních strategií
(Bi & Yu, 2008)	CLD	Nespecifikováno	Akumulace znalostí, Sdílení znalostí, Konverze znalostí, Učení organizace, Kapacita znalostního managementu	Pro analýzu dynamického vývoje absorpční kapacity IT
(Follador & Trabasso, 2016)	CLD & SFD	Vensim	Generování znalostí, Sdílení znalostí, Archivace znalostí, Transfer znalostí, Použití znalostí	Pro představení KMS
(Hong & Gao, 2015)	CLD & SFD	Vensim	Mezera ve znalostech, Sdílení znalostí a související proměnné	Pro popsání procesu sdílení znalostí mezi interními členy aliance
(Honnutagi a kol., 2012)	CLD	Nespecifikováno	Znalostní management	Pro vizualizaci a analýzu hodnocení kvality vysokoškolského inženýrského vzdělávání
(L. Chen & Fong, 2013)	CLD & SFD	Stella & Nespecifikováno	Dosažení možností znalostního managementu, Získávání znalostí, Odezva znalostního managementu, Znalostní procesy, Úprava znalostí	Pro zachycení osvědčených postupů v oblasti vzdělávání rozvinutých schopností řízení znalostí
(L. Chen & Fong, 2015)	SFD	Stella	Model je stejný jako předchozí model od stejných autorů.	Pro provedení případové analýzy
(Jonkers & Eftekhari Shahroudi, 2021)	CLD	Vensim	Míra ztráty znalostí, Nosná kapacita znalostí, Míra transferu znalostí, Míra generování znalostí	Pro podporu rozhodování za pomoci vizualizace příčinných vztahů
(Kundapur & Rodrigues, 2010)	CLD & SFD	Vensim	Kvalita systému znalostního managementu, Spokojenost znalostního pracovníka, Základna znalostních pracovníků	Pro porozumění přínosů znalostních pracovníků
(P. Kundapur, 2012)	SFD	Vensim	Znalostní pracovníci a související proměnné	Pro porozumění cyklu znalostních pracovníků
(H. Liu a kol., 2020)	CLD & SFD	Vensim	Množství přenesených znalostí, Ochota přijímat znalosti, Ochota odeslat znalosti, Úroveň znalostí	Pro modelování praxe inovací v megaprojektech

Tabulka 8 Pokračování

Citace	Použitý diagram	Použitý software	Modelované části KM	Důvod použití SD modelu
(Naseem & Shah, 2020)	CLD & SFD	Stella	Znalostní management, Transfer znalostí, Sdílení znalostí, Uložiště znalostí, Získávání znalostí, Zpřesňování znalostí, Sjednocení znalostí	Pro zachycení příčinných souvislostí při využívání znalostního managementu v organizacích
(Nezafati a kol., 2009)	CLD & SFD	Vensim	Individuální tacitní znalosti, Tacitní znalosti organizace, Individuální explicitní znalosti, Explicitní znalosti organizace	Pro sledování úrovně znalostí uvnitř organizace
(Otto, 2012)	CLD & SFD	Vensim	Nové znalosti, Existující znalosti, Tvorba znalostí	Pro zachycení ochoty sdílení znalostí
(Rich & Duchessi, 2001)	CLD	Vensim	Znalosti organizace, Znalosti jednotlivce	Pro zachycení příčinné souvislosti mezi individuálními znalostmi a znalostmi organizace
(Sveen a kol., 2007)	CLD	Vensim	Učení se z eventů a incidentů	Jako nástroj pro rozvoj udržitelných znalostí a transferu znalostí
(Weck a kol., 2022)	SFD	Nespecifikováno	Znalostně založené aktivity	Pro podporu rozhodování v oblasti řízení znalostí
(B. Wu & Gong, 2019)	CLD & SFD	Vensim	Schopnost rozpoznávání znalostí, Schopnost získávání znalostí, Schopnost transformace znalostí	Pro navrhnutí strategie řízení
(Xia a kol., 2016)	CLD	Nespecifikováno	Míra individuálního učení, Individuální znalosti	Pro modelování vztahu mezi znalostí a úkoly
(Xiuhong, 2013)	CLD	Nespecifikováno	Úroveň znalostí dodavatele, Míra transferu znalostí, Úroveň znalostí	Pro simulaci transferu znalostí
(Zaim a kol., 2013)	CLD	Vensim	Generování znalostí, Znalostní sklad, Transfer a sdílení znalostí, Úprava znalostí	Pro zachycení interakce mezi procesy znalostního managementu
(Zhai, 2013)	SFD	AnyLogic	Znalosti studenta, Znalosti lektora, Mezera ve znalostech, Transfer znalostí	Pro zachycení přenosu znalostí mezi lektorem a studentem
(X. Zhang, 2014)	CLD	Vensim	Inventář explicitních znalostí a Inventář tacitních znalostí lektorů a studentů	Pro zachycení přenosu znalostí mezi lektorem a studentem

Tabulka 9 Přehled článků skupiny B (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Bureš, 2022))

Citace	Použitý diagram	Použitý software	Důvod použití SD modelu
(Armenia & Loia, 2021)	CLD	Vensim	Jako součást modelu řízení externích a interních znalostí
(Corben a kol., 1999)	CLD & SFD	iThink	SD model slouží pro proces rozvoje znalostí a koordinaci operačních pravidel
(Edwards a kol., 2009)	CLD	Nespecifikováno	Pro přípravu informací pro další analýzy na základě inventarizace klinického a technologického prostředí a zvýšení efektivity znalostního managementu
(Fernández-López a kol., 2018)	CLD & SFD	Vensim	Pro zachycení znalostního managementu na univerzitách
(Jafari a kol., 2012)	CLD & SFD	Vensim	Pro zachycení a pochopení komplexního sociálního a ekonomického chování trhu otázek a odpovědí
(Kopainsky a kol., 2017)	CLD	Vensim	Pro zachycení místních znalostí
(Kristekova a kol., 2012)	CLD & SFD	Powersim	Pro znázornění a zprostředkování složitých vztahů mezi důležitými konstrukcemi v rámci změny podnikových procesů.
(Labeledz a kol., 2011)	SFD	Vensim	Jako nástroj k pochopení vztahů mezi proměnnými na konkrétním trhu
(Miczka & Größler, 2010)	SFD	Vensim	Pro vysvětlení fáze integrace po fúzi
(Mishra & Mahanty, 2016)	SFD	Stella	Pro zachycení znalostí při vývoji softwaru
(Mishra & Mahanty, 2019)	CLD & SFD	Stella	Pro zachycení znalostí v outsourcovaném odvětví vývoje softwaru
(Powell & Swart, 2005)	CLD	Nespecifikováno	Pro zachycení znalostí v několika různých částech managementu
(Rodriguez a kol., 2006)	CLD & SFD	Vensim	Pro zachycení znalostí souvisejících s vývojem nového úspěšného produktu
(Schmitt, 2020)	SFD	AnyLogic	Jako součást hybridního modelu systému managementu znalostí

Tabulka 9 Pokračování

Citace	Použitý diagram	Použitý software	Důvod použití SD modelu
(Swart & Powell, 2006)	CLD	Nespecifikováno	Pro zachycení požadavků na znalosti
(Swart & Powell, 2012)	Nepoužito	Nepoužito	Pro zachycení chování znalostí v systému
(Yan, 2018)	SFD	Vensim	Jako systém pro podporu rozhodování
(Yim a kol., 2004)	CLD & SFD	Vensim	Jako systém pro podporu rozhodování

Tabulka 10 Přehled článků skupiny C (spoluautorská tvorba, přeloženo z ((Zanker & Bureš, 2022))

Citace	Použitý diagram	Použitý software	Modelované části KM	Důvod použití SD modelu
(Hafeez & Abdelmeguid, 2003)	CLD & SFD	Vensim	Úroveň znalostí Úroveň znalostí, Znalosti v procesu, Mezera ve znalostech	Pro získání znalostí o dynamice lidských zdrojů
(Mishra & Mahanty, 2014)	SFD	Stella	Transfer znalostí, Úroveň znalostí organizace, Míra učení	Pro zachycení znalostí v projektu reengineeringu
(Spanemberg a kol., 2021)	CLD & SFD	Stella	Sdílení znalostí, Uložiště znalostí, Explicitní znalosti, Tvorba znalostí, Úprava znalostí	Pro pochopení vztahu mezi procesy managementu znalostí a managementu lidí.

3.3.1 Skupina A

Byznys

Modely SD související s byznysem se zaměřují na různá témata a uplatňují se v poměrně rozmanitých ekonomických odvětvích. Jako příklad může posloužit rafinerie ropy nebo letecký průmysl. Barforoush a kol. (2020) v práci použili kombinaci metod fuzzy delphi a systémové dynamiky k zachycení komplexnosti rozvoje ekologické společnosti v odvětví rafinace ropy. Zde prezentovaný SD model je hybridem CLD a SFD s uvedenými polaritami a prvky SFD. Model se skládá především z proměnných o výkonnosti firmy, přičemž menší část je věnována řízení znalostí. Hlavní výsledky ukazují, jak je efektivita zeleného podnikání ovlivněna rozpočtem pro zelené podnikání. Zaim a kol. (2013) se zaměřili na letecké

společnosti, vyvinuli a představili model se třemi vzájemně závislými složkami. První část je věnována řízení znalostí s důrazem na KMP a jeho vstupy. Druhá část je věnována obchodním postupům obecně. Poslední a nejméně obsáhlá část je věnována letectví. Autoři pomocí modelu předpovídají budoucí vývoj transformace letecké společnosti. Z článku vyplývá, že činnosti založené na znalostních procesech mají vzájemnou pozitivní vazbu. Kromě toho vykazují pozitivní vztah i organizační výkonnost a činnosti.

Z hlediska hlavního zaměření se vyvinuté modely zabývají vlastnostmi podniku, jako je kreativita, flexibilita, schopnost sdílení znalostí, vhodnost nebo ziskovost. Do modelů jsou zahrnuty i další související ukazatele. Například B. Wu a Gong (2019) vytvořili CLD a SFD s cílem zachytit dynamiku kreativity v otevřené komunitě Xiaomi OIC. Autoři prezentují dva SD diagramy. První z nich je subsystém věnovaný širokým vztahům řízení znalostí, přičemž většina proměnných se věnuje řízení znalostí a menší část obchodním operacím. Na základě předchozího CLD pak autoři vytvořili SFD rozšířený o proměnné modelu zaměřeného na KMP o hladiny a toky soustředující se na podnikové procesy. Na základě vytvořených modelů a primárních zjištění autoři navrhuje vytvoření a rozvoj strategií řízení otevřených inovačních komunit. Ahuja a kol (2004) zkoumali vztah mezi řízením znalostí a organizační flexibilitou. Za tímto účelem autoři vypracovali CLD, ve kterém se soustředili na znalostní proměnné, odlišné fáze procesů a technologickou složku podniku. Výsledkem ze simulace je úroveň výkonnosti podniku v různých scénářích s různou mírou využití KM. Autoři uvádějí, že CLD lze využít pro hodnocení různých dlouhodobých strategií pro efektivní zavádění organizační flexibility. Rich a Duchessi (2001) se specializovali na řízení znalostí v poradenských firmách. Autoři navrhli CLD speciálně pro toto téma, které se věnuje KM, osobním znalostem a podnikovým znalostem. Ve schématu pracují s proměnnými týkajícími se lidských zdrojů (KM) a pracovních úkolů z neznalostního hlediska. Výstupem modelu je predikce ziskovosti modelované společnosti. Hong a Gao (2015) se zaměřili na možnosti sdílení znalostí v cloud computingu. Autoři začali vývojem CLD zaměřeného na KMP, KM a kvalitu mezipodnikových partnerství. Na základě vytvořené CLD autoři zkonstruovali SFD, v němž charakterizovali výměnu znalostí

a požadavek na znalosti jako hladiny. Jako výstupy ze simulace autoři uvedli úroveň likvidity výměny znalostí, úroveň bariéry vyžadující znalosti a úroveň mezery ve znalostech. Follador a Trabasso (2016) hodnotili vhodnost KM pro letectvo. Autoři vytvořili CLD popisující KMP. Poté vytvořili SFD, který se zaměřuje především na faktory související s KM a KMP a zahrnuje proměnné týkající se lidských zdrojů, pracovní zátěže a vzdělávání zaměstnanců. Výsledky simulace předjímají celkový stupeň znalostí organizace a úroveň přenosných znalostí.

Jako poslední perspektivu, kterou lze použít při analýze identifikovaných studií, lze uvést vnitro organizační soubor činností KM. Autoři těchto prací se zabývají aktivitami, jako je predikce hodnot KM, učení, sdílení a výměna znalostí, nebo měření znalostí. Například L. Chen a Fong (2013) představili CLD s širokým zaměřením na KMP, které následně aplikovali na SFD. Předložený SFD se skládá především z KMP a práce se znalostmi, přičemž menší část modelu je věnována podnikovým procesům. Následně autoři demonstrují, jak byl vytvořený SFD využit ve třech stavebních podnicích různé velikosti. Hlavní výstup ze simulace představuje predikci hodnot znalostního managementu podle různých scénářů v časovém horizontu šesti let. Otto (2012) se zaměřuje na meziorganizační učení a pro ilustraci tohoto konceptu vytvořil různé SD diagramy. První CLD zkoumá spolupráci dvou organizací a vliv jejich motivací a chování. První SFD částečně vychází z prvního CLD a je vytvořen z pohledu jednoho podniku. Autor poté navrhl CLD zaměřený na důvěru farmaceutické společnosti. Následně studie představuje řadu scénářů založených na různém množství důvěry a informací. Výsledky ze simulace umožňují porozumět hlavním faktorům získávání znalostí ve strategických aliancích. H. Liu a kol. (2020) se ve své práci soustředili na výměnu znalostí mezi řadou institucí v kontextu inovačních megaprojektů. Autoři zkonstruovali model CLD, který reprezentuje proces výměny informací mezi výzkumnými ústavami, univerzitami a podniky. Autoři na základě CLD vytvořili SFD, v němž klasifikovali úrovně znalostí dříve uvedených institucí jako hladiny. Výstupem simulace jsou jednotlivé úrovně znalostí a množství přenesených znalostí. Simulace přinesla různé znalosti dostupné pro výzkumné instituce, univerzity a další podniky. Nezafati a kol (2009) vytvořili model SD pro měření znalostí v podnicích na základě modelu

Nonaky a Takeuchiho. Jako hladiny jsou ve vytvořeném SFD použity znalosti na úrovni jednotlivce a firmy. V návaznosti na to se autoři zabývali CLD, přičemž kladli důraz na učení zaměstnanců a motivaci k individuálnímu učení. Sestavený model pak autoři použili na údaje z 68 různých podniků. Modely a související simulace zachycují různé úrovně znalostí, hodnoty znalostí a tempo transformace znalostí.

Vzdělávání

Obecně se SD ve vzdělávání uplatňuje v široké rovině. CLD se používají především ve společenských vědách, obchodu nebo ekonomii. Z hlediska KM byl však identifikovaný soubor prací v této skupině zaměřen výhradně na vzdělávání v technické oblasti. Honnutagi a kol. (2012) navrhli CLD pro tento vzdělávací obor, který je rozdělen do sedmi hlavních částí, z nichž jedna je věnována KM. Autoři zachycují atributy a ukazatele bakalářského technického vzdělávání. X. Zhang (2014) vytvořil model SD se čtyřmi subsystemy (subsystem výuky, subsystem technologických inovací, subsystem kultury kampusu a subsystem sociálních služeb), který zahrnuje proměnné týkající se KM a KMP. Následně autor podrobně popsal a interpretoval jednotlivé smyčky modelu. Primární výsledky této studie mají potenciál podpořit inovační procesy posílením sdílení znalostí a poskytováním zdrojů mezi instituty. Zhai (2013) se zaměřil na předávání znalostí v inženýrském a technologickém vzdělávání na univerzitní úrovni. Autor vyvinul SFD k usnadnění přenosu informací mezi profesory a studenty a začlenil do něj KMP. Simulace generuje výstupy, jako je úroveň mezery ve znalostech a průměrná úroveň znalostí. Autor upozorňuje na možnosti motivačních a přenosových prahů pro zlepšení efektivity výuky.

Manažerské disciplíny

SD byla uplatněna v různých manažerských subdisciplínách, které byly zkoumány jak kvalitativně, tak kvantitativně. Jmenovitě lze uvést strategické řízení, řízení lidských zdrojů, řízení incidentů, projektové řízení, řízení dodavatelských řetězců nebo řízení IT. Například L. Chen a Fong (2015) zkoumali předpoklady týkající se výkonnosti systémů řízení znalostí. Autoři na základě výsledků

vytvořených analýz vytvořili SFD se zaměřením na KMP. Tento model se skládá ze sedmi vzájemně propojených úrovní, z nichž většina představuje různé aspekty KM a KMP. Autoři vytvořili model, v němž simulace umožňuje vývoj konfigurací a nastavení strategie KM a vývoj výkonnosti KM v čase. Naseem a Shah (2020) se zaměřili na řízení znalostí v oblasti řízení lidských zdrojů. Vyvinuli specifický CLD zaměřený na KMP a HR, který funguje jako samo posilující se smyčka, pro validaci metodiky této studie. Autoři pak vyvinuli druhou CLD, v níž rozpracovali KMP, HR a základní podnikové procesy. Autoři pak vytvořili SFD se dvěma hladinami, jednou pro produktivitu zaměstnanců a druhou pro znalosti zaměstnanců. Výsledkem simulace je vývoj hodnot vytvořených úrovní. Sveen a kol. (2007) se ve své práci zaměřili na řízení znalostí v oblasti řízení incidentů. Realizovali to vytvořením CLD složeného ze sedmi vzájemně propojených smyček. Zatímco většina smyček je zaměřena na řízení incidentů, dvě jsou soustředěny na získávání znalostí z událostí a incidentů. Výsledkem simulace je celkový počet incidentů a jejich hlášení v čase. Jonkers a Shahroudi (2021) zkonstruovali modely SD se zaměřením na řízení projektů a na základě těchto modelů vyvinuli letecký simulátor projektu a produktu. Autoři nejprve představili CLD ve formě dvou smyček, které jsou zaměřeny na letecký simulátor obecně. Poté autoři vyvinuli SFD v oblasti strategií a nebezpečí na základě paradigmatu Predátor-Kořist. Výsledný model je rozdělen do mnoha částí, z nichž jedna je věnována KM a KMP v kontextu formulace strategie a řízení rizik. Bi a Yu (2008) vytvořili model zaměřený na absorpční schopnost informačních technologií. Autoři představili na toto téma sestavený CLD. Model je rozdělen do šesti hlavních částí, z nichž pět se věnuje absorpční kapacitě IT a jedna řízení znalostí a procesům řízení znalostí. Vytvořený model zdůrazňuje, že absorpce IT představuje dynamický cirkulační proces s identifikovatelným spirálovitým trendem. Xiuhong (2013) se zabýval přenosem znalostí v rámci celého dodavatelského řetězce. Autor zkonstruoval CLD, v němž zkoumal KMP a jejich vztah k různým účastníkům dodavatelského řetězce. Výsledky simulace umožňují analyzovat množství přenesených znalostí uvnitř dodavatelského řetězce.

Specifický soubor studií se zaměřil na jednotlivé znalostní pracovníky a jejich práci. Například Xia a kol. (2016) se zaměřili na aplikaci KMP na individuální

znalosti. Autoři nejprve vytvořili CLD model individuálního učení, na jehož základě vytvořili agentově orientovaný model mezilidské komunikace. Výstupem modelů je úroveň získaných znalostí a splnění úkolů. Kundapur a Rodrigues (2010) navrhli model úspěšnosti pro systémy řízení znalostí (KMS). K zachycení aspektu kvality služeb KMS použili CLD. V návaznosti na to se autoři zabývali SFD s důrazem na znalostní základnu pracovníků. Autoři popisují potenciál SD pro systémy KM. Další článek, který zpracovala Kundapur (2012), se zaměřil na akceptaci KMS ze strany zaměstnanců prostřednictvím vývoje KMP se zaměřením na SFD z pohledu zaměstnanců. Výsledkem simulace tohoto modelu je predikce počtu znalostních pracovníků, a to jak nových, tak i těch kvalifikovaných.

3.3.2 Skupina B

Analogicky ke skupině A zahrnuje tato skupina studie z různých odvětví ekonomie. Autoři těchto prací ukazují, že KM a SD mohou být propojeny v různých prostředích a oblastech. Například Corben a kol. (1999) použili SD k charakteristice znalostních procesů v ropném průmyslu. Kde nejprve použili CLD k zachycení znalostí týkajících se účinnosti těžby ropy a poté na stejné téma vytvořili SFD. Následně začlenili znalosti do tvorby pravidel. Kopainsky a kol. (2017) použili SD k dokumentaci domorodých znalostí v zambijské komunitě drobných zemědělců. Autoři článku vytvořili CLD na workshopech za pomoci místních zemědělců. Autoři iterovali stejný koncept pomocí různých workshopů s různými účastníky. Hlavní výsledek představuje nástin potenciálu zachycení znalostí ve venkovských oblastech. Labeledz a kol (2011) použili SD ke sběru informací o trhu s ojetými a novými vozidly. V SFD se používají dvě hladiny: počet ojetých automobilů a potenciálních kupujících. Druhý SFD se zaměřuje na trh nových automobilů a je rozdělen do čtyř hladin: potenciální spotřebitelé, výrobci nových automobilů, nové automobily a ojeté automobily. Následně autoři představují CLD se záměrem zachytit znalosti o environmentálních otázkách v automobilovém sektoru. Fernández-López a kol. (2018) kladou důraz na strategické řízení znalostí a jeho vliv na výkonnost univerzit. Autoři využívají CLD k zachycení informací o uplatňování KMP na vysokých školách, jakož i o přechodu dat na znalosti a znalostí na data. Autoři prezentují SFD za použití tří hladin: neseskupených dat, seskupených dat a

původních znalostí, na základě vytvořeného CLD. Pomocí simulace mohou autoři predikovat vývoj vědecké tvorby španělských univerzit.

Podpora rozhodování

Některé nalezené studie se zabývají podporou rozhodování nebo rozhodováním. Yan (2018) vytvořil standard pro podporu rozhodování v oblasti řízení znalostí. Navržený model zahrnuje externí zdroje, externí faktory, rozhodnutí založená na zdrojích řízení, výkonnost a model SD. Model SD plní v tomto rámci funkci transformace vstupů pro rozhodování a výkonnost. Navržená část modelu zahrnuje poznatky týkající se vývojových stádií klientů, od neznalosti až po loajalitu. Výstupy modelu zahrnují počet různých druhů klientů a úroveň prodeje těmto spotřebitelům. Yim a kol. (2004) kladli důraz na rozhodování založené na znalostech prostřednictvím aplikace SD. Autoři použili CLD k získání znalostí o ziskovosti místní telekomunikační firmy. Na základě tohoto modelu vytvořili SFD s úrovněmi zachycujícími proměnné jako zákazníci, zisk, služby a znalosti. Výstupem simulace je předpověď počtu zákazníků.

Manažerské úlohy

V prezentovaných studiích jsou zahrnuty různé manažerské úlohy. Ukazují, že KM a SD se dotýkají témat z různých manažerských oblastí. Například Armenia a Loia (2021) poskytli systém pro správu externích a interních znalostí, který zahrnuje SD pro správu extrahovaných externích znalostí i extrahovaných tacitních nebo implicitních znalostí. Tento systém zahrnuje osoby, automatizované postupy a shluky dat. Schmitt (2020) vyvinul systém správy znalostí využívající hybridní model. Autor využívá systémovou dynamiku, diskrétní modelování a agentové modelování. Autor modeluje osobní systém správy znalostí pomocí SD paradigmatu a zachycuje jej pomocí SFD. Autor v tomto SFD zobrazuje proces vývoje a získávání tacitních znalostí. Dále Kristekova a kol (2012) sjednotili poznatky z případových studií o zlepšování podnikových procesů pomocí SD. Autoři vycházejí z proměnné nazvané morálka zaměstnanců. Tato proměnná slouží jako ukotvení pro ostatní proměnné týkající se změny podnikových procesů v CLD. Kromě toho autoři na

základě předloženého modelu představují SFD. Autoři navrhuji použít SD jako vhodný přístup k demonstraci a zprostředkování komplexních vztahů. Rodrigues a kol. (2006) ukazují, jak využít SD ke shromažďování znalostí v procesu řízení změn vývoje nových produktů. Autoři popisují CLD věnovaný výhradně vývoji nových produktů. Na základě tohoto modelu autoři vytvořili SFD se zaměřením na pracovní postupy a příjmy a výnosy. Výstupem simulace je prognóza množství práce, která má být dokončena, počet dokončených projektů a dosažený zisk. Powell a Swart (2005) ve své práci představují CLD, v němž autoři zachycují znalosti o mnoha složkách různých typů řízení a jejich vzájemné závislosti. Jednotlivé smyčky z hlavního diagramu rozdělují do sekcí a popisují je. Příkladem může být zlepšování řízení rizik a zlepšování služeb. Na základě této publikace autoři vydali další článek (Swart & Powell, 2006), v němž podrobně popisují funkce jednotlivých smyček. Obě studie přinášejí návrh metodiky pro aplikaci SD v KM.

Různé znalostní oblasti

V této skupině jsou studie, které je obtížné zařadit, protože se zabývají zcela specifickými otázkami nebo představují aplikaci v určité oblasti. Například Edwards a kol (2009) představili postup pro zlepšení porozumění pacientů s diabetem, který zahrnuje inventář klinické oblasti, inventář technologické oblasti, model SD a analýzy. Model SD se dělí na dvě podmnožiny: inventář klinického prostředí a inventář technologického prostředí. Výstupy modelu SD jsou dále vyhodnocovány pomocí technik, jako je leverage analýza. Autoři v článku navrhuji nově vytvořený CLD, který zachycuje souvislosti mezi zdravotními problémy a premorbiditami. Miczka a Größler (2010) integrovali zlomkovou znalostní bázi pomocí SD. Autoři článku se zabývali mnoha složkami modelu SFD. Mezi těmito komponentami lze nalézt subsystém věnovaný přenosu schopností po fúzi. Kromě toho autoři představují CLD, koncept, který zachycuje odborné znalosti v oblasti motivace pro spolupráci více zainteresovaných stran. Hlavním zjištěním této studie je, že SD má potenciál dosáhnout vyšší úrovně konzistence v procesu konceptuální integrace. Swart a Powell (2012) rozvíjejí model chování znalostí v systému. Tento článek přímo nezachycuje model dynamiky systému. Autoři však v celé studii využívají

principy SD a prezentovaný model je částečně založen na rovnicích, které se podobají těm, které se nacházejí v rovnicích úrovně SFD. Navržený model je založen na toku znalostí mezi uzly, který je charakterizován pomocí derivací, integrálů a lineárních rovnic. Autoři modelují KMP především s využitím aproximací SD a diagramu SFD z hlediska struktury rovnic SFD.

Softwarové inženýrství

Aplikace KM v oblasti vývoje softwaru představuje běžný přístup v současném byznysu. Objevují se i pokusy o zapojení SD do procesu. Například Jafari a kol. (2012) se zaměřili na rozvoj znalostí prostřednictvím SD v oblasti otázek a odpovědí. Autoři v tomto článku představují fungování platformy otázek a odpovědí se zaměřením na CLD. Proměnnými zahrnutými v modelu jsou výplata spotřebitele a výplata experta. Autoři vytvořili SFD na základě CLD, v němž použili úrovně reprezentující otázky, zodpovězené otázky, zisk firmy a školení. Simulace SFD vytváří hodnoty pro zodpovězené otázky, predikci odpovědí, reputaci výzkumu a spokojenost tazatele. Mishra a Mahanty (2016) použili SD k dokumentaci dovedností při vývoji softwaru. Díky externímu zadávání do nízkonákladových destinací byli autoři schopni kontrolovat náklady, harmonogramy a kvalitu projektu. Autoři poskytují SFD, přičemž v této práci kladou důraz na odvětví vývoje softwaru a zachycují některé poznatky o tomto odvětví. Mishra a Mahanty (2019) se v další práci zaměřují na outsourcing softwaru. Autoři shromažďují odborné znalosti pro toto odvětví z různých dílčích odvětví, včetně řízení lidských zdrojů, kontroly, odhadů a vývoje softwaru.

3.3.3 Skupina C

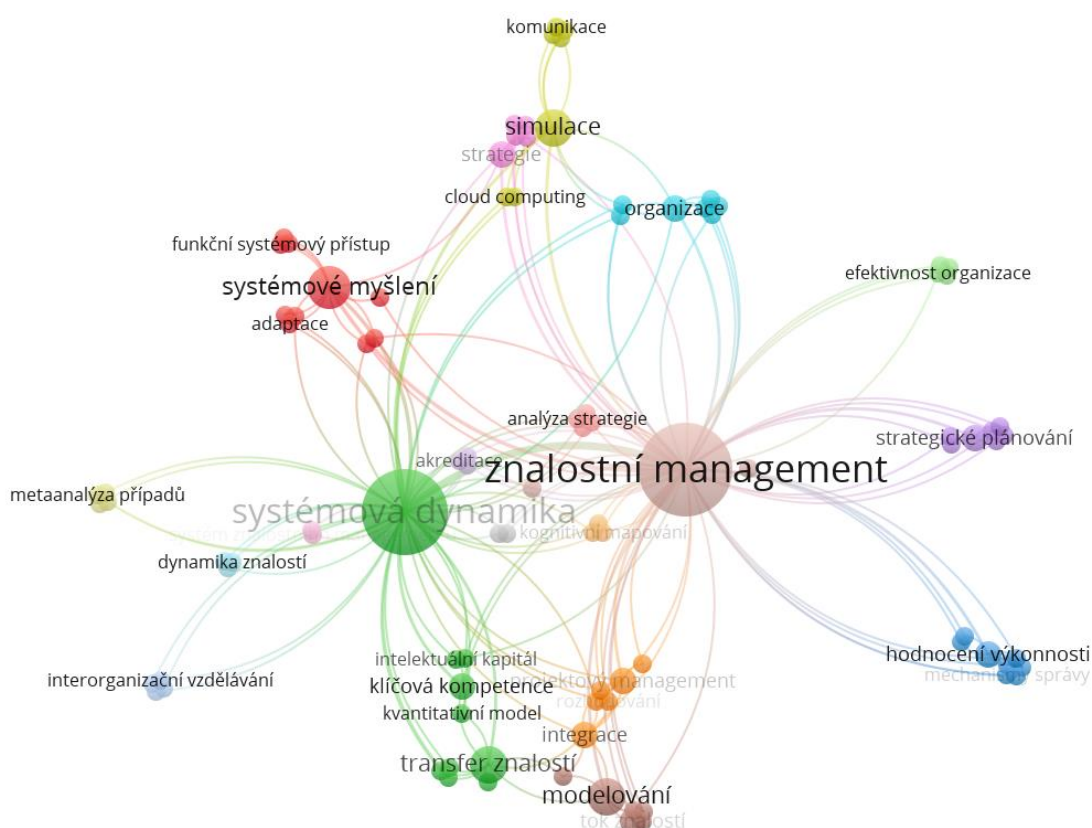
Tato podmnožina modelů se vyznačuje tím, že používá výrazy KM, KMP, a zároveň zapouzdřuje doménové znalosti. Jak dokládá rozložení článků, je tato skupina ve srovnání s ostatními dvěma poměrně malá. Tyto články patří do kategorie, v níž je systémová dynamika využívána pro účely modelování KM nebo KMP, nicméně vzhledem k seskupení bylo nutné pro tyto články vytvořit samostatnou podskupinu, protože formálně patří do obou předchozích skupin.

Spanemberg a kol. se ve své práci (Spanemberg a kol., 2021) zabývali odborností pracovníků v dílnách. Znalosti spojené s touto činností zachytili pomocí CLD, kde k vymezení proměnných použili myšlenky KM a KMP. Tento model navíc zahrnuje proměnné spojené s pracovníky dílny. Na základě modelu CLD byl zkonstruován SFD, který zachycuje více znalostí o výzkumné problematice. Simulace modelu vytváří předpovědi o stavech proměnných, jako jsou náklady spojené se školením zaměstnanců, zisk nebo samostatnost zaměstnanců. Hafeez a Abdelmeguid (2003) zdůraznili význam dokumentování znalostí o dynamice lidských zdrojů. Autoři zavedli CLD s důrazem na řízení znalostí uvnitř organizace a SFD s důrazem na úroveň personálu a vzdělávání. Autoři prezentovali dovednosti zaměstnanců za jednotku času a chování zaměstnanců pomocí tohoto modelu. Článek Mishry a Mahantyho (2014) koncepčně navazuje na jejich dříve publikované články. Autoři tohoto článku se zabývali tím, jak využít CLD k zachycení znalostní práce v průběhu reengineeringového projektu. V návaznosti na to autoři navrhují SFD s důrazem na odvětví reengineeringu softwaru, přičemž úrovně představují již rozpracované úkoly a chybně rozpracované úkoly.

3.3.4 Syntézy

Bibliografická syntéza publikací uvedených v tabulce 8 byla provedena pomocí programu Vosviewer (2021). Klíčové slovo "systems dynamics" bylo změněno na "system dynamics" ve třech případech, a to ze dvou důvodů. Prvním důvodem byla definice klíčového slova a skutečnost, že obě slovní spojení měla v kontextu článků stejný význam. Druhým důvodem úpravy byla výpovědní hodnota bibliografické syntézy. Pokud by byl ponechán původní výraz, vznikly by dva uzly se stejným významem, čímž by bibliografická syntéza ztratila smysl. Tři články byly z bibliografické syntézy vynechány z důvodu absence klíčových slov. Výsledek bibliografické syntézy je znázorněn na obrázku 19. Jak je patrné z obrázku, nejčastěji používanými klíčovými slovy byly SD a KM. Pravá strana obrázku 19 znázorňuje použití klíčového slova "modelování", které je spojeno s řízením znalostí. Lze jej považovat za slovo na vyšší úrovni abstrakce než SD ve vytvořené bibliografické syntéze. Následující články jsou příklady pro vybrané klastry: Systémové myšlení (Corben a kol., 1999; Kopainsky a kol., 2017); Simulace (Fernández-López a kol.,

2018; Hong & Gao, 2015); Strategické plánování (Labeledz a kol., 2011; Powell & Swart, 2005); Modelování (Barforoush a kol., 2020; Kopainsky a kol., 2017; Miczka & Größler, 2010; Mishra & Mahanty, 2016); Řízení znalostí (Corben a kol., 1999; Hafeez & Abdelmeguid, 2003; Honnutagi a kol., 2012; Labeledz a kol., 2011; Mishra & Mahanty, 2016; Powell & Swart, 2005) a Systémová dynamika (Barforoush a kol., 2020; Corben a kol., 1999; Hafeez & Abdelmeguid, 2003; Hong & Gao, 2015; Honnutagi a kol., 2012; Kopainsky a kol., 2017).



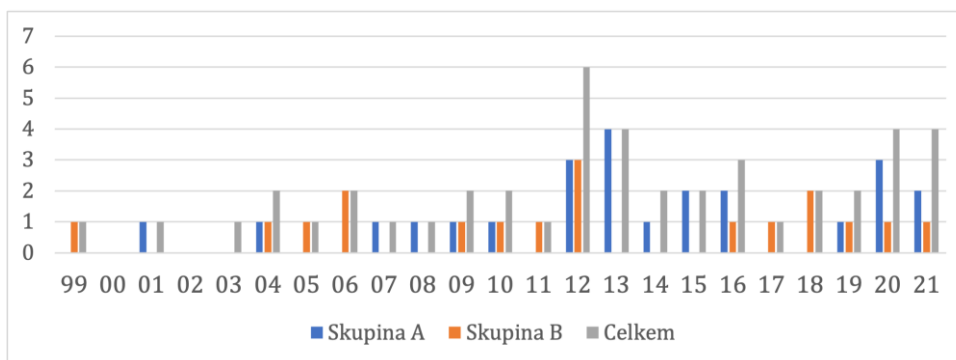
Obrázek 19 Konceptuální mapa (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Bureš, 2022))

Jak naznačuje propojení systémové dynamiky a znalostního managementu, v článcích věnovaných SD a KM se dále objevovala mimo jiné i klíčová slova jako: "incident management", "simulace", "mechanismus řízení", "kognitivní mapování" a "organizační učení". Na základě tohoto průniku a tabulky 8 můžeme vzájemné využívání SD a KM rozdělit do dvou kategorií. První skupinu tvoří odvětví, v nichž se SD a KM ve zkoumaných článcích uplatňovaly. Druhá skupina zahrnuje obory znalostního managementu, v nichž se SD uplatňuje. Oblasti, které tyto kategorie

pokrývají, je třeba posuzovat i z hlediska tabulky 8, protože předmět obou kategorií je poměrně rozsáhlý, a ne všechny průniky lze zaznamenat prostřednictvím bibliografie.

3.3.4.1 Počet příspěvků

Dalším výsledkem syntézy je roční počet publikací. Osa y na obrázku 20 udává počet publikací, osa x udává rok vydání, modrý sloupec označuje články, ve kterých je SD použit jako nástroj pro znalostní management, oranžový sloupec označuje články, ve kterých jsou koncepty KM a KMP začleněny do modelů SD, a šedý sloupec udává celkový počet publikací. Třikrát je v grafu součet modrého a oranžového sloupce menší než celkový součet šedého sloupce. Tato nerovnováha je zapříčiněna proto, že tři články tematicky spadají do obou kategorií, ale nejsou započítány ani v jedné z nich. Jak je znázorněno na obrázku 20, kombinovaná oblast SD a KM je od roku 2008 velmi stabilní. Výraznější odlehle hodnoty lze identifikovat v letech 2012 a 2013, kdy počet publikovaných článků dosáhl historického maxima. V letech 2020 až 2021 lze pozorovat mírně vzestupnou tendenci.



Obrázek 20 Počet příspěvků (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Bureš, 2022))

3.3.4.2 Zhodnocení výsledků systematické rešerše

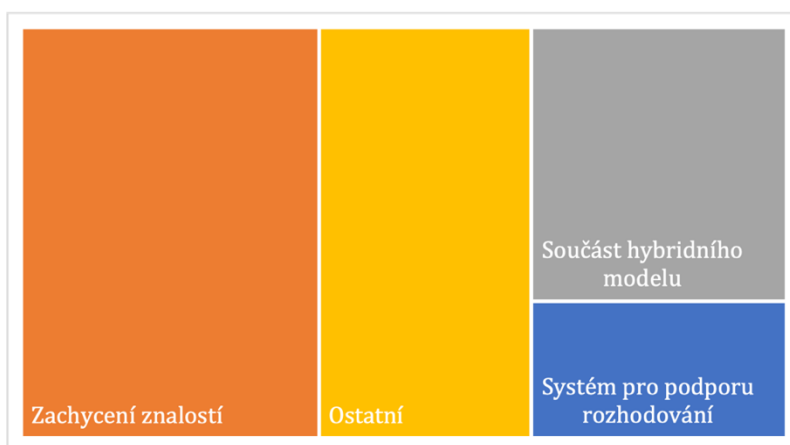
Články lze rozdělit do šesti základních kategorií. První kategorie zahrnuje jak individuální, tak kolektivní znalosti (např. individuální explicitní znalosti, individuální tacitní znalosti, tacitní znalosti organizace). Druhý soubor faktorů zahrnuje ty, které se týkají úložišť, kapacit a zásob znalostí (např. nosná kapacita znalostí, úložiště znalostí). Třetí kategorie zahrnuje znalostní procesy (např.

akumulace znalostí, zdokonalování znalostí, přenos znalostí). Čtvrtou kategorií jsou možnosti znalostí (např. možnost transformace znalostí, možnost získávání znalostí, dosažená schopnost řízení znalostí). Pátá kategorie zahrnuje pojmy týkající se stavu znalostí (např. mezera ve znalostech, úroveň znalostí). Šestá kategorie zahrnuje všechny zbývající nedeklarované proměnné (např. ochota sdělit znalosti, nové znalosti, existující znalosti) Jak je znázorněno na obrázku 21, skupina znalostních procesů je nejrozsáhlejší. Další největší kategorii tvoří zbývající proměnné. Zahrnuje různá témata související s KM. Tato skupina by se mohla dále dělit na menší podskupiny, jako například status pracovníků se znalostmi, který by zahrnoval spokojenost zaměstnanců a jejich touhu sdílet a přijímat znalosti. Další podskupina by se zabývala znalostmi obecně (např. stávajícími znalostmi, novými znalostmi). Tato skupina navíc zahrnuje podskupinu znalostí, která má často svou vlastní kategorii. V tomto případě se však tato podskupina velmi podobá skupině věnované individuálním a skupinovým znalostem. Příkladem jednotlivých kategorií na obrázku 21 jsou následující články: znalostní procesy (Barforoush a kol., 2020; Bi & Yu, 2008; L. Chen & Fong, 2013); sklad, kapacita a inventář znalostí (Ahuja a kol., 2004; L. Chen & Fong, 2013; H. Liu a kol., 2020); individuální a skupinové znalosti (Kundapur & Rodrigues, 2010; H. Liu a kol., 2020; Nezafati a kol., 2009); možnosti znalostí (Ahuja a kol., 2004; L. Chen & Fong, 2013); stav znalostí (Hafeez & Abdelmeguid, 2003; Hong & Gao, 2015; Zhai, 2013).

SD se často používala k získání informací specifických pro danou doménu. Většinou se jednalo o zachycení znalostí konkrétního procesu, jako je vývoj softwaru nebo vytvoření nového úspěšného produktu. Kromě toho do této skupiny patří i sběr místních znalostí, který byl založen na dotazníkovém šetření. Jak je znázorněno na obrázku 22, druhou největší skupinou je využití "ostatní". Jedná se o širokou sbírku malých SD pro aplikace KM. Tato kategorie zahrnuje aplikaci SD od nejranější fáze integrace po fúzi, přes zachycení požadavků na znalosti až po koordinovanou formulaci provozních pravidel.



Obrázek 21 Typy proměnných znalostního managementu (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Bureš, 2022))

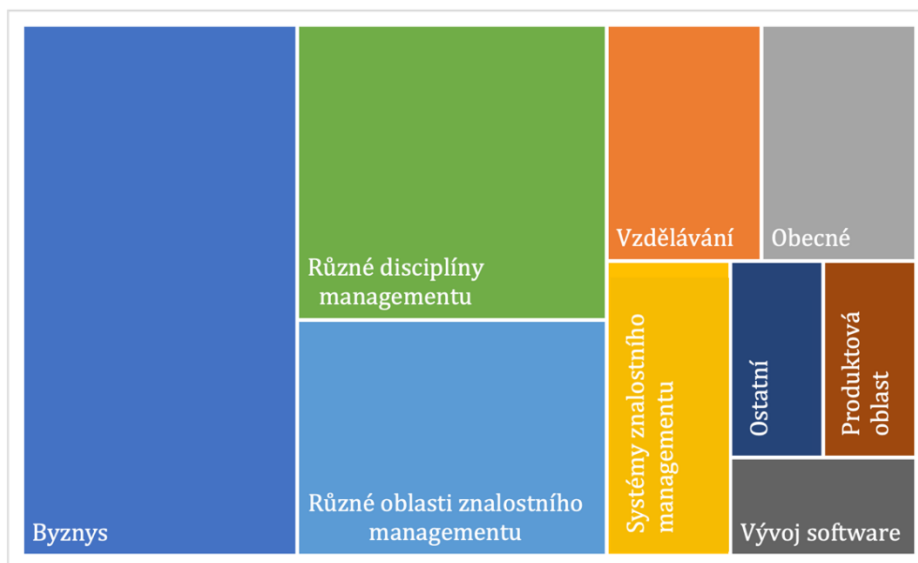


Obrázek 22 Použití systémové dynamiky ve znalostním managementu (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Bureš, 2022))

Další tematicky odlišnou skupinou je skupina, která zahrnuje model SD jako součást hybridního modelu. SD je v této kategorii určen především pro dvě úlohy, a to transformaci informací a znalostí a zachycení korelací mezi primárními proměnnými systému. Nejmenší skupinu tvoří modely SD, které zajišťují funkce podpory rozhodování. Následující články jsou příklady pro jednotlivé kategorie na obrázku 22: k zachycení znalostí (Fernández-López a kol., 2018; Jafari a kol., 2012); jako součást hybridního modelu (Corben a kol., 1999; Schmitt, 2020); systém podpory rozhodování (Yan, 2018; Yim a kol., 2004).

SD se používá pro modelování KM a jeho složek v následujících oblastech: byznys, vzdělávání, obecná oblast, systém řízení znalostí, různé znalostní oblasti,

různé manažerské disciplíny, ostatní, oblast související s produkty a vývoj softwaru. Obrázek 23 znázorňuje poměr rozdělení. SD byla využita jako nástroj pro řízení znalostí v následujících doménách (ve vzestupném pořadí): byznys, různé disciplíny řízení, vývoj softwaru, obecné, potravinářský systém, zdravotnictví, různé znalostní oblasti, ostatní a oblast související s produktem. Na obrázku 23 jsou uvedeny příklady následujících článků pro jednotlivé kategorie: byznys (Ahuja a kol., 2004; Barforoush a kol., 2020; L. Chen & Fong, 2013; Nezafati a kol., 2009; Otto, 2012); různé manažerské disciplíny (Naseem & Shah, 2020; Sveen a kol., 2007; Weck a kol., 2022); různá znalostní oblast (Hong & Gao, 2015; H. Liu a kol., 2020; Xia a kol., 2016); vzdělávání (Honnutagi a kol., 2012; Zhai, 2013; X. Zhang, 2014); systém řízení znalostí (Kundapur, 2012; Kundapur & Rodrigues, 2010); obecné (Armenia & Loia, 2021; L. Chen & Fong, 2015; Follador & Trabasso, 2016); oblast související s výrobky (Jonkers & Eftekhari Shahroudi, 2021; Rodrigues a kol., 2006); vývoj softwaru (Hafeez & Abdelmeguid, 2003; Jafari a kol., 2012).



Obrázek 23 Distribuce oblastí, v nichž bylo použito SD pro KM a jeho prvky (spoluautorská tvorba, přeloženo z (Zanker & Bureš, 2022))

Z kapitol 2, 3.1, 3.2 a 3.3 vyplývají dvě výzkumné otázky. A to:

- 1) Jakým způsobem umožňuje CLD realizovat procesy znalostního managementu?
- 2) Jakým způsobem umožňuje SFD realizovat procesy znalostního managementu?

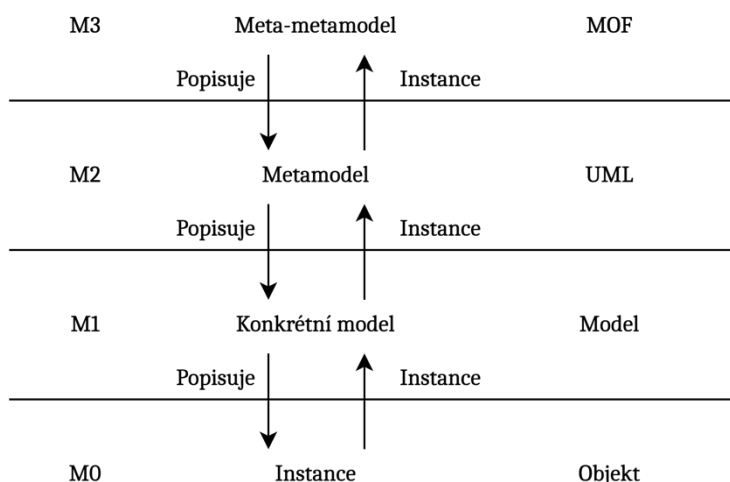
3.4 Metamodel

Z pohledu metamodelů lze rozdělit úrovně abstrakce do čtyř skupin, které jsou formálně popsány v tabulce 11. Do první skupiny M0 spadají objekty a data, do skupiny M1 modely a metadata, do skupiny M2 metamodely a meta-metadata a do poslední skupiny meta-metamodely.

Tabulka 11 Úrovně modelování (přeloženo z (OMG, 2003))

Meta-úroveň	MOF pojmy	Příklady
M3	meta-metamodel	“MOF Model”
M2	metamodel, meta-metadata	UML Metamodel, CWM Metamodel
M1	model, metadata	UML modely, CWM metadata
M0	objekt, data	Modelované systémy, Sklady data

Následně lze propojení jednotlivých úrovní popsat pomocí obrázku 24. Tedy lze popsat úroveň M1 jako instanci M0, a zároveň M1 popisuje M0. Tímto způsobem lze popsat všechny meziúrovňové vztahy. Z pohledu úrovně abstrakce se v M0 popisují konkrétní objekty nebo data. V úrovni M1 jsou vytvořeny skupiny pro jednotlivé objekty a jsou jim definovány jednotlivé vlastnosti. Dalším krokem abstrakce v úrovni M1 je vytvoření skupin tříd a atributů. Poslední úroveň abstrakce nastává v M3, kde vznikají třídy na základě tříd a atributů předchozí úrovně.



Obrázek 24 Úrovně modelování (přeloženo z (OMG, 2003))

Jak je z obrázku 24 patrné, tak příkladem modelovacího jazyku pro metamodel je UML (z anglického Unified Modeling Language), pro který byla vytvořena unifikace od skupiny OMG (2019) pod názvem SysML. Skupina OMG popisuje SysML následovně: „SysML je navržen tak, aby poskytoval jednoduché, ale výkonné konstrukce pro modelování široké škály problémů systémového inženýrství. Je zvláště účinný při specifikaci požadavků, struktury, chování, přiřazení a omezení na vlastnosti systému pro podporu inženýrských analýz. Jazyk je určen k podpoře více procesů a metod jako jsou strukturované, objektově orientované a dalších, ale každá metodika může klást další omezení na způsob, jakým se konstrukci nebo druh diagramu lze použít.“

Tedy SysML umožňuje unifikovanou tvorbu modelů a metamodelů. (OMG, 2019) definuje blokový diagram na základě UML diagramu tříd. Blok je v SysML definován následovně: „Blok je modulární jednotka, která popisuje strukturu systému nebo prvku. Může zahrnovat jak strukturální, tak behaviorální rysy, jako jsou vlastnosti a operace, které představují stav systému a chování, které systém může vykazovat. Některé z těchto vlastností mohou obsahovat části systému, které lze také popsat bloky, které typují vlastnosti. Vlastnosti bez typů neomezují instance, které mohou být hodnotami vlastností, jako by měly nejobecnější možný typ. Blok může zahrnovat strukturu konektorů mezi svými vlastnostmi, aby bylo zřejmé, jak se jeho části nebo jiné vlastnosti navzájem vztahují.“

Vazby v blokovém diagramu jsou v SysML popsány následovně: „Konektory vlastněné bloky SysML lze použít k definování vztahů mezi částmi nebo jinými vlastnostmi stejného obsahujícího bloku. Konektory lze zadávat pomocí asociací, které mohou specifikovat více podrobností o vazbách mezi částmi nebo jiných vlastnostech systému, spolu s typy připojených vlastností. Přidružení mohou být také bloky a při použití k psaní konektorů dávají vztahům vlastní propojené části a další vlastnosti. Konektory bez typů neomezují způsob propojení připojených vlastností, jako by měly nejobecnější možný typ. Konektory mají jak strukturální, tak behaviorální funkce, které lze použít společně nebo samostatně. Konektory jako struktura určují vazby mezi částmi nebo jiné vlastnosti systému. Konektory jako chování určují komunikaci a tok položek mezi díly nebo jinými vlastnostmi. Připojené vlastnosti mohou být propojeny bez určení komunikace a toku položek, nebo mohou specifikovat komunikaci a tok položek bez určení konkrétního druhu propojení nebo obojí.“

Standard UML 2.5 OMG (2015) definuje vazby a třídy z kterých vychází SysML (OMG, 2019).

Třída OMG (2015) definují následovně: „Třída je konkrétní realizací zapouzdřeného klasifikátoru a behaviorálního klasifikátoru. Účelem třídy je specifikovat klasifikaci objektů a specifikovat vlastnosti, které charakterizují strukturu a chování těchto objektů.“

Vazbu Závislost definuje OMG (2015) následovně: „Vazba Závislost znamená vztah dodavatel/klient mezi prvky modelu, kde modifikace dodavatele může ovlivnit prvky modelu klienta.“

Dědičnost OMG (2015) definuje následovně: „Dědičnost poskytuje způsob, jak seskupit zobecnění do ortogonálních dimenzí.“

Datové typy

Nedílnou součástí modelování je definování datových typů pro jednotlivé prvky modelů. Z pohledu metamodelů lze podle OMG (2003) rozdělit datové typy následovně:

Tabulka 12 Datové typy v metamodelech (přeloženo z (OMG, 2003))

Název	Popis	Možné hodnoty
Cokoliv	Datový typ Cokoliv se používá k označení toho, že atribut nebo parametr může nabývat hodnot z kteréhokoli dostupného datového typu.	Může přebírat hodnoty ze všech ostatní datových typů
Logická hodnota	Datový typ Logická hodnota definuje logickou podmínku.	Pravda – logická podmínka je splněna. Nepravda – logická podmínka není splněna.
Plovoucí hodnota	Datový typ Plovoucí hodnoty se používá k označení atributu nebo parametru, který může nabývat číselných hodnot s pohyblivou desetinnou čárkou.	Číslo s desetinou hodnotou
Celé číslo	Datový typ Celé číslo představuje předdefinovaný typ celých čísel. Instance Celého čísla je prvkem nekonečné množiny celých čísel (...-2, -1, 0, 1, 2...).	Celočíselná hodnota
Jméno	Datový typ Jméno definuje token, který se používá k pojmenování prvků modelu. Každé Jméno má odpovídající reprezentaci pomocí Řetězce.	Text
Řetězec	Datový typ Řetězec definuje část textu. Řetězec obvykle nemá definovanou délku, považuje se za libovolně dlouhý (praktické limity délky řetězců existují, ale jsou závislé na implementaci).	Text
Čas	Datový typ Čas definuje výrok, který určí čas výskytu události. Konkrétní formát časových výrazů není specifikován a podléhá implementačním hlediskům.	Může přebírat hodnoty ze všech ostatní datových typů

Další nedílnou součástí modelování je definování prvků pro zachycení abstraktních skupin objektů. Z pohledu metamodelu se může jednat o prvky, které OMG (2003) rozděluje následujícím způsobem:

Tabulka 13 Skupiny prvků metamodelu (přeloženo z (OMG, 2003))

Název skupiny	Popis skupiny
Atribut	Atribut popisuje vybraný prostor v rámci klasifikátoru, který může obsahovat hodnotu.
Logický výraz	V metamodelu Logický výraz definuje příkaz, který se při vyhodnocení vyhodnotí jako instance Logické hodnoty.
Třída	Třída je popis množiny objektů, které mají stejné atributy, operace, metody, vztahy a sémantiku. Třída může používat sadu interface pro specifikaci kolekcí operací, které poskytuje svému okolí. V metamodelu popisuje třída množinu objektů sdílejících kolekci vlastností, které jsou pro tuto množinu objektů společné. Účelem Třídy je deklarovat kolekci Funkcí, které plně popisují strukturu a chování objektů. Některé Třídy nemusí být přímo instancovány. O těchto Třídách se říká, že jsou abstraktní a existují pouze proto, aby jiné Třídy mohly dědit a znovu používat jimi deklarované Funkce. Žádný objekt nesmí být přímou instancí abstraktní Třídy, ačkoli objekt může být její nepřímou instancí prostřednictvím podtřídy, která není abstraktní.
Klasifikátor	Klasifikátor je prvek, který popisuje strukturální a behaviorální vlastnosti; má několik specifických forem, včetně třídy, datového typu, rozhraní, komponenty a dalších, které jsou definovány v jiných balíčcích metamodelu. Klasifikátor se často používá jako typ. V metamodelu může klasifikátor deklarovat kolekci vlastností, jako jsou atributy, operace a metody.
Omezení	Omezení je sémantická podmínka nebo omezení vyjádřené v textu. V metamodelu je Omezení logický výraz na přidruženém prvku. Omezení může být uvedeno v přirozeném jazyce nebo v různých druzích jazyků s dobře definovanou sémantikou. Některá omezení jsou předdefinována, jiná mohou být definována uživatelem. Omezení je tvrzení, nikoli spustitelný mechanismus.
Datový typ	Datový typ je typ, jehož hodnoty nemají žádnou identitu. Datové typy zahrnují primitivní vestavěné typy (například Celé číslo a Řetězec) a definovatelné výčtové typy. V metamodelu definuje datový typ speciální druh klasifikátoru, v němž jsou všechny operace čistými funkcemi; to znamená, že mohou vrátit datové hodnoty, ale nemohou datové hodnoty měnit, protože nemají identitu.
Závislost	Závislost říká, že implementace nebo fungování jednoho nebo více prvků vyžaduje přítomnost jednoho nebo více jiných prvků. V metamodelu je závislost usměrněný vztah od klienta (nebo klientů) k dodavateli (nebo dodavatelům), který uvádí, že klient je závislý na dodavateli; to znamená, že klientský prvek vyžaduje přítomnost a znalost dodavatele prvků.
Element	Element je atomární složka modelu. V metamodelu je prvek nejvyšší metatřídou v hierarchii metatříd. Element je abstraktní metatřída.
Výraz	V metamodelu definuje výraz příkaz, který se při provedení v kontextu vyhodnotí jako množina instancí. Výraz nemění prostor, ve kterém je vyhodnocován.
Funkce	Funkce je vlastnost, například atributu nebo operace, která je zapouzdřena v klasifikátoru. V metamodelu deklaruje vlastnost strukturální nebo behaviorální charakteristiku instance klasifikátoru nebo samotného klasifikátoru. Funkce je abstraktní metatřída.
Element modelu	Element modelu je prvek, který je abstrakcí modelovaného systému. Je základem pro všechny modelovací metatřídy. Všechny ostatní modelovací metatřídy jsou buď přímými, nebo nepřímými podtřídami Elementu modelu.
Multiplicita	V metamodelu Multiplicita definuje neprázdnou množinu nezáporných celých čísel. Množina, která obsahuje pouze nulu ({0}), není považována za platnou multiplicitu. Každá Multiplicita má alespoň jednu odpovídající reprezentaci Řetězcem.

Tabulka 13 Pokračování

Název skupiny	Popis skupiny
Prostor názvů	Prostor názvů je část modelu, která obsahuje sadu prvků Elementů modelu, z nichž každý označuje jedinečný prvek v rámci tohoto prostoru názvů. V metamodelu je Prostor názvů Elementem modelu, který může vlastnit jiné Elementy modelu, například Klasifikátory. Název každého vlastněného Elementu modelu musí být v rámci prostoru názvů jedinečný. Každý obsažený Element modelu je navíc vlastněn nejvýše jedním Prostorem názvů. Konkrétní podtřídy oboru Prostory názvů mohou mít další omezení, které druhy prvků mohou být obsaženy. Prostor názvů je abstraktní metatřída.
Subsystem	Subsystem je seskupení prvků modelu, které představuje jednotku chování ve fyzickém systému. Subsystem nabízí rozhraní a má operace. V metamodelu je Subsystem podtřídou Balíčku i Klasifikátoru. Jako takový může mít sadu Funkcí.

Z pohledu metamodelů lze modely systémové dynamiky zařadit do skupiny M1. Při prvotní fázi návrh modelu systémové dynamiky (konkrétně ve stavu výběru proměnných) lze pohlížet na vybrané proměnné jako na mezistupeň mezi M0 a M1. A to z důvodu nemodelování konkrétních objektů, a zároveň nedefinování vlastností proměnných. Po definování vlastností proměnných v modelu SD (např. vazeb mezi jednotlivými proměnnými, hodnot proměnných či jednotek proměnných) lze pohlížet na SD model jako na úroveň M1. Následujícím krokem při tvorbě SD modelů může být rozdělení proměnných do jednotlivých skupin, a to buď na základě tematického určení skupiny proměnných, nebo na základě jejich funkcí (obvykle za pomoci modulů nebo sektorů). Čímž se popisují skupiny proměnných nebo vlastnosti skupin proměnných, z tohoto úhlu pohledu lze nahlížet na modely SD jako na kategorii M2.

Další podobností mezi metamodely a modely systémové dynamiky je stavba modelů. Příkladem tohoto mohou být proměnné systémové dynamiky (konvertor, hladina a toky) a určení datových typů v metamodelu. Rozdíl mezi prvky obou přístupů je v postupu definování, o jaký druh proměnné/datového typu se jedná. Zatímco z pohledu metamodelu se tento druh definuje pomocí vybrání druhu datového typu v systémové dynamice se tento druh definuje pomocí rovnic proměnné. Z pohledu systémové dynamiky jsou všechny proměnné v základním formátu datového typu Plovoucí hodnota. Ostatní datové typy lze v modelech systémové dynamiky definovat pomocí vestavěných proměnných. Příkladem je možné uvést datový typ Logická hodnota, který je možné v modelech systémové

dynamiky definovat pomocí podmínkových výrazů, dalším příkladem podobnosti lze uvést datový typ Time, který plní stejnou funkci jak v systémové dynamice, tak v metamodelech.

Po definování rovnic v modelech systémové dynamiky lze rozřadit jednotlivé proměnné z pohledu druhů tříd z metamodelu. Například se může jednat o již zmiňovanou proměnnou pro testování pravdy/nepravdy, která by byla z pohledu metamodelu zařazena do skupiny Logický výraz. Dalším příkladem může být druh třídy Omezení, které plní stejnou funkci, jako omezující proměnná (příkladem takové proměnné z modelu SD může být uvedena omezující podmínka růstu ze systematického archetypu Meze růstu).

4 Návrh metamodelu

V této kapitole je popsán postup tvorby metamodelu a jeho výsledky. Tato kapitola si klade za úkol naplnit hlavní cíl této disertační práce.

Wolstenholme (2004) popisuje hlavní cíl použití systémové dynamiky následovně: „*Ukázat nevýhody nesytemových řešení složitých otázek a formulovat, testovat a demonstrovat výhody systémových řešení.*“. Aby bylo možné tohoto cíle dosáhnout, tak je z pohledu Wolstenholme nutné naplnit následující tři cíle u systémových archetypů:

1. Zlepšit popis systémových archetypů. Definovat jak archetypy problému, tak archetypy řešení. V mnoha současných návrzích archetypů se problém a řešení často zaměňují, což znesnadňuje interpretaci myšlenky archetypu.
2. Zjednodušit a snížit počet systémových archetypů a zlepšit jejich použitelnost. (Pro tuto myšlenku Wolstenholme argumentuje existencí čtyř základních systémových archetypů na základě, kterých jsou vystavěny zbylé systémové archetypy).
3. Doplnit vlastnosti systémových archetypů. Hlavním přínosem je zde myšlenka nastavení hranic systémových archetypů, aby bylo možné lépe rozlišit mezi zamýšlenými a nezamýšlenými důsledky.

Wolstenholme (2004) ve svém příspěvku popisuje třetí stanovený bod, kde argumentuje, že zpřesnění systémových archetypů povede pro lepší pochopení a aplikaci systémové dynamiky a její výsledky. Principiálně stejné cíle lze aplikovat i pro modely systémové dynamiky. Nicméně doposud nedošlo k navázání na Wolstenholmovu práci.

Druhý Wolstenholmův bod lze přetransformovat pro modely systémové dynamiky následovně:

- „Stanovit základní strukturu pro tvorbu modelů systémové dynamiky z pohledu vlastností jednotlivých proměnných.“ – Tímto bodem lze zjednodušit tvorbu modelů systémové dynamiky a zároveň zvýšit jejich efektivitu.
- „Doplnit vlastnosti modelů systémové dynamiky a nastavit hranice pro jednotlivé tematické proměnné“

Aby bylo možné stavět základní strukturu a vlastnosti modelů z tematického pohledu je nejprve nutné popsat formální stránku modelů systémové dynamiky a vlastnosti prvků. Z pohledu SD jsou možnosti jednotlivých prvků jasně definovány. Příkladem může být uvedena definice hladin a toků (viz kapitola 3.1.2). Jak je u modelování obvyklé, tak i pro SD byl unifikován jazyk, konkrétně se jedná o XMILE (XML Interchange Language for System Dynamics) (OASIS, 2015). Tento zdroj definuje prvky SD modelů následovně.

Hladina

Hladina akumuluje. Aby bylo možné simulovat, MUSÍ být jejich hodnota na začátku simulace nastavena buď jako konstantní nebo s počáteční rovnicí. Počáteční rovnice se vyhodnocuje pouze jednou, a to na začátku simulace.

V průběhu simulace se hodnota hladiny zvyšuje o její přítoky a snižuje o její odtok. Při použití diskrétního časového intervalu dt a textu s indexem pro vyjádření hodnoty v daném čase, je možné ji popsat následovně:

$$hladina_t = hladina_{t-dt} + dt(přítok_{t-dt} - odtok_{t-dt})$$

Každá hladina musí mít název a počáteční hodnotu. Každá hladina může mít přítok/y a odtok/y

Tok

Toky představují míru změny stavů. Pro simulaci se MUSÍ definovat pomocí libovolného algebraického výrazu. V průběhu simulace se vypočítá hodnota toku a použije se při výpočtu hladin.

Tedy každý tok musí mít název, rovnici a jednotky.

Konvertory

Pomocné prvky umožňují izolovat jakoukoli použitou algebraickou funkci. Mohou zároveň zpřesnit model a vyřadit opakované výpočty. Pro simulaci MUSÍ být definovány pomocí libovolného algebraického výrazu (včetně konstantní hodnoty).

Každý konvertor musí mít název, rovnici a jednotky.

Vazby

Z pohledu XMILE jsou vazby mezi proměnnými grafickým prvkem.

Pro jakýkoli objekt, který se vyskytuje v modelu je DOPORUČENO, aby byl propojen s jiným objektem v modelu a tím byl kompatibilní s XMILE. V případě, že je objekt propojen se svým přidruženým objektem je NUTNÉ definovat jméno přidruženého objektu. A zároveň každé propojení MUSÍ obsahovat pouze jedno jméno přidruženého objektu.

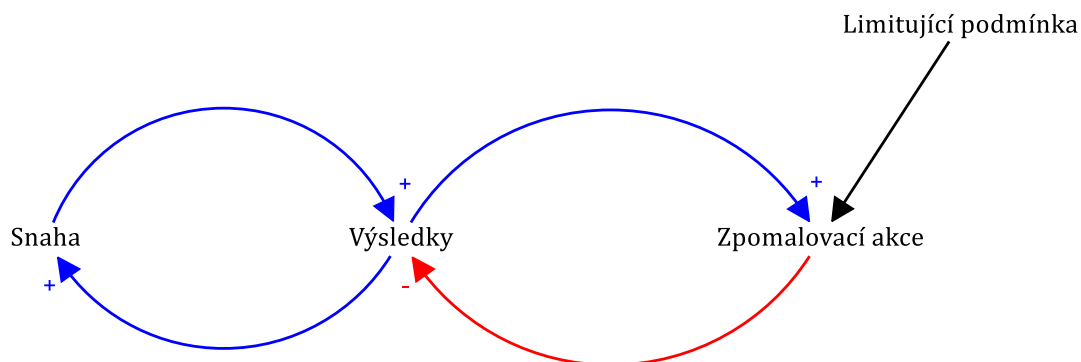
Tedy každá proměnná by měla být propojena alespoň s jednou další proměnnou. Každá vazba může mít pouze jeden vstup a jeden výstup.

Na základě vlastností prvků modelů popsaných v XMILE lze vytvořit tabulku 14, která popisuje možnosti propojení jednotlivých prvků mezi sebou. Jak je z následující tabulky zřejmé, tak nelze přímo propojit hladinu s hladinou a přímo propojit konvertor s hladinou.

Tabulka 14 Výčet možných vazeb (vlastní tvorba)

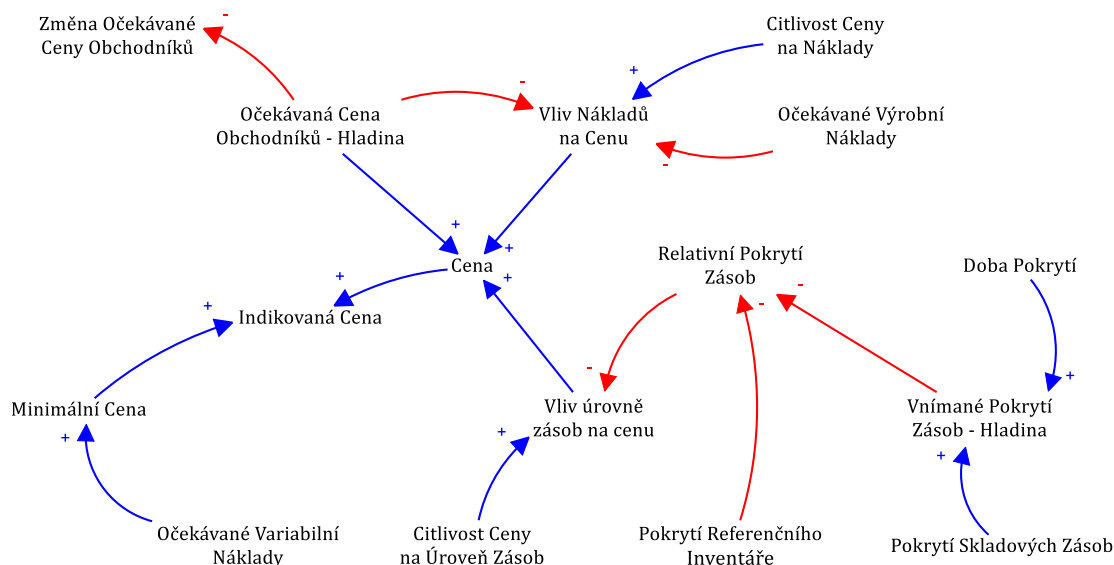
Z/Na	Hladina	Tok	Konvertor
Hladina	Ne	Ano	Ano
Tok	Ano	Ano	Ano
Konvertor	Ne	Ano	Ano

Nicméně při tvorbě modelů systémové dynamiky se vytvářejí proměnné, které mají různé charakteristiky a specifické určení pro tvořený model. Příkladem takto specifické proměnné může být omezující podmínka v systémovém archetypu Meze růstu (obrázek 25). Pro tuto proměnnou je specifická její vlastnost, která je postavená na omezení růstu ostatních proměnných (Braun, 2002). Proměnné se stejnou funkcí se vyskytují napříč modely systémové dynamiky.



Obrázek 25 Meze růstu (přeloženo (Braun, 2002))

Další příklad proměnné tohoto druhu je zachycen na obrázku 26 (konkrétně se jedná o proměnnou Pokrytí referenčního inventáře). Tento komplexní model používá Sterman (2000) pro prezentaci možností modelů systémové dynamiky. Proto se tento model jeví jako dobrý příklad pro definování druhů proměnných.



Obrázek 26 Část modelu Kapacita produkce (převzato z (Sterman, 2000))

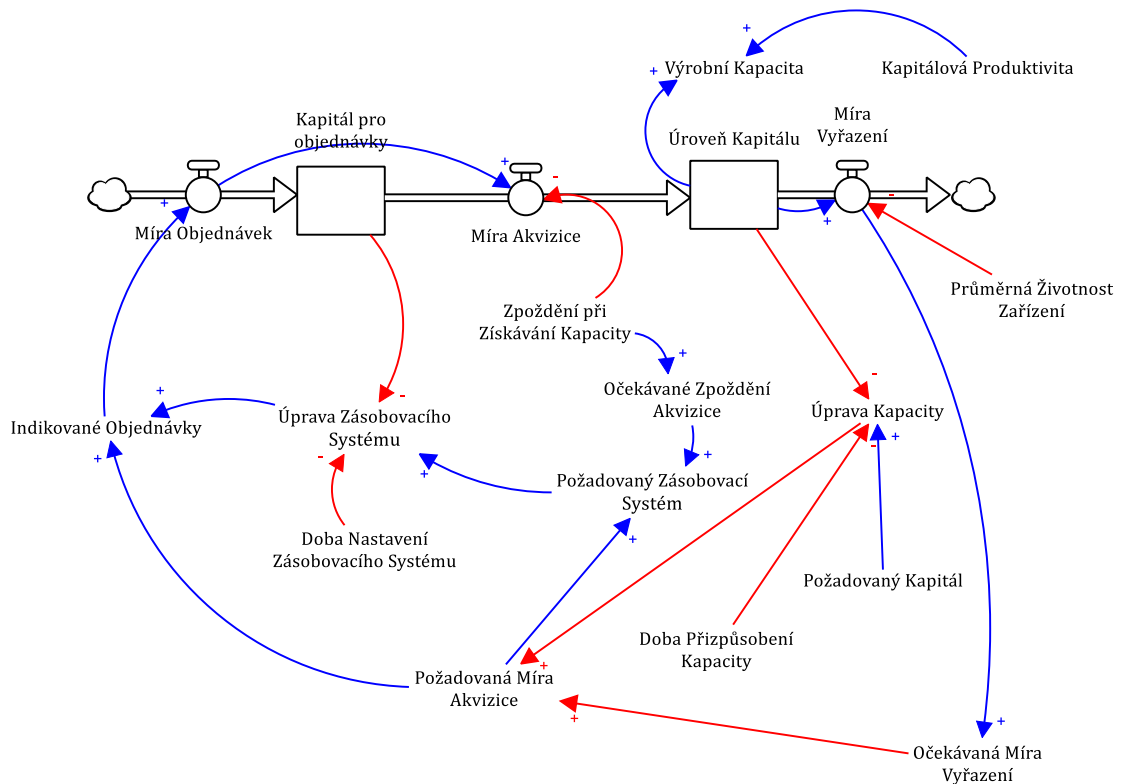
Další proměnná, která slouží jako určitý limit je Relativní pokrytí zásob. Na rozdíl od proměnné Pokrytí referenčního inventáře má proměnná Relativní pokrytí zásob několik vstupů. Tedy je možné rozdělit druhy limitních proměnných na ty bez vstupů a se vstupy. Respektive na limity s exogenními a endogenními vstupy.

Příkladem dalšího druhu proměnné je Změna očekávané ceny obchodníků. Tento druh se v SD označuje jako „černá díra“, a to z důvodu, že má pouze vstupy a žádný výstup (Bureš a kol., 2019).

Další druh proměnných lze definovat pomocí použitých prvků modelu. V CLD se obvykle používá hladina pro naznačení budoucího použití proměnné při tvorbě SFD (Sterman, 2000). Příkladem je proměnná Očekávaná cena obchodníků. Tento druh proměnných je charakteristický tím, že hodnoty těchto proměnných budou kopírovat obecné vlastnosti hladin (viz popis hladiny v XMILE a kapitola 3.1.2.). Tedy jedná se o proměnné, které zachycují určitou úroveň.

Další skupina proměnných je zachycena na obrázku 27 (který je pokračování modelu prezentovaného na obrázku 26 z (Sterman, 2000)). Jedná se o skupinu proměnných, které zachycují míru. Charakteristický prvek této skupiny lze nalézt ve vyjádření těchto proměnných z pohledu rovnic. Tedy tyto proměnné zachycují určitou míru jiných proměnných.

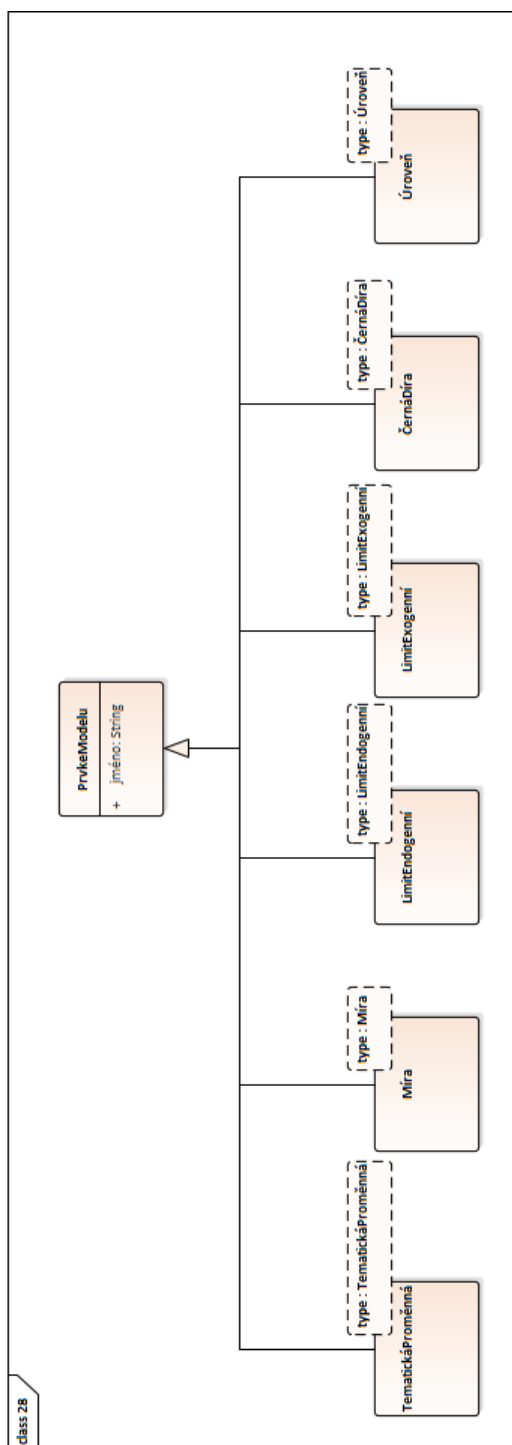
Poslední skupina se skládá z tematicky zaměřených proměnných pro zkoumaný systém. V ukázkovém modelu se jedná například o Úpravu zásobovacího systému nebo Indikovanou cenu.



Obrázek 27 Část modelu Kapacita produkce (převzato z (Sterman, 2000))

Následně je možné vytvořit specifické třídy pro každou skupinu proměnných. Každá z těchto specifických tříd má stanovené vlastnosti proměnných modelu. Model specifických tříd je zachycen na obrázku 28⁴.

⁴ Specifická třída „LimitEndogenní“ značí, že vstupem instance této specifické třídy je endogenní. Specifická třída „LimitExogenní“ značí, že vstupem instance této specifické třídy je exogenní. Toto zkrácené označení v modelu je z důvodu čitelnosti modelu.



Obrázek 28 Kategorie proměnných (vlastní tvorba)

Následně je možné hypoteticky přiřadit možnosti vazeb pro jednotlivé prvky modelu pro jednotlivé specifické třídy. Každá vytvořená třída z tabulky 15 přejímá vlastnosti specifické třídy (obrázek 28) na základě druhu proměnné a možnost propojení s ostatními proměnnými na základě druhu prvku (tabulka 14).

Tabulka 15 Vlastnosti kategorií z pohledu druhu stavebního prvku (vlastní tvorba)

Název	Druh proměnné	Druh prvku modelu
TematickáProměnnáKonverot	TematickáProměnná	Konvertor
TematickáProměnnáHladina	TematickáProměnná	Hladina
TematickáProměnnáTok	TematickáProměnná	Tok
MíraKonverot	Míra	Konvertor
MíraHladina	Míra	Hladina
MíraTok	Míra	Tok
LimitEndogenníKonverot	LimitEndogenní	Konvertor
LimitEndogenníHladina	LimitEndogenní	Hladina
LimitEndogenníTok	LimitEndogenní	Tok
LimitExogenníKonverot	LimitExogenní	Konvertor
LimitExogenníHladina	LimitExogenní	Hladina
LimitExogenníTok	LimitExogenní	Tok
ČernáDíraKonverot	ČernáDíra	Konvertor
ČernáDíraHladina	ČernáDíra	Hladina
ČernáDíraTok	ČernáDíra	Tok
ÚroveňKonverot	Úroveň	Konvertor
ÚroveňHladina	Úroveň	Hladina
ÚroveňTok	Úroveň	Tok

4.1 Metamodely pro CLD

Jak už bylo uvedeno, tak se CLD skládá z proměnných, vazeb a smyček. V některých případech je možné v CLD použít i hladinu, nicméně použití hladiny, z pohledu modelování, má vlastnosti stejné jako proměnná. Rozdíl mezi hladinou a proměnné v CLD je deklarativního charakteru, tedy použití hladiny v CLD indikuje úmysl použití hladiny, pro vybranou proměnnou, i v SFD.

4.1.1 Znalostní procesy

Na základě článků zaměřených na modelování znalostních procesů za pomoci CLD (viz 3.3.1.) (konkrétně se jedná o (Bi & Yu, 2008; Follador & Trabasso, 2016; Jonkers & Eftekhari Shahroudi, 2021; Naseem & Shah, 2020; Zaim a kol., 2013)) lze navrhnout metamodel pro tvorbu CLD zaměřených na modelování znalostních procesů, který je zachycen na obrázku 42. Prvním krokem pro vytvoření

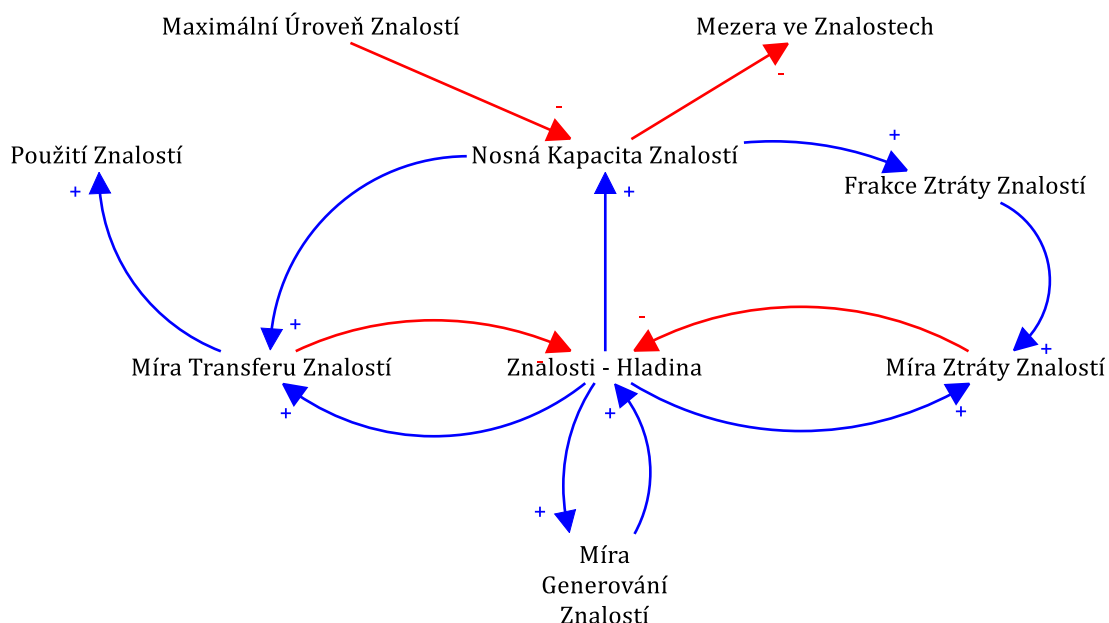
metamodelu byla integrace modelů do modelu specifických tříd, která byla provedena následujícím postupem:

- 1) Pro každou proměnnou zachycenou v CLD byla vytvořena specifická třída v modelu specifických tříd.
- 2) Pro každou vytvořenou třídu byl přiřazen druh odpovídající proměnné
- 3) Každé specifické třídě byl přiřazen list prvků modelů, kterých může nabývat
- 4) Pro každou vazbu mezi jednotlivými proměnnými v CLD byly vytvořeny vazby v modelu specifických tříd.
- 5) Pro každou vazbu v modelu specifických tříd je jasně deklarována její původní polarita.

V následujících modelech specifických tříd se pracuje s následujícími listy:

- List – CLDProměnná: proměnná
- List – hladina: hladina
- List – CLDProměnnáHladina: proměnná a hladina

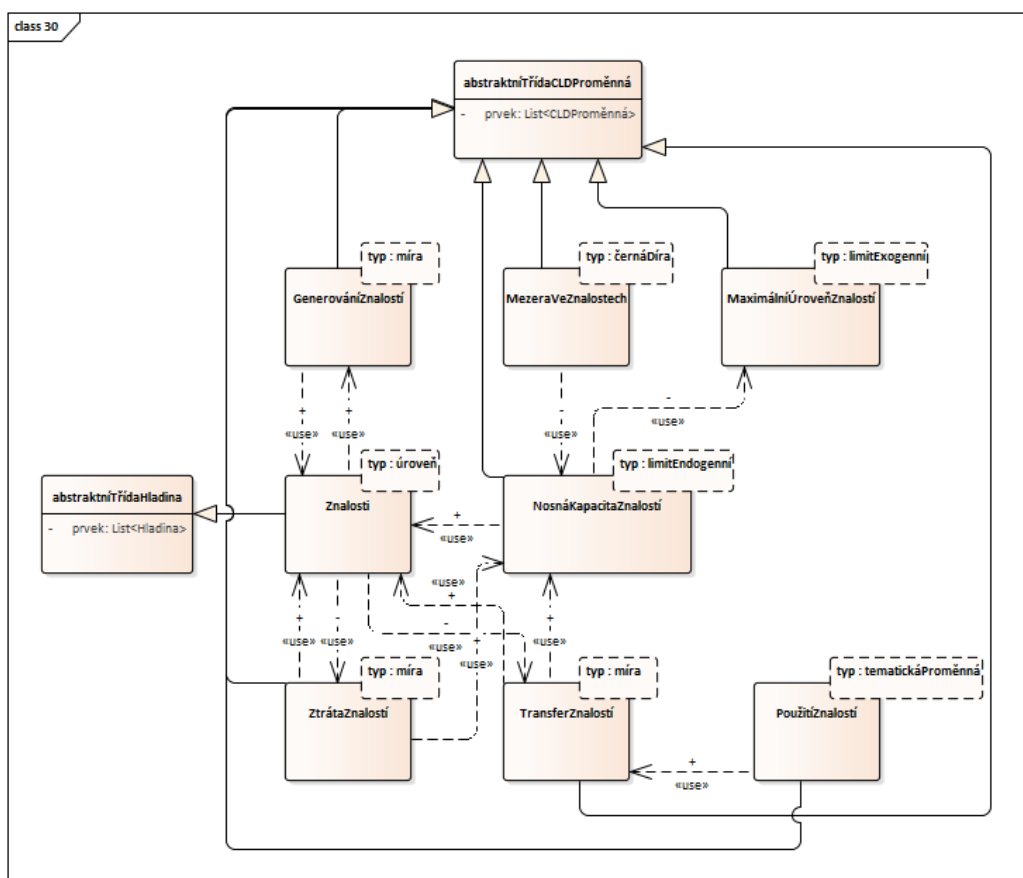
První vybraný CLD je od Jonkers a Eftekhari Shahroudi (2021) a jeho vybraná část je zachycena na obrázku 29.



Obrázek 29 Vybraná část modelu (přeloženo z [Jonkers & Eftekhari Shahroudi, 2021])

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M0 – Instance.

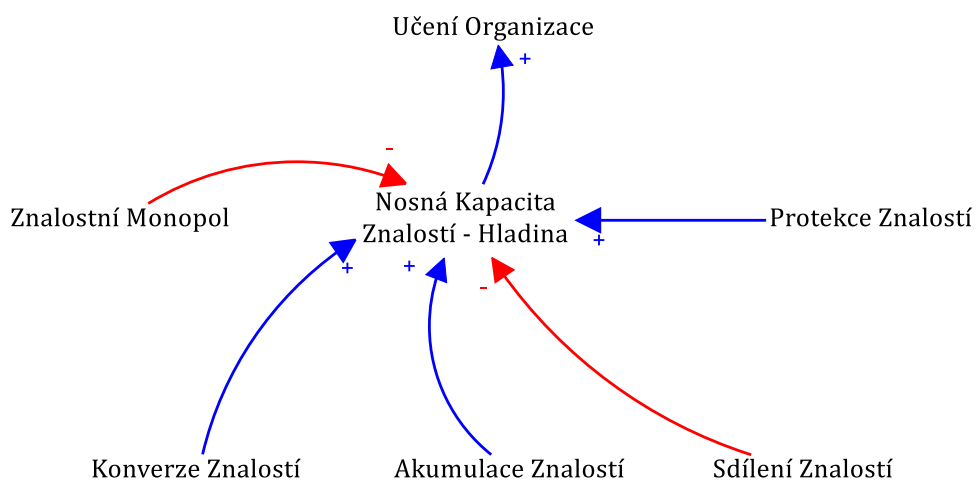
Model zachycený na obrázku 29 byl přepracován do modelu specifických tříd (zachyceno na obrázku 30).



Obrázek 30 Převedený model z obrázku 29 do modelu specifických tříd (vlastní tvorba)

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M1 – Konkrétní model.

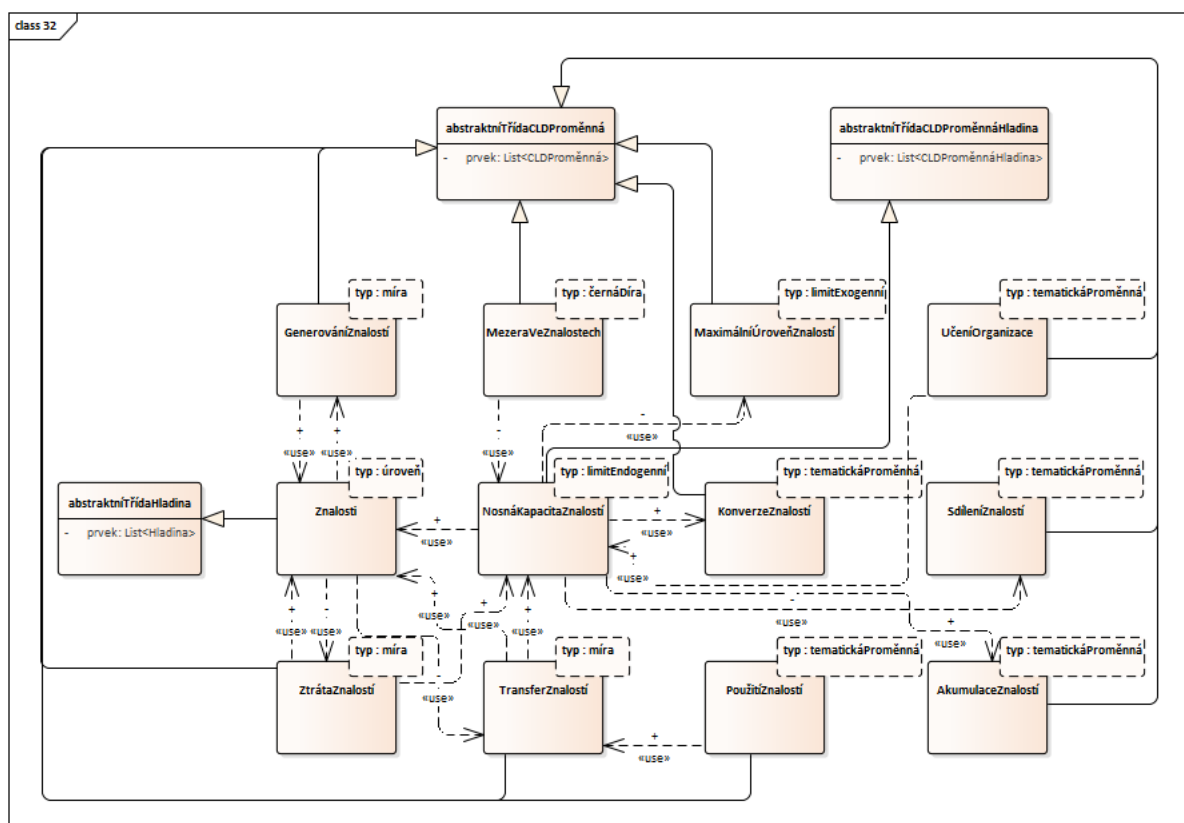
Další zkoumaný model je od Bi a Yu (2008), jehož vybraná část je zachycena na obrázku 31.



Obrázek 31 Vybraná část modelu (přeloženo z (Bi & Yu, 2008))

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M0 – Instance.

Prezentovaná část z modelu (zachycená na obrázku 31) byla integrována do modelu specifických tříd prezentovaného na obrázku 30.

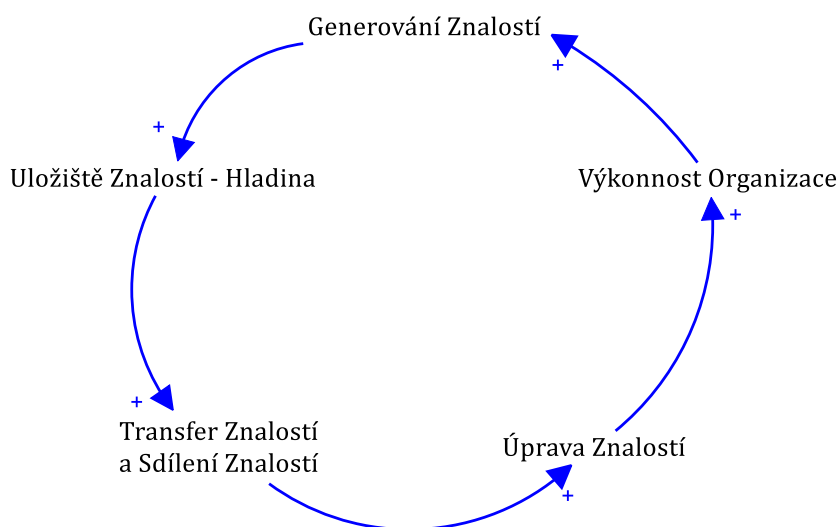


Obrázek 32 Rozšíření modelu zachyceného obrázkem 30 (vlastní tvorba)

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M1 – Konkrétní model.

U třídy „Nosná Kapacita Znalostí“ došlo k průniku modelů prezentovaných na obrázcích 29 a 31. V modelu specifických tříd proto došlo ke sloučení vlastností a vazeb pro tuto proměnnou.

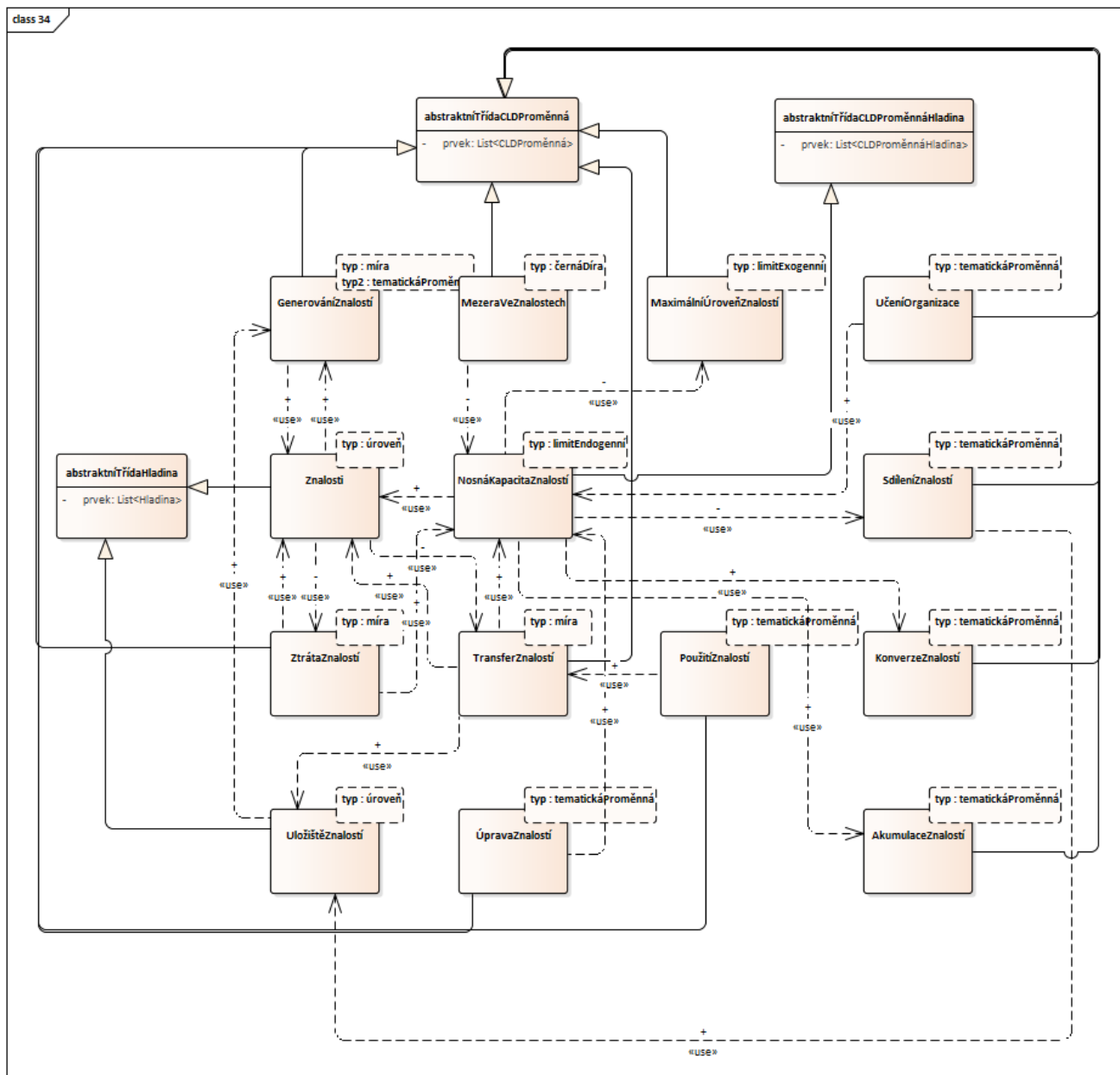
Třetí zkoumaný model je od Zaim a kol. (2013), jeho vybraná část je zachycena na obrázku 33.



Obrázek 33 Vybraná část modelu (přeloženo z (Zaim a kol., 2013))

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M0 – Instance.

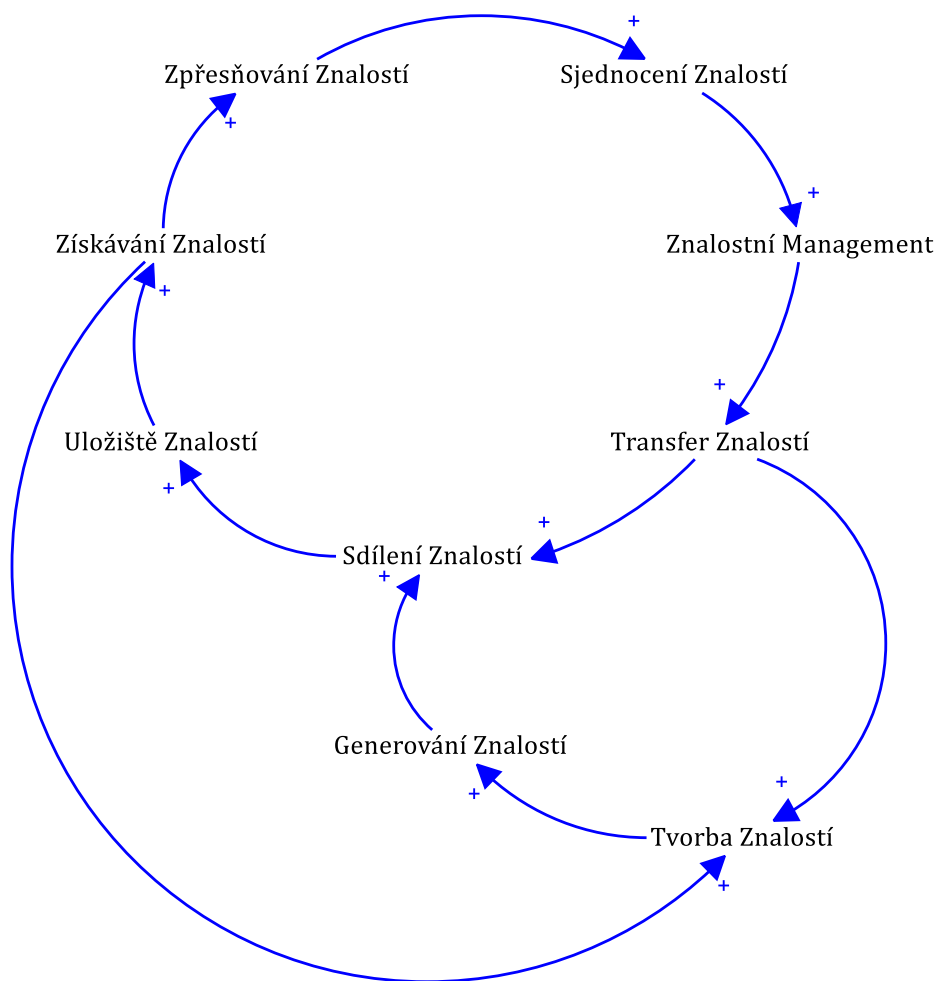
Jak je z obrázku 33 patrné, došlo k průniku u několika proměnných a doplnění vlastností u dvou tříd ze skupiny „Míra“. Příkladem tohoto doplnění je „Generování Znalostí“, které nyní spadá i do skupiny Tematických proměnných (z důvodu přehlednosti modelu byla specifické třídě předělena další příslušnost namísto vytvoření nové specifické třídy (tento postup je použit i při dalších průnicích specifických tříd)).



Obrázek 34 Rozšíření modelu zachyceného obrázkem 32 (vlastní tvorba)

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M1 – Konkrétní model.

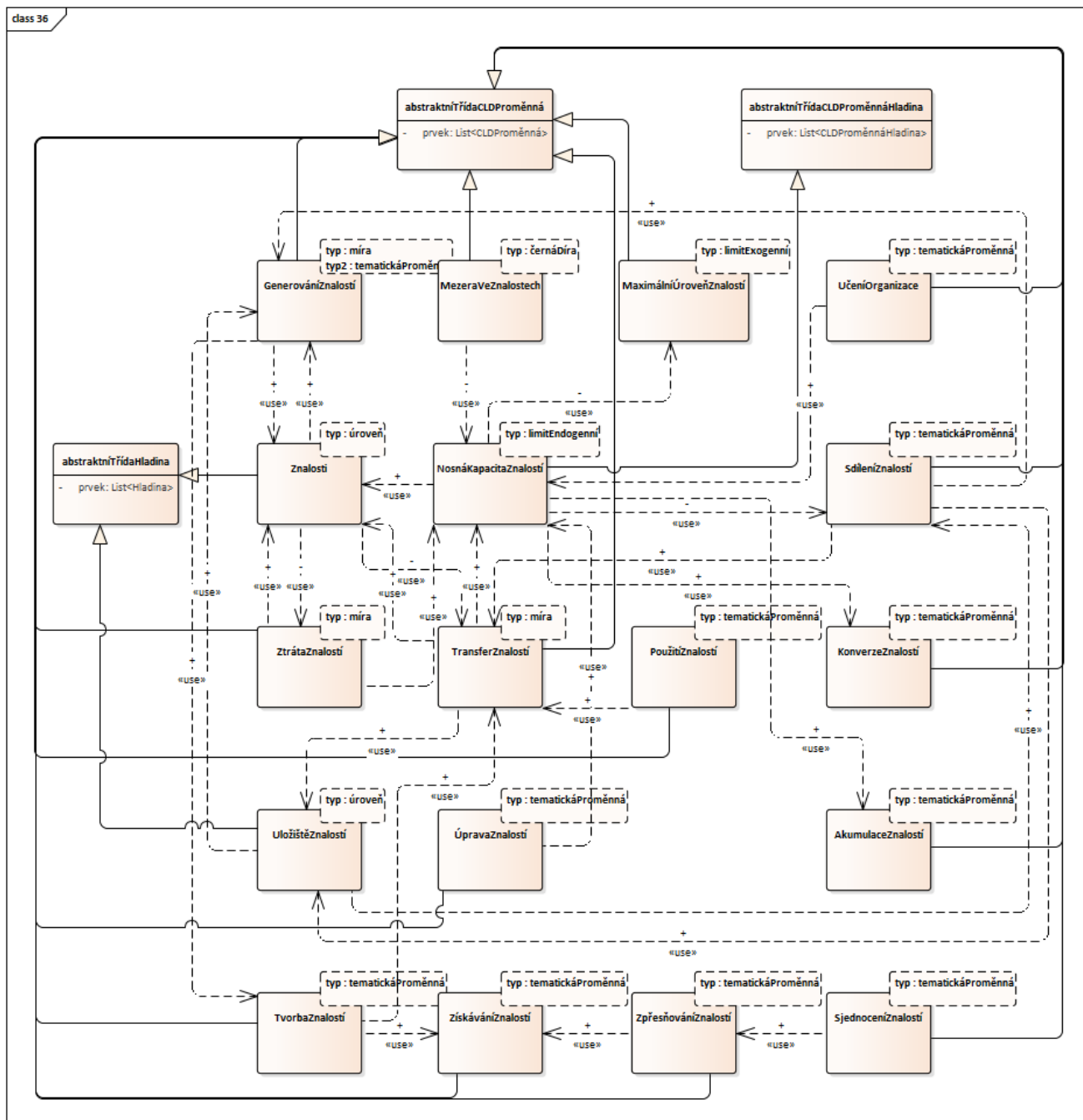
Další vybraný model je od Naseem a Shah (2020). V tomto článku bylo prezentováno modelů více, z tohoto důvodu je integrace do modelu specifických tříd provedena v několika krocích. První prezentovaný model je zachycen na obrázku 35.



Obrázek 35 Vybraná část modelu (přeloženo z (Naseem & Shah, 2020))

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M0 – Instance.

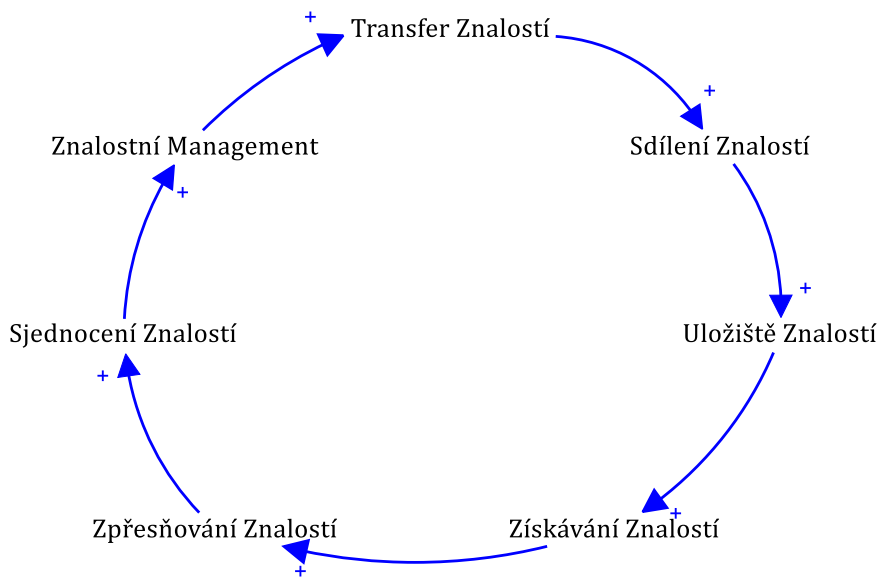
Model specifických tříd byl rozšířen o několik tříd (spadajících do kategorie Tematických tříd) a několik vazeb na již vytvořené specifické třídy. Výsledek integrace je zachycen na obrázku 35.



Obrázek 36 Rozšíření modelu zachyceného obrázkem 34 (vlastní tvorba)

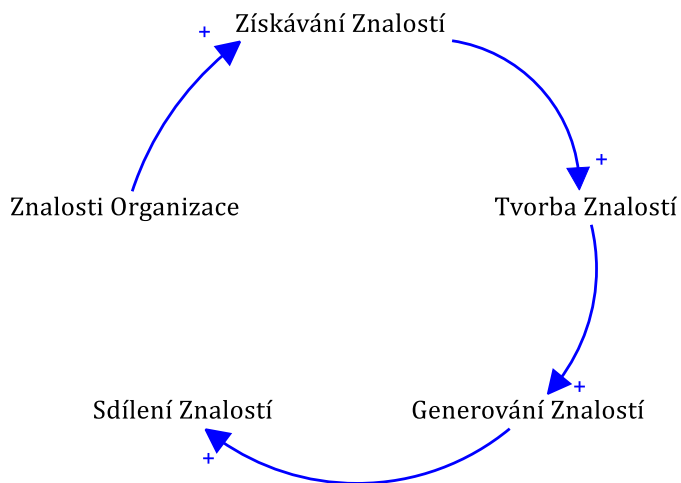
Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M1 – Konkrétní model.

Druhé dva prezentované modely v (Naseem & Shah, 2020) jsou zachyceny na obrázcích 37 a 38.



Obrázek 37 Vybraná část modelu (přeloženo z (Naseem & Shah, 2020))

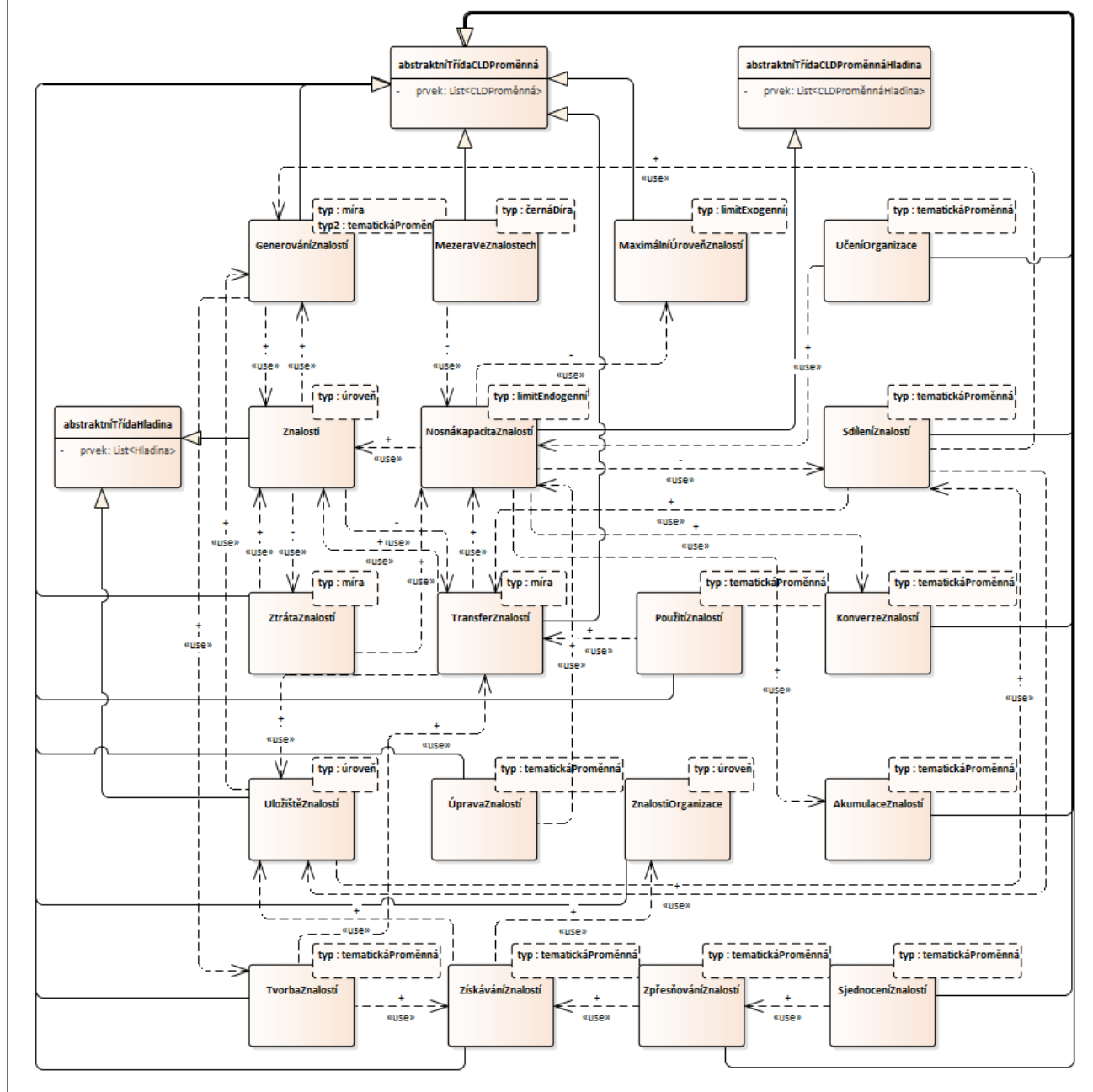
Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M0 – Instance.



Obrázek 38 Vybraná část modelu (přeloženo z (Naseem & Shah, 2020))

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M0 – Instance.

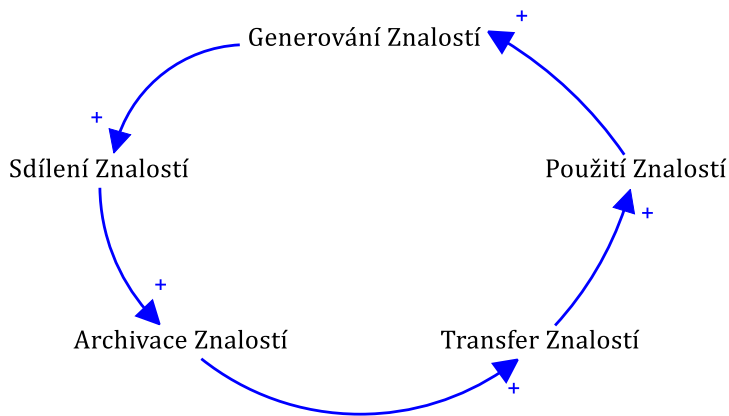
Integrace do modelu specifických tříd proběhla v jednom kroku. Výsledek integrace je zachycen na obrázku 39. Jednalo se o přidání jedné třídy a dvou vazeb.



Obrázek 39 Rozšíření modelu zachyceného obrázkem 36 (vlastní tvorba)

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M1 – Konkrétní model.

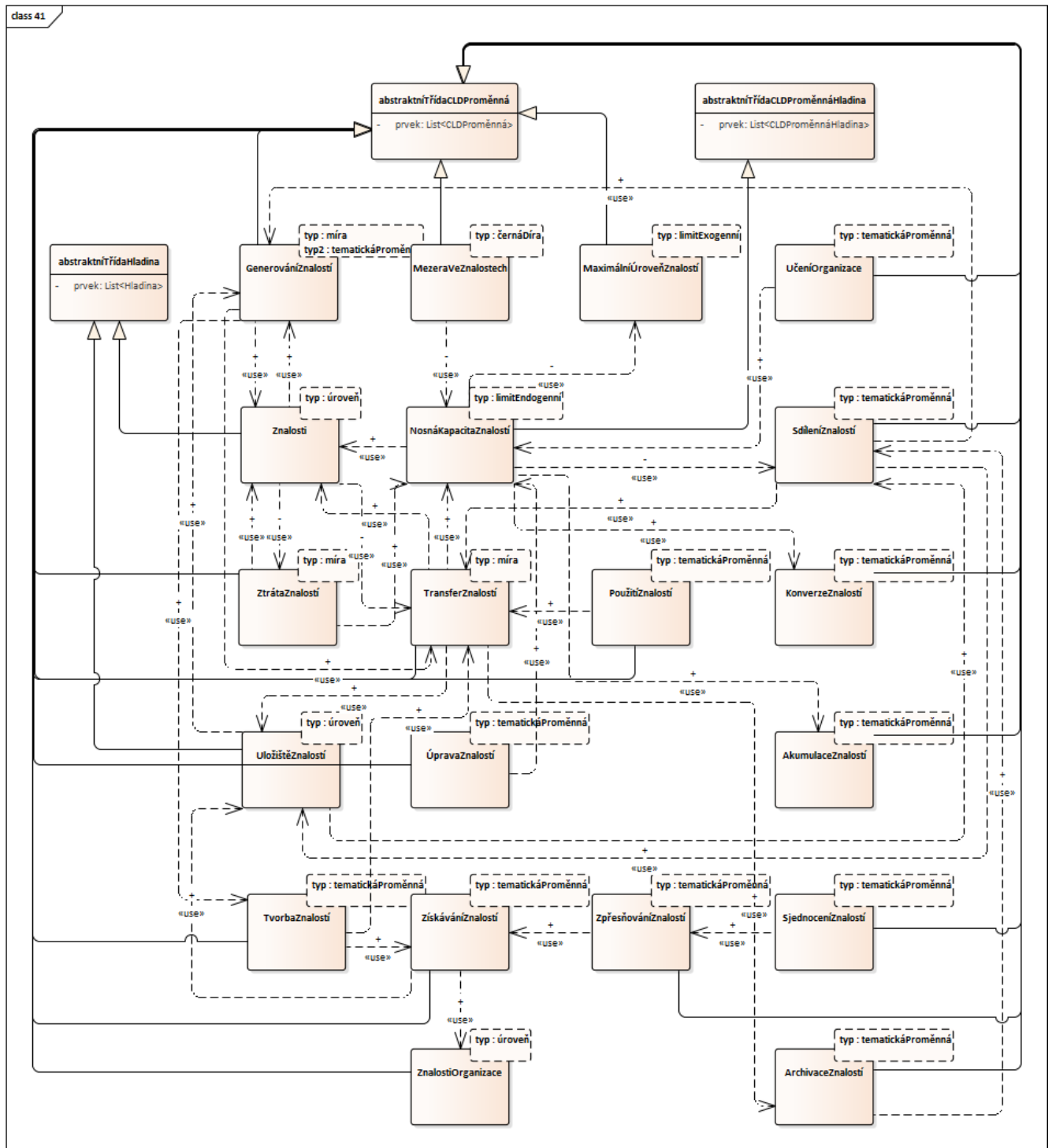
Poslední nalezený model, který byl tematicky věnovaný znalostním procesům při použití CLD je od Follador a Trabasso (2016) a je zachycen na obrázku 40.



Obrázek 40 Vybraná část modelu (přeloženo z (Follador & Trabasso, 2016))

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M0 – Instance.

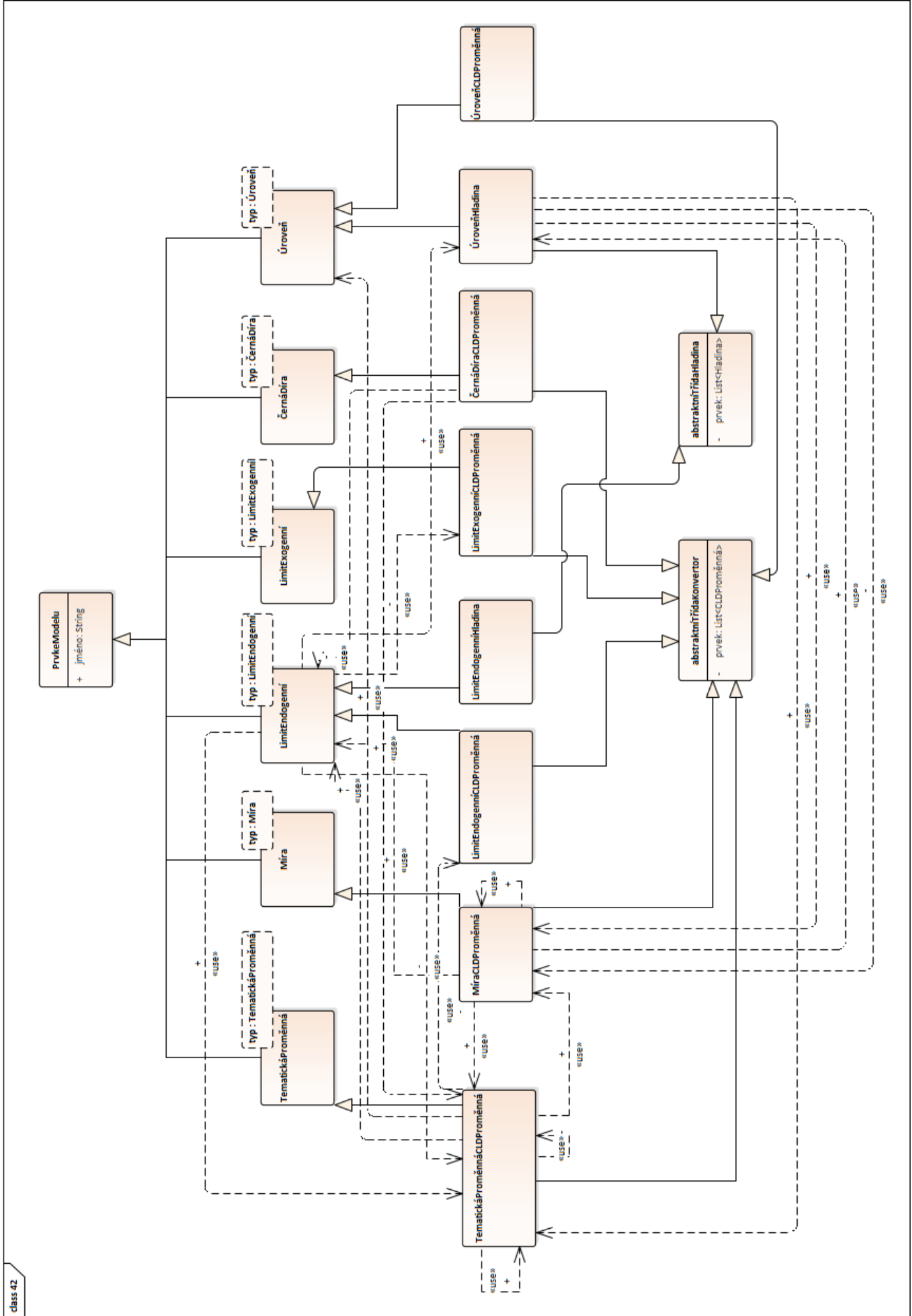
Obrázek 41 popisuje finální verzi integrovaných modelů CLD zaměřených na znalostní procesy.



Obrázek 41 Rozšíření modelu zachyceného obrázkem 40 (vlastní tvorba)

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M1 – Konkrétní model.

Na základě obrázku 41 bylo možné vytvořit metamodel vztahů mezi jednotlivými druhy proměnných. Tento metamodel je zachycen na obrázku 42.



Obrázek 42 Metamodel vazeb CLD v oblasti procesů znalostního managementu (vlastní tvorba)

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M2 – Metamodel.

4.1.2 Tvorba znalostí

Další oblastí, která vyplynula ze zkoumání použití systémové dynamiky v oblasti znalostního managementu, byla tvorba znalostí.

Při vytváření nebo přenosu znalostí vyplynulo z analýzy článků zabývajících se explicitními či tacitními znalostmi (Nezafati a kol., 2009; Otto, 2012; Rich & Duchessi, 2001), že sdílení znalostí není závislé na počtu držitelů a příjemců znalostí. Tedy existují situace, kde jednotlivec může přenášet znalosti dalšímu jednotlivci nebo skupině, a zároveň existují situace, kde znalosti vlastněné skupinou mohou být přenášeny na jednotlivce nebo na skupinu.

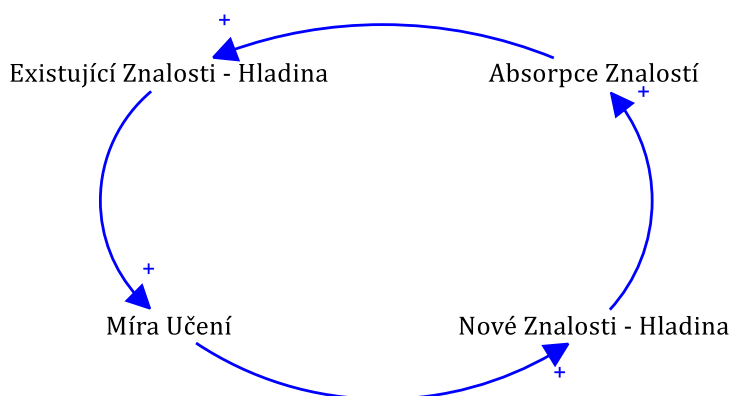
Na základě analýzy článků prezentovaných v kapitole 3.3 lze použít pro tvorbu metamodelu dělení znalostí na tacitní a explicitní. Na základě této analýzy vznikly další dvě vlastnosti, které lze přiřadit jednotlivým entitám, a to typ tacitních znalostí a typ explicitních znalostí.

Ve dvou ze tří případů se s tacitními a explicitními znalostmi pracovalo jako s jednou entitou (Otto, 2012; Rich & Duchessi, 2001). Zatímco Nezafati a kol. (2009) rozdělil v modelu znalosti na tacitní a explicitní.

V následujících modelech specifických tříd se pracuje s následujícími listy:

- List – CLDProměnná: proměnná
- List – hladina: hladina
- List – CLDProměnná Hladina: proměnná a hladina
- List – znalostiList – tacitní a explicitní

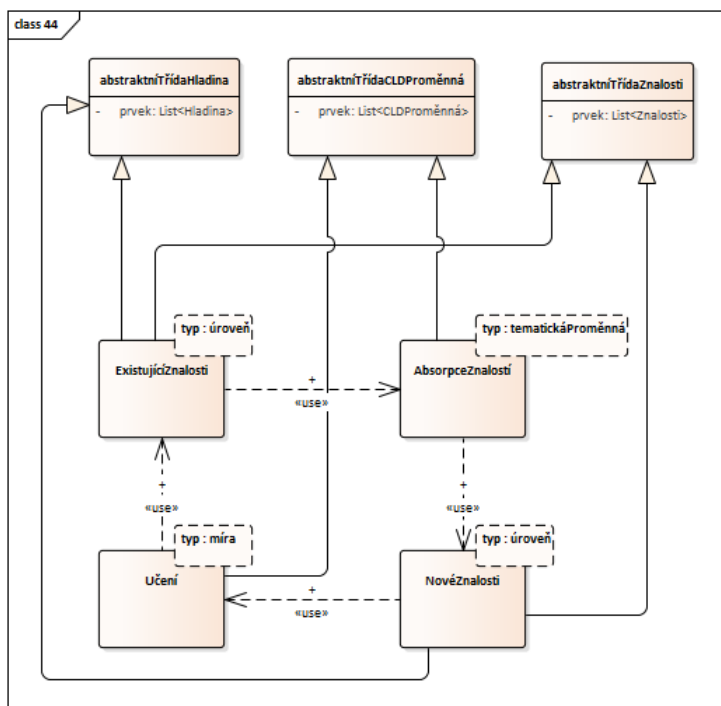
První část modelu SD pro přenesení do modelu specifických tříd je zachycena na obrázku 43.



Obrázek 43 Vybraná část modelu (přeloženo z (Otto, 2012))

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M0 – Instance.

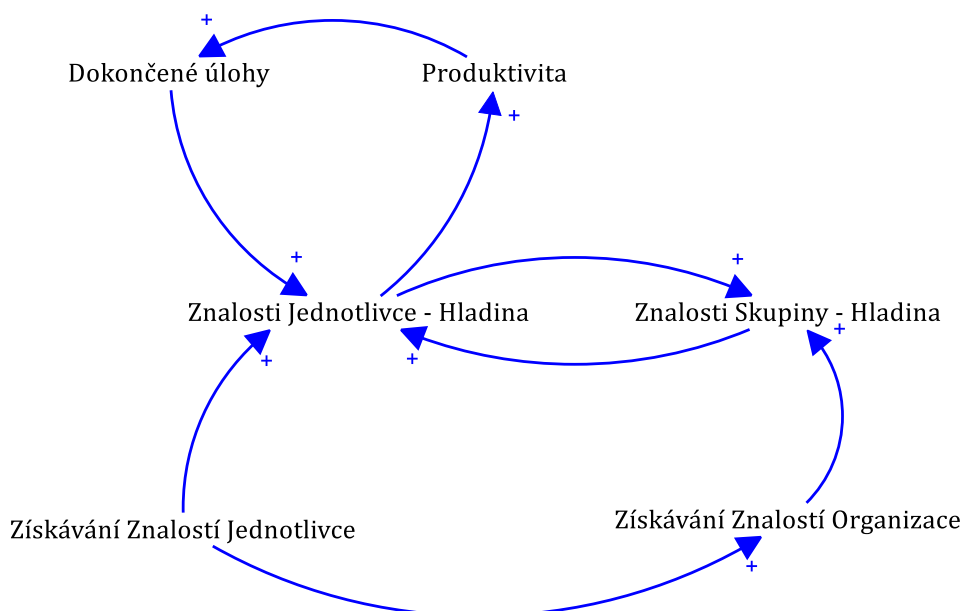
Na základě modelu od Otto (2012) byly vytvořeny čtyři specifické třídy, kde dvě reprezentují Úroveň, jedna Tematickou proměnnou a jedna Míru. Pro třídy zaměřené na Úroveň není v modelu prezentovaném obrázkem 43 jasně definováno, zda-li se jedná o znalosti tacitní nebo explicitní. Nicméně, lze se z kontextu modelu a článku domnívat, že je možné modelované znalosti definovat jako tacitní i explicitní.



Obrázek 44 Převedený model z obrázku 43 do modelu specifických tříd (vlastní tvorba)

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M1 – Konkrétní model.

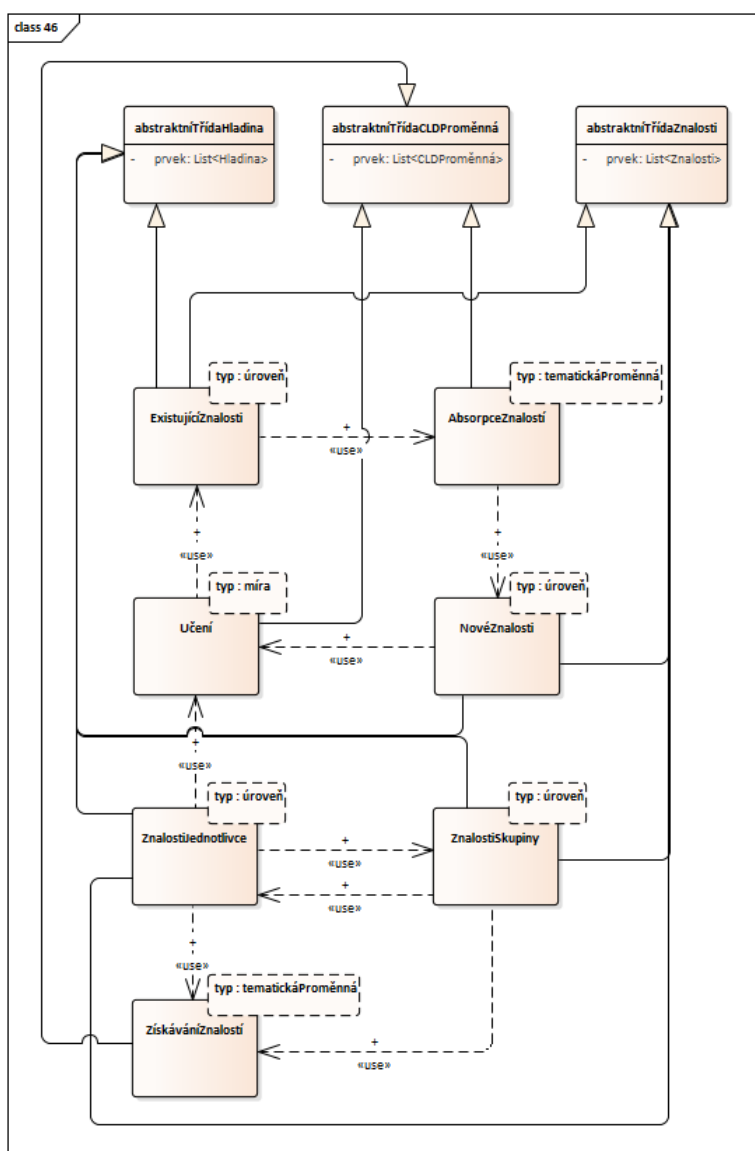
Další vybraná část modelu je zachycena na obrázku 45 a pochází z (Rich & Duchessi, 2001).



Obrázek 45 Vybraná část modelu (přeloženo z (Rich & Duchessi, 2001))

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M0 – Instance.

Na základě obrázku 45 proběhla integrace do modelu specifických tříd. Při zkoumání zachycených modelů na obrázcích 43 a 45 nedošlo k přímému průniku proměnných. Nicméně z kontextu modelu zachyceného obrázkem 45 a z pohledu zdrojového článku lze nahlížet na plnění úloh jako na způsob učení. Přístup Učení se praxí je popsán např. v (Reigeluth, 2013; Thompson, 2010) a jednou z jeho částí je učení se pomocí plnění úkolů. Na základě tohoto byl propojen model specifických tříd zachycený na obrázku 44 s vytvořeným modelem specifických tříd na základě obrázku 45. Výsledek je zachycen na obrázku 46.

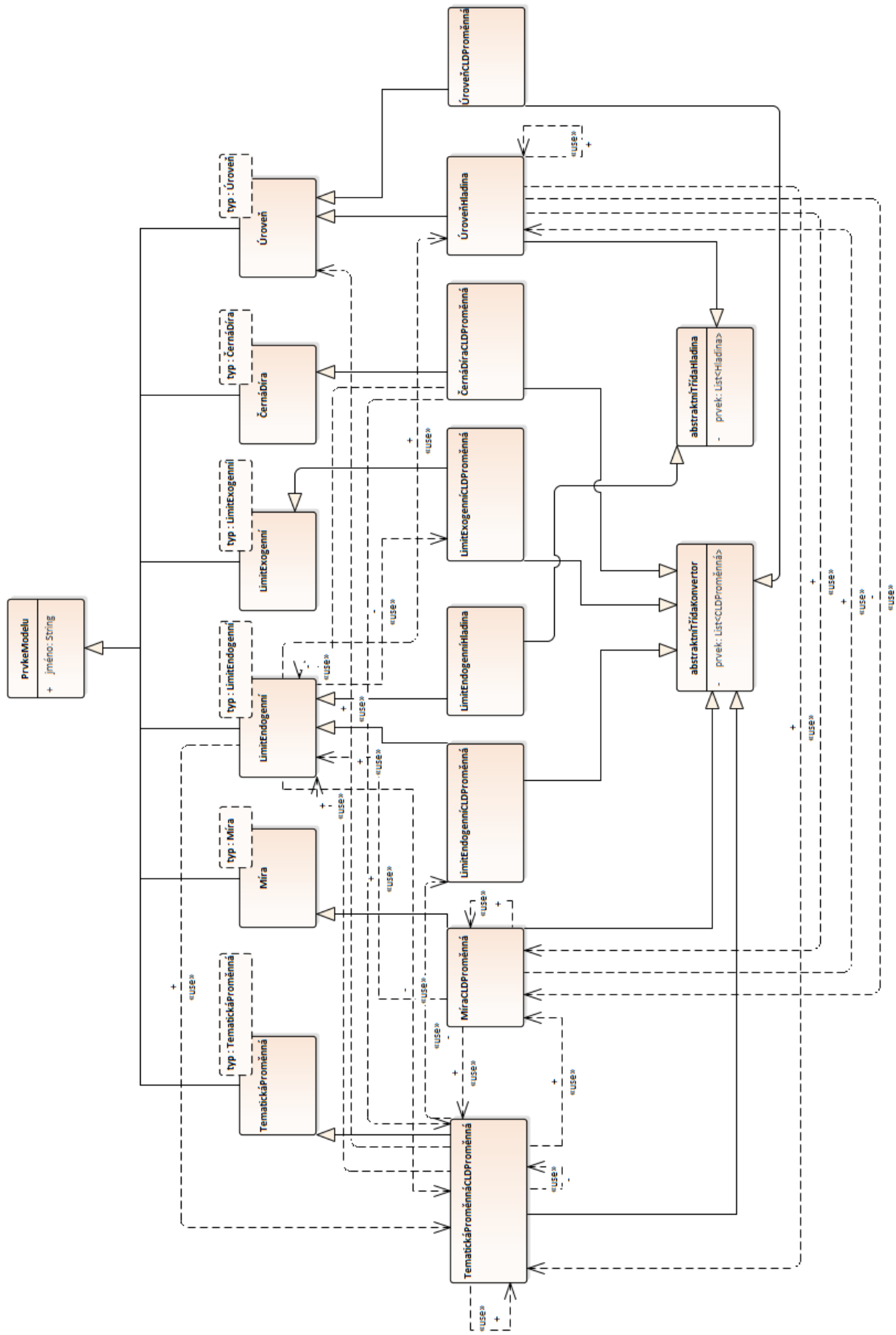


Obrázek 46 Rozšíření modelu zachyceného obrázkem 44 (vlastní tvorba)

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M1 – Konkrétní model.

Dalším krokem byla integrace modelu specifických tříd zachyceného na obrázku 46 do modelu specifických tříd zachyceného na obrázku 41. Výsledek je zachycen obrázkem 47.

Následně bylo možné rozšířit navrhovaný metamodel zachycený obrázkem 42 o nově získané poznatky. Konkrétně se jedná o rozšíření vazeb mezi specifickými třídami Úroveň, kde instance těchto tříd nyní mohou mezi sebou mít pozitivní vazbu.



Obrázek 48 Metamodel vazeb CLD v oblasti procesů znalostního managementu a druhů znalostí (vlastní tvorba)

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M2 – Metamodel.

4.2 Metamodely pro SFD

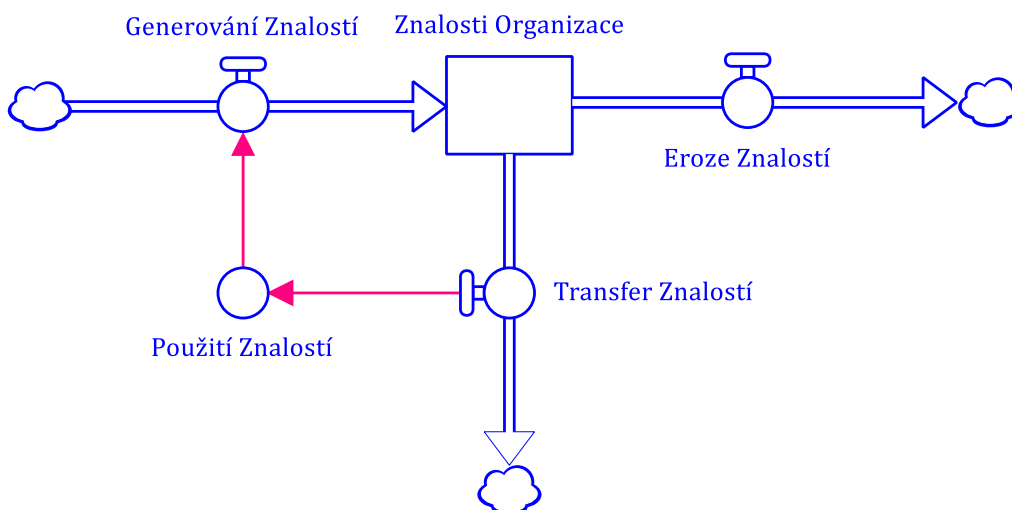
Při tvorbě metamodelu se postupovalo stejnou metodou, jako při tvorbě metamodelu pro CLD, která je popsána v kapitole 4.1.1.

Metamodel (obrázek 55) byl vytvořen na základě modelů prezentovaných v (Follador & Trabasso, 2016; Naseem & Shah, 2020; Otto, 2012). Jak je z metamodelu, zachyceného na obrázku 55, patrné, základna pro jednotlivé instance byla menší, než tomu bylo u metamodelu pro CLD.

V následujících modelech specifických tříd se pracuje s následujícími listy:

- List – přítok: přítok
- List – hladina: hladina
- List – odtok: odtok
- List – konvertor: konvertor
- List – přítokOdtok: přítok a odtok
- List – konvertorOdtokPřítok: konvertor, odtok a přítok

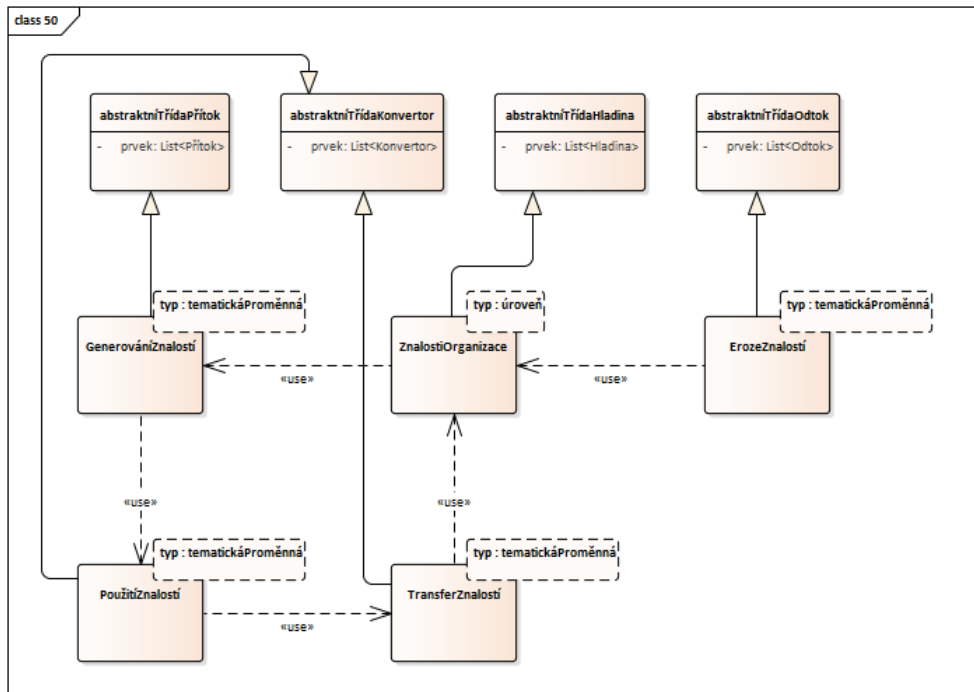
První vybraná část SFD je z (Follador & Trabasso, 2016) a je zachycena obrázkem 49.



Obrázek 49 Vybraná část modelu (přeloženo z (Follador & Trabasso, 2016))

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M0 – Instance.

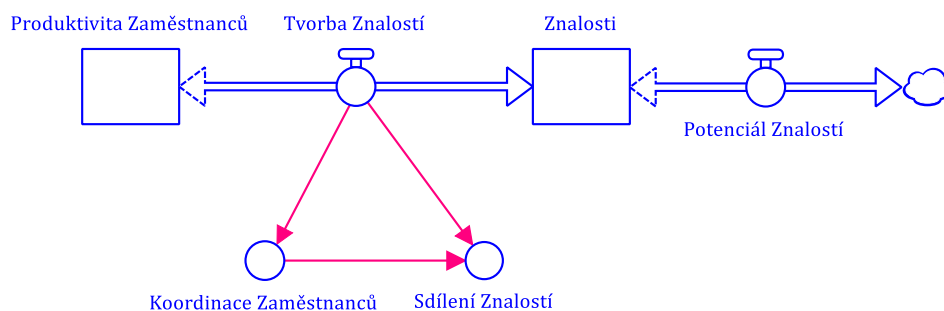
Tento model by přetvořen do modelu specifických tříd, který je zachycen na obrázku 50. Na rozdíl od předchozích modelů specifických tříd se v něm nevyskytuje zachycení polarit vazeb, a to z důvodu jejich absence v modelech SFD.



Obrázek 50 Převedený model z obrázku 49 do modelu specifických tříd (vlastní tvorba)

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M1 – Konkrétní model.

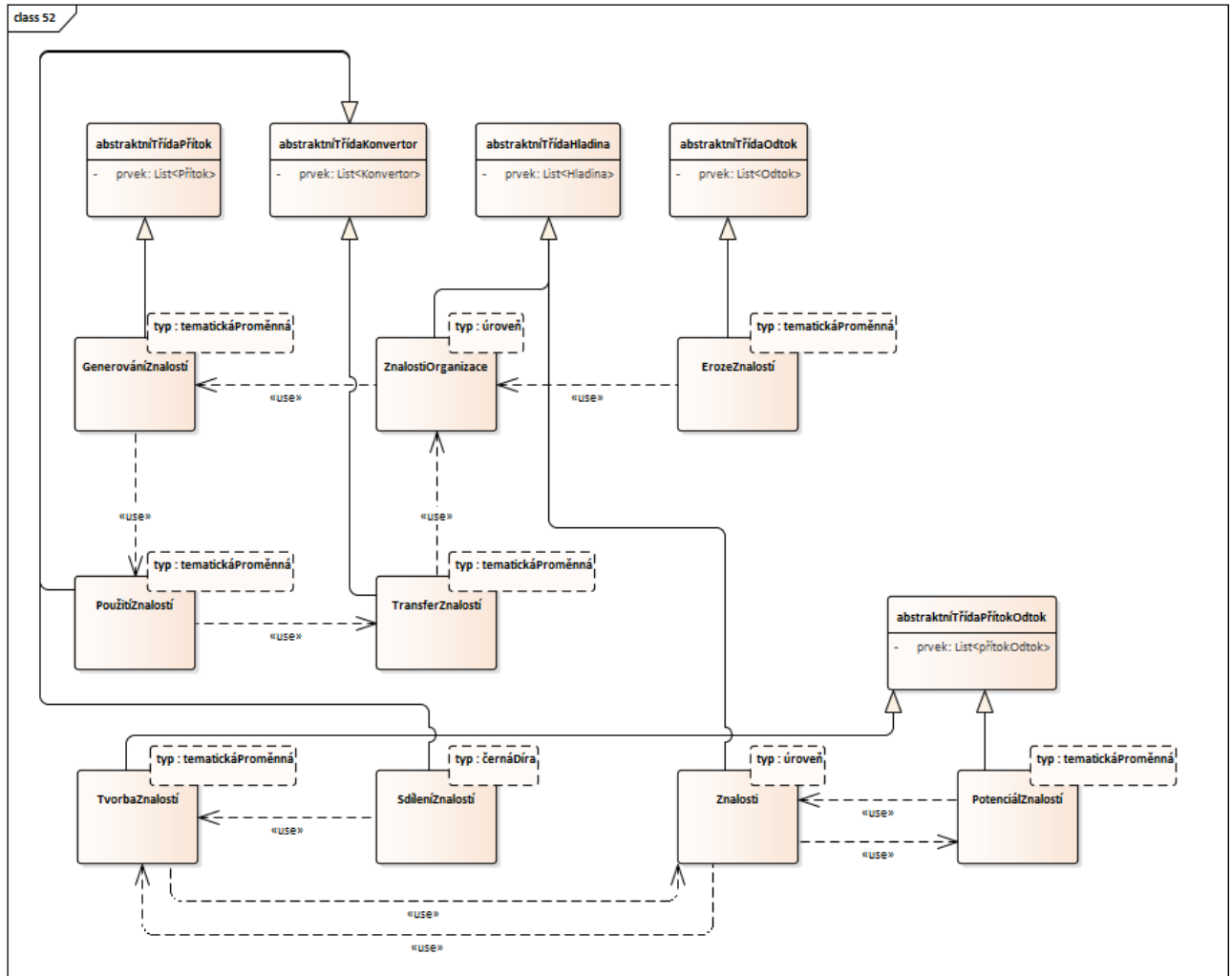
Druhý zkoumaný model je od Naseem a Shah (2020) a jeho vybraná část je zachycena na obrázku 51.



Obrázek 51 Vybraná část modelu (přeloženo z (Naseem & Shah, 2020))

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M0 – Instance.

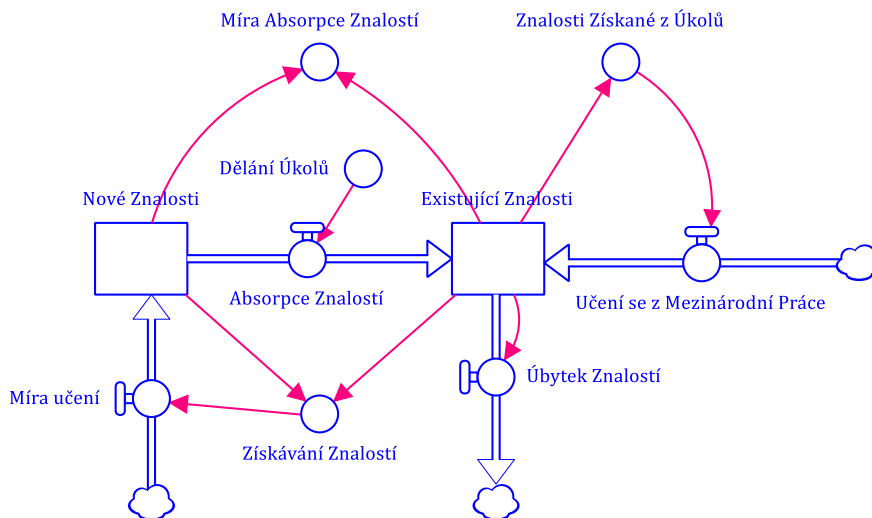
Následně byl nově vytvořený model specifických tříd integrován do již vytvořeného modelu tříd (zachyceného na obrázku 50). Jak je z obrázku 52 patrné, nedošlo k průniku vazeb mezi jednotlivými třídami.



Obrázek 52 Rozšíření modelu zachyceného obrázkem 51 (vlastní tvorba)

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M1 – Konkrétní model.

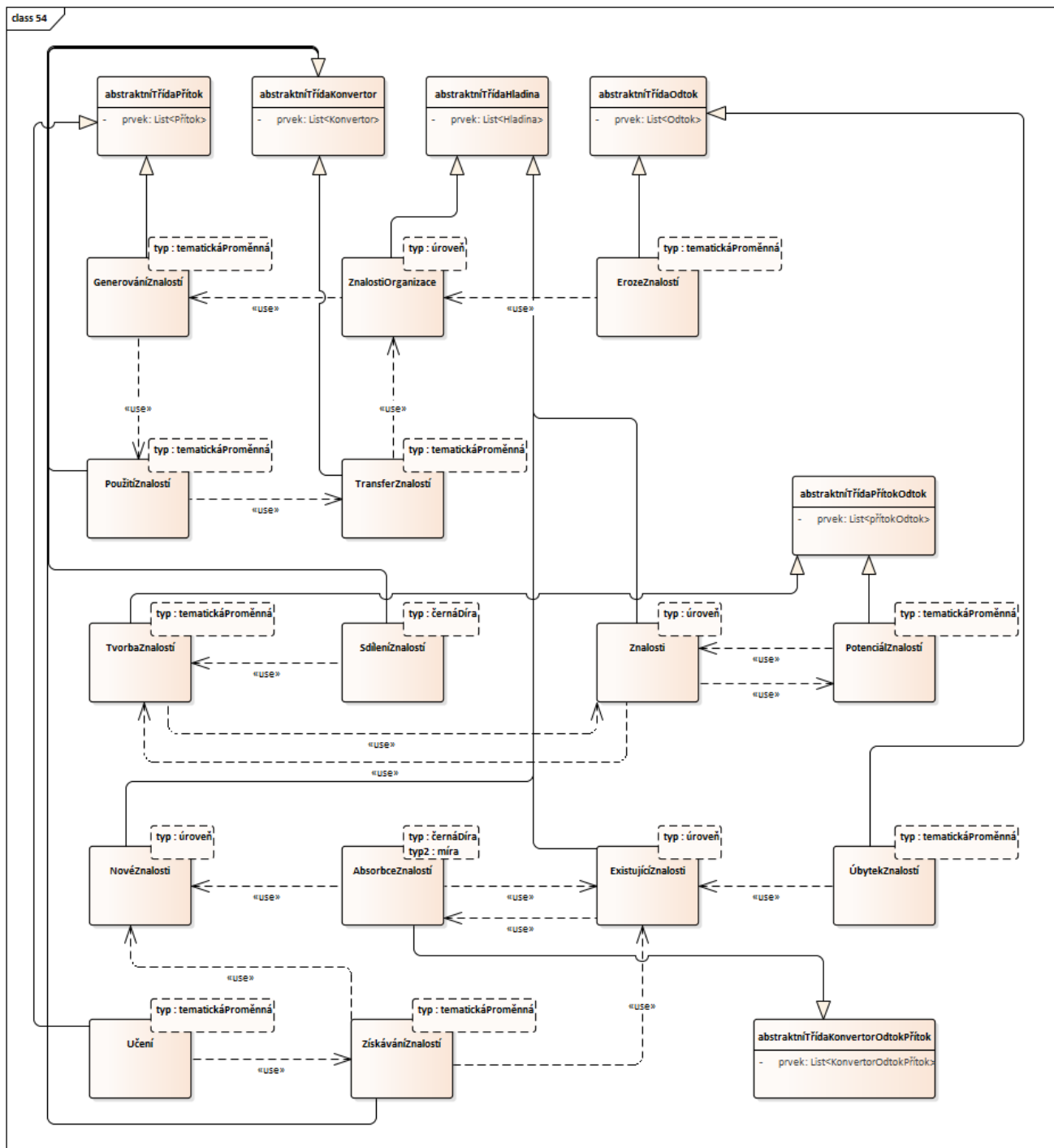
Třetí vybraný SFD je prezentovaný v (Otto, 2012) a jeho vybraná část je prezentována na obrázku 53.



Obrázek 53 Vybraná část modelu (přeloženo z (Otto, 2012))

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M0 – Instance.

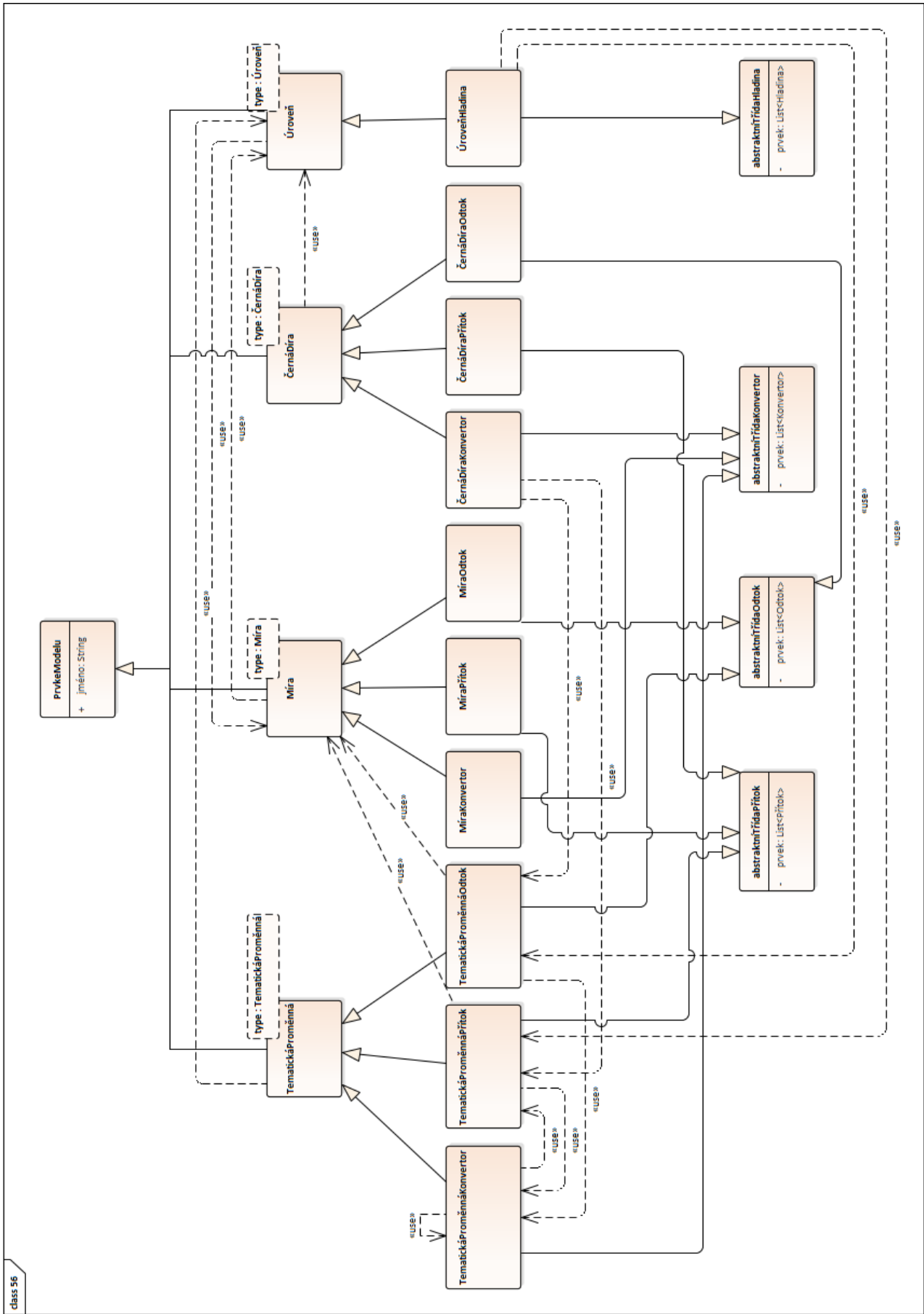
Následně byl tento model přetvořen do modelu tříd a integrován do předchozího modelu specifických tříd (zachyceného obrázkem 52). Jak je z obrázku 54 patrné, opět nedošlo k průniku proměnných ve zkoumaných modelech.



Obrázek 54 Rozšíření modelu zachyceného obrázkem 52 (vlastní tvorba)

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M1 – Konkrétní model.

Na základ vytvořeného modelu specifických tříd (obrázek 54) bylo možné vytvořit metamodel pro zachycení vazeb mezi jednotlivými třídami metamodelu. Na rozdíl od metamodelu prezentovaného obrázkem 48 nejsou v metamodelu pro SFD definovány polariry vazeb. Tato část není zahrnuta z důvodu jejich nepoužití v SFD. Dalším rozdílem je rozdělení tříd podle jejich způsobu modelování v SFD. Na rozdíl od metamodelu zaměřeného na CLD, kde byly třídy děleny na proměnné a hladiny, v metamodelu pro SFD je dělení na konvertory, hladiny, přítoky a odtoky.



Obrázek 55 Metamodel vazeb SFD v oblasti procesů znalostního managementu (vlastní tvorba)

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M2 – Metamodel.

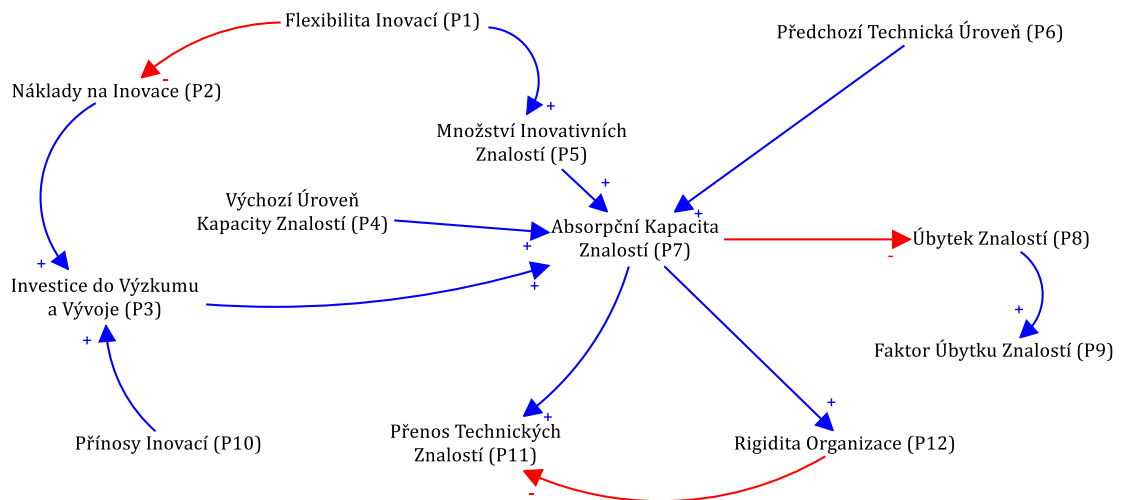
Tabulka 16 Vyjádření vazeb z obrázku 56 (vlastní tvorba)

	Z/Na	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P1	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17
Míra	P1		V.															
Tematická proměnná	P2			V.														
Úroveň	P3					V.	V.	V.										
Míra	P4					V.												
Tematická proměnná	P5																	
Tematická proměnná	P6												V.					
Tematická proměnná	P7												V.					
Tematická proměnná	P8												V.					
Tematická proměnná	P9												V.					
Tematická proměnná	P1												V.					
Tematická proměnná	P11						V.											
Tematická proměnná	P12													V.				
Úroveň	P13							V.										V.
Tematická proměnná	P14													V.				
Míra	P15															V.		
Tematická proměnná	P16																	
Míra	P17																	V.

Pozn.: V. značí existující propojení mezi proměnnými.

Validace CLD metamodelu

Model zachycený na obrázku 57 lze převést do tabulky 16, která zachycuje jednotlivé proměnné, jejich druh a polaritu vazeb mezi jednotlivými proměnnými. Model zachycený obrázkem 57 odpovídá pravidlům metamodelu z obrázku 48. Vzhledem k počtu prezentovaných modelů systémové dynamiky se zaměřením na znalostní management je možné, že bude metamodel v budoucnu rozšířen o několik možných množin vazeb.



Obrázek 57 Vybraná část modelu (přeloženo z (Deng a kol., 2022))

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M0 – Instance.

Tabulka 17 Vyjádření vazeb z obrázku 57 (vlastní tvorba)

	Z/Na	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Tematická proměnná	P1					P.							
Tematická proměnná	P2	N.											
Tematická proměnná	P3			P.									
Tematická proměnná	P4												
Tematická proměnná	P5												
Tematická proměnná	P6												
Tematická proměnná	P7												
Tematická proměnná	P8								N.			P.	P.
Černá díra	P9									P.			
Tematická proměnná	P10				P.								
Tematická proměnná	P11												
Limit endogenní	P12											N.	

Pozn.: N. značí existující negativní zpětnou vazbu mezi proměnnými; P. značí existující pozitivní zpětnou vazbu mezi proměnnými.

4.4 Kombinace modelů

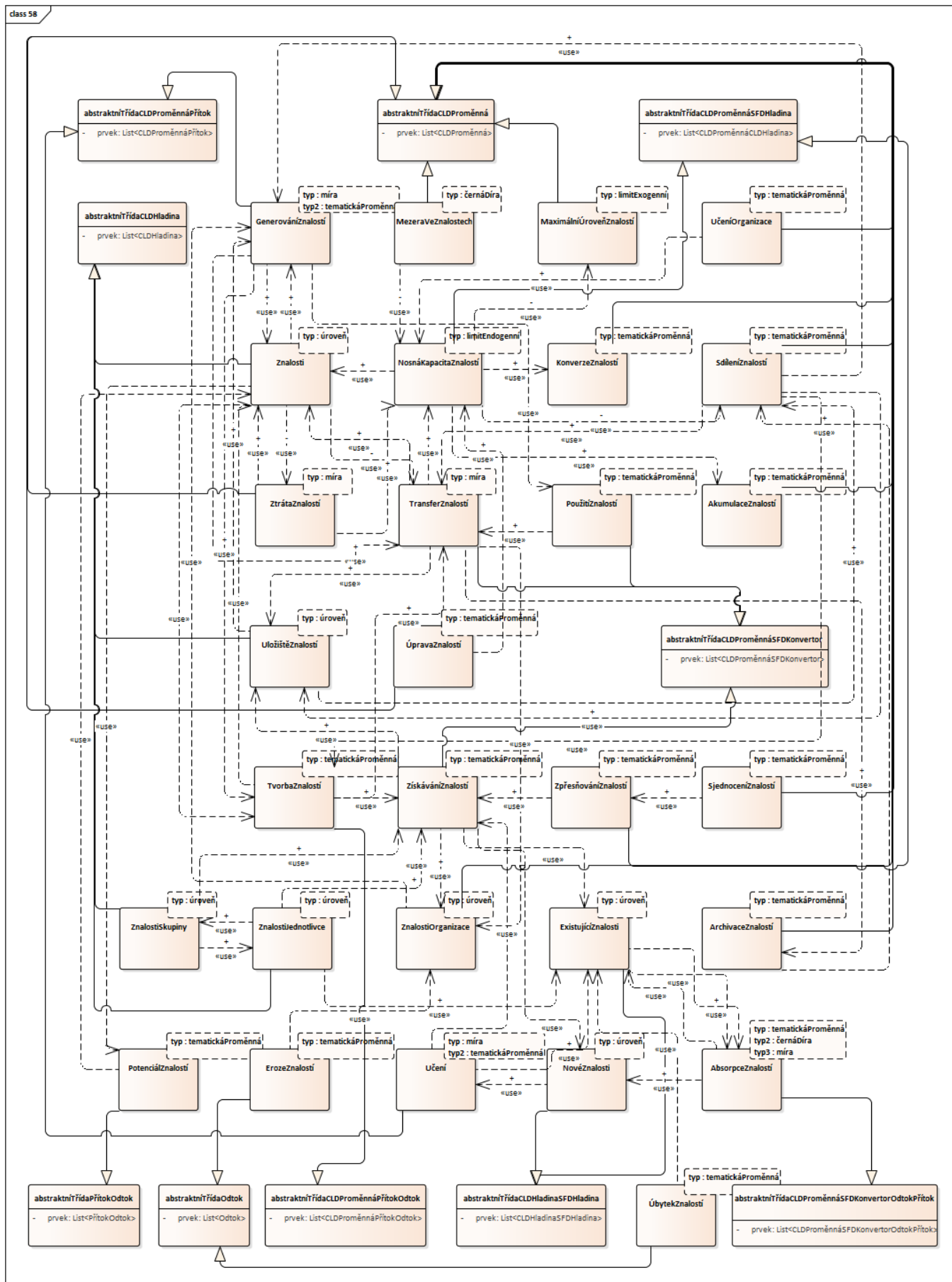
Při porovnání jednotlivých instancí modelů tříd pro CLD se zaměřením na znalostní procesy (obrázek 41), znalosti (obrázek 46) a SFD (obrázek 54) existuje překryv mezi jednotlivými modely. Zároveň existuje z pohledu systémové dynamiky spojitost mezi CLD a SFD, kde se v běžné praxi vychází z CLD jako výchozího bodu pro tvorbu SFD. Proto bylo dalším logickým krokem vytvoření kombinace modelů tříd.

Na obrázku 58 je tento model specifických tříd zachycen. Při tvorbě metamodelu se postupovalo následovně:

- 1) U specifických tříd se stejným názvem byly sloučeny jejich vlastnosti.
- 2) U specifických tříd se stejným názvem byly sloučeny jejich vztahy a vlastnosti vazeb.

V následujících modelech specifických tříd se pracuje s následujícími listy:

- List – CLDProměnná: CLD-proměnná
- List – CLDhladina: CLD-hladina
- List – odtok: SFD-odtok
- List – přítokOdtok: SFD-přítok a SFD-odtok
- List – CLDProměnná Přítok: CLD-proměnná a SFD-přítok
- List – CLDProměnná SFDkonvertor: CLD-proměnná a SFD-konvertor
- List – CLDProměnná SFDkonvertorSFDkonvertorOdtokPřítok: CLD-proměnná, SFD-konvertor, SFD-odtok a SFD-přítok
- List – CLDProměnnáOdtok: CLD-proměnná a SFD-odtok
- List – CLDProměnnáSFDhladina: CLD-proměnná a SFD-hladina
- List – CLDhladinaSFDhladina: CLD-hladina a SFD-hladina
- List – znalostiList – tacitní a explicitní



Obrázek 58 Kombinace modelů zachycených obrázkem 47 a 54 (vlastní tvorba)

Pozn.: Z pohledu tvorby metamodelu je nahlíženo na tento obrázek jako na úroveň M1 – Konkrétní model.

Dalším krokem bylo vytvoření syntézy počtu vstupů a výstupů zkoumaných proměnných. Jak je z tabulky 18 patrné, nejvíce vstupů měla proměnná Generování znalostí. Při bližším pohledu na výsledky syntézy, tato proměnná v modelech 1, 3 a 10 se blížila ke stavu nazývanému „dead buffalo“. Tedy měla nepoměrný počet vstupů vůči výstupům. Například proměnná Transfer znalostí se k tomuto stavu blíží pouze jednou, tudíž lze předpokládat, že tato proměnná byla, z pohledu systémové dynamiky, lépe použita.

Dále je z tabulky 18 možné vyzorovat proměnné, které fungují, jako černé díry (Sdílení znalostí a Mezera ve znalostech). Tedy nemají žádný výstup a jejich funkce v modelech je jen deklarativní nebo pro zachycení výsledku simulace.

Tabulka 18 Počet vstupů a výstupů jednotlivých proměnných (vlastní tvorba)

Proměnná	CLD Znalostní procesy														CLD Znalosti				SFD Znalostní procesy						Celkem	
	M1 ⁵		M2		M3		M4		M5		M6		M7		M8		M9		M10		M11		M12		PI	PO
	PI ⁶	PO ⁷	PI	PO	PI	PO	PI	PO	PI	PO	PI	PO	PI	PO	PI	PO	PI	PO	PI	PO	PI	PO	PI	PO		
Absorpce Znalostí	0														1	1						3+2 ⁸	1+1 ⁹	6	3	
Akumulace Znalostí	0		0	1																				0	1	
Archivace Znalostí	0												1	1										1	1	
Eroze Znalostí	0																	4	1					4	1	
Existující Znalosti	0														1	3						2	4	3	7	
Generování Znalostí	5	1			8	1	2	1	1	1	1	1	1	1					6	1				24	7	
Konverze Znalostí	0		0	1																				0	1	
Maximální Úroveň Znalostí	0	1																						0	1	
Mezera Ve Znalostech	2	0																						2	0	
Nosná Kapacita Znalostí	2	1	5	4																				7	5	
Nové Znalosti	0														1	2						1	3	2	5	
Potenciál Znalostí	0																				1	1		1	1	
Použití Znalostí	2	1												1	1			2	2					5	4	
Sdílení Znalostí	0		0	1	5	1	1	1	1	1				1	1					2	0			10	5	
Sjednocení Znalostí	0						1	1																1	1	
Transfer Znalostí	2	2			5	1	2	2						1	1			3	2					13	8	
Tvorba Znalostí	0						2	2	1	1											2	2		5	5	
Úbytek Znalostí	0																					3	1	3	1	
Učení	0														2	1	2	1				3	1	7	3	
Učení Organizace	0		3	2																				3	2	
Uložiště Znalostí	0				3	1	1	1																4	2	
Úprava Znalostí	0				1	2																		1	2	
Získávání Znalostí	0						2	2																2	2	
Získávání Znalostí Znalosti	0															1	1					3	1	4	2	
Znalosti	3	5																			2	2		5	7	
Znalosti Jednotlivce	0																4	2						4	2	
Znalosti Organizace	0							1	1										1	2				2	3	
Znalosti Skupiny	0																3	1						3	1	
Zpřesňování Znalostí	0					1	1																	1	1	
Ztráta Znalostí	2	1																						2	1	

⁵ M1 – Model 1

⁶ PI – Počet Vstupů

⁷ PO – Počet Výstupů

⁸ V modelu se nacházely dvě proměnné Absorpce Znalostí

⁹ V modelu se nacházely dvě proměnné Absorpce Znalostí

5 Diskuse výsledků

V této kapitole proběhne diskuse vybraných výsledků a potenciální budoucí vědecká činnost. Veškeré výsledky, aktivity a publikace zaměřené na téma disertační práce jsou shrnuty v kapitolách 7.1 a 7.3 s kompletním výčtem publikací zaměřených na téma disertační práce v kapitole 8.1. Další publikační činnost je popsána v kapitole 7.2 s celkovým výčtem v kapitole 8.2. Seznam projektů je přiložen v kapitole 8.3.

5.1 Rešeršní činnost

Rešeršní činnost měla dva hlavní cíle, a to ověřit, zda má systémová dynamika a její nástroje potenciál pro znalostní management nebo jeho některé části a zda se systémová dynamika pro znalostní management nebo jeho části používá ve vědeckých komunitách.

Vzhledem k roli výsledků z rešeršní činnosti pro disertační práci bylo potřeba zaručit vysokou úroveň objektivnosti. Na základě tohoto důvodu byla pro všechny rešerše použita metodika PRISMA pro systematické rešerše. Což umožnilo vytvořit komplexní pohled na danou problematiku.

Jedním z hlavních výstupů ze systematické rešerše zaměřené na popsání aplikace systémové dynamiky napříč vědními obory je popis rozložení použití systémové dynamiky. Z kterého vyplývá, že nejčastěji se systémová dynamika používá v oblasti byznysu, přírody a zdravotnictví. Dále je v této systematické rešerši zachyceno použití modelovacích způsobů systémové dynamiky, metod pro validaci a verifikaci modelů a provázanost jednotlivých článků.

Systematická rešerše zaměřená na průnik vědního oboru systémové dynamiky a znalostního managementu přináší základ pro vytvoření metamodelu aplikace systémové dynamiky pro znalostní management. Mezi hlavní výsledky této systematické rešerše patří rozdělení aktuální vědecké činnosti v oblasti systémové dynamiky a znalostního managementu do dvou hlavních proudů. A to do kategorie, ve které se používá systémová dynamika jako nástroj pro modelování znalostního managementu a jeho prvků nebo zachycení kauzality mezi jednotlivými prvky

znalostního managementu a na kategorii, ve které se používá systémová dynamika jako nástroj pro některé znalostní procesy.

5.2 Metamodel

Vytvořené metamodely jsou postaveny na základě systematické řešeršní činnosti. Základní stavební prvky lze rozdělit několika způsoby. První takový způsob je podle použití v modelu systémové dynamiky a to na:

- CLD
 - Proměnná
 - Hladina
- SFD
 - Konvertor
 - Hladina
 - Přítok
 - Odtok
- Vazba
 - Pozitivní
 - Negativní
 - Bez polarity

Další možné dělení je podle druhu znalostí:

- Tacitní
- Explicitní
- Individuální
- Skupinové

Poslední uvedené dělení je možné podle funkce prvku a to na:

- Tematické proměnné
- Limitní proměnné s endogenním vstupem
- Limitní proměnné s exogenním vstupem
- Míra
- Černá díra
- Úroveň

Při tvorbě metamodelů se kladl důraz na dodržování stanovených postupů. Základ pro vytvořené metamodely byl vytvořen za pomoci metodiky PRISMA. Tento

postup byl zvolen proto, aby navržený metamodel měl stabilní základ. Metamodely byly podrobeny validaci na základě prezentovaných modelů systémové dynamiky ve vědeckých příspěvcích publikovaných v odborných časopisech. Nicméně vzhledem k počtu dostupných odborných publikací je možné, že navržený model bude v budoucnu podroben úpravám.

5.3 Budoucí vědecká činnost

Na výsledky vědecké činnosti lze navázat několika způsoby. První možností je aplikace vytvořeného metamodelu a jeho pravidel pro případové studie, kde by vytvořený metamodel plnil obecnou funkci metamodelů, tedy stanovoval hranice pro aplikační modely. Tato možnost má potenciál pro prohlubování aplikace systémové dynamiky v oblasti znalostního managementu. Zároveň tato možnost umožňuje zpřesňování prezentovaného metamodelu.

Druhou eventualitou vědecké činnosti je zkoumání ostatních způsobů tvorby modelů systémové dynamiky, za pomoci programovacích jazyků a blokové algebry, pro usazení do znalostního managementu. Tato možnost skýtá potenciál ať už jen pro rozšíření samotného vědního oboru systémové dynamiky, nebo pro použití systémové dynamiky v oblasti znalostního managementu. Z pohledu samotné systémové dynamiky tato možnost má potenciál přinést exaktnější pohled na tvorbu modelů ve vědecké komunitě systémové dynamiky. Podužívanost těchto způsobů tvorby modelů systémové dynamiky je patrná z výsledků systematických rešerších prezentovaných v této práci (kapitoly 3.1.8 a 3.3). Z pohledu použití modelů systémové dynamiky, vytvořených za pomoci programovacího jazyka nebo blokové algebry, ve znalostním managementu je potenciál v přiblížení možností znalostního managementu v praxi, kde tento způsob má možnost obor znalostního managementu přiblížit pracovníkům z technického prostředí.

Vytvořené metamodely a modely specifických tříd otevírají možnosti dalšího výzkumu, a to v oblasti statistiky. Konkrétně lze změnit pohled na vytvořené modely z pohledu systémově-dynamického k pohledu statistickému. Tato změna pohledu může být provedena na základě charakteristických vlastností prvků modelu systémové dynamiky, které jsou definovány na základě standardu XMILE.

6 Závěr

Cílem tohoto výzkumu bylo ověření potenciálu systémové dynamiky a jejích dílčích částí pro možnosti znalostního managementu. V první části této práce byla, mimo jiné, popsána systémová dynamika a různé způsoby tvorby modelů systémové dynamiky a nástroje pro tvorbu těchto modelů. Na tuto činnost navazuje rešeršní práce se zaměřením na systémovou dynamiku a znalostní management.

V obecné systematické literární rešerši byly představeny oblasti, ve kterých je systémová dynamika poměrně dobře etablovaná a oblasti, ve kterých má systémová dynamika značný potenciál pro využití. Z obecné systematické rešerše dále vyplývá, že systémová dynamika nachází využití napříč vědními obory, kde se používá pro zachycení kauzality v systému, struktury systému, stavů proměnných v systému, k predikci budoucích stavů proměnných v systému a pro podporu rozhodování. Jinými slovy lze nazvat použití systémové dynamiky jako nástroj pro práci s explicitními i tacitními znalostmi.

Následně byla vytvořena systematická rešerše se zaměřením na průnik disciplín znalostního managementu a systémové dynamiky. Výsledky z této činnosti poukazují na potenciál systémové dynamiky pro znalostní management, ať už z pohledu modelování prvků znalostního managementu, nebo použití systémové dynamiky jako nástroje pro znalostní procesy.

Na základě systematické rešerše a vybraných článků byly sestaveny metamodely a pravidla metamodelů pro tvorbu modelů systémové dynamiky zaměřených na zachycení kauzálních vazeb mezi znalostními procesy, prvky znalostního managementu a druhů znalostí. Tyto metamodely a jejich pravidla mají různá budoucí potenciální využití. Prvním z nich je zkvalitnění budoucích modelů systémové dynamiky se zaměřením na znalostní management. Druhé možné budoucí využití je v potenciálu zvýšení vědecké činnosti ve zmiňovaných oblastech. Třetí potenciální použití je v soukromé sféře, kde může navržený metamodel a jeho pravidla usnadnit implementaci znalostního managementu.

Tato práce otvírá možnosti budoucího výzkumu, který může být zaměřen na prohlubování již popsaných poznatků nebo na posouzení potenciálu jiných forem diagramů hladin a toků pro znalostní management.

7 Přehled autorových výsledků

Tato kapitola se skládá z šesti hlavních částí. První část se věnuje tvorbě systematických rešerší a výsledkům z nich. Druhá část je zaměřena na časté chyby při tvorbě modelů systémové dynamiky. Třetí část je zaměřena na způsoby tvorby modelů systémové dynamiky v různých nástrojích. Ve čtvrté části jsou představeny vlastní publikace zaměřené na téma disertační práce. V páté části jsou představy zbývající vlastní publikace. V poslední části jsou představeny další vědecko-výzkumné činnosti autora, které nejsou uvedeny v přehledu odborných vědecko-výzkumných aktivit.

7.1 Autorovy publikace zaměřené na téma disertační práce

V této subkapitole jsou představeny doktorandovy publikace zaměřené na téma disertační práce.

První publikace byla zaměřena na autodopravu (Bureš, Režný, a kol., 2020). Článek souvisí s prvním dílčím cílem, a to modelováním tvrdých systémů. V článku byl představen diagram hladin a toků zachycující páteřní autodopravní síť. Oproti většině modelů systémové dynamiky byl model postaven na mikro úrovni. Díky tomuto přístupu lze na model pohlížet, jako na předmět, který uchovává znalosti o sestavení páteřní sítě (diagram) a chování aktérů na makro úrovni (simulace). Článek byl publikován v časopise SAGE journals SIMULATION.

Druhá publikace byla již popsána v kapitole 3.1.8. Jedná se o systematickou rešerši zaměřenou na aplikaci systémové dynamiky v oblasti turismu (Zanker & Štekerová, 2020). Tato systematická rešerše ukazuje dosavadní použití systémové dynamiky v oblasti turismu a možnou budoucí aplikaci systémové dynamiky v této oblasti. Navíc tato publikace umožňuje těsnější spolupráci napříč katedrami na fakultě Informatiky a managementu, konkrétně mezi Katedrou informačních technologií a Katedrou cestovního ruchu. Tento článek byl publikován ve formě konferenčního příspěvku na vědecké konferenci Hradecké Ekonomické Dny 2020, která je indexována v databázi vědeckých publikací Web of Science.

Další již dříve představenou publikací je článek zaměřený na chyby při tvorbě diagramů kauzálních smyček (Bureš a kol., 2019), která byla představena v kapitole 3.1.9. Tento příspěvek analyzuje chyby při tvorbě CLD a jejich možné příčiny. V oblastech využívající nástroje systémové dynamiky se objevují publikace s bazálními chybami v diagramech systémové dynamiky. Navíc tomuto problému není věnována přílišná pozornost. Tudíž tento článek má potenciál rozvíjet korektní aplikaci systémové dynamiky. Článek byl publikován jako příspěvek na vědeckou konferenci International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Pilsen 2019, která je indexována v databázi vědeckých publikací Scopus. Následně byla upravená verze publikována v International Journal of Intelligent Engineering Informatics v následující podobě (Bureš, Otčenášková, a kol., 2020).

V oblasti znalostního managementu byla vytvořena systematická rešerše v oblasti informačních a komunikačních technologií ve znalostním managementu (Dávideková a kol., 2020b). V této rešerši se postupovalo podle metodických pokynů modelu PRISMA (2021). Do kvalitativní analýzy bylo zařazeno 460 článků. Jedním z výsledků byla syntéza zaměření informačních a telekomunikačních technologií podle typu technologie (asynchronní s pasivní interakcí, asynchronní s aktivní interakcí, synchronní s aktivní interakcí a synchronní s pasivní interakcí). Tento článek zachycuje aktuální trendy v oblasti informačních a telekomunikačních technologií, tudíž umožňuje definovat budoucí vědeckou činnost. Navíc tento článek vznikl v mezinárodním autorském týmu, což otevírá příležitosti pro budoucí mezinárodní spolupráci. Článek byl nejprve publikován jako příspěvek na konferenci Hradecké Ekonomické Dny 2020, která je indexována v databázi vědeckých publikací Web of Science v následující podobě (Dávideková a kol., 2020b), následně byl doplněn (upraven) a publikován v časopise Acta Informatica Pragensia, který je indexován v databázi vědeckých publikací Scopus, v následující podobě (Dávideková a kol., 2020a).

Mezi další spoluautorské publikace zaměřené na téma disertační práce patří již v práci představené systematické rešerše. Konkrétně se jedná o (Zanker, Bureš, &

Tučník, 2021) a (Zanker & Bureš, 2022). Oba články byly publikované v impaktovaném časopise *Systems*.

Poslední dvě publikace spadající do tématu disertační práce jsou aktuálně v recenzím řízení. V prvním článku je prezentována systematická rešerše o použití nástrojů a metod pro modelování tsunami a vytvořený model systémové dynamiky se zaměřením na tsunami a jeho následné dopady. Tato publikace spadá do dvou podcílů disertační práce, a to modelování tvrdých, měkkých a komplexních systémů, a to z důvodu hybridního charakteru prezentovaného modelu. Tento článek je zaslán do impaktovaného časopisu *Pure and Applied Geophysics*. Druhý článek v recenzím řízení je zaměřen na použití tradičních znalostí v oblasti tsunami napříč celým světem. Tento článek je zaslán do impaktovaného časopisu *International Journal of Disaster Risk Reduction*.

7.2 Autorovy další publikace

Během doktorandova studia byly publikovány i články, které přímo nesouvisí s tématem disertační práce. Nicméně jsou významné pro budoucí vědeckou činnost, ať už z důvodu mezinárodní spolupráce, spolupráce s autory z jiných výzkumných institucí nebo podpory spolupráce v rámci pracoviště.

Příkladem může být uveden článek zaměřený na dopady GDPR v rámci společností (Zanker, Bureš, Cierniak-Emerych, a kol., 2021). V tomto článku se zkoumal stav po zavedení regulace GDPR na společnosti v 8 evropských zemích. Článek nabízí nový pohled na problematiku, a to z důvodu porovnání dopadů GDPR na více než jednu evropskou zemi. Doposud články s podobným zaměřením zkoumaly vždy jen jednu vybranou zemi. Tento článek vznikl na základě mezinárodní spolupráce, což otevírá potenciál další mezinárodní spolupráce. Článek byl publikován v impaktovaném časopise *E + M Ekonomie a Management* 2/2021.

Dalším příkladem důležité publikace pro budoucí vědeckou činnost může být uveden článek zaměřen na použití virtuálních medicínských případů, jako výukový nástroj (Bureš a kol., 2021). Článek ukazuje nástroj, díky kterému je možné snížit budoucí chybovost diagnostik studentů medicíny. Tento článek vznikl na základě spolupráce několika výzkumných ústavů, což otevírá potenciál pro budoucí

mezioborovou spolupráci. Článek byl publikován v impaktovaném časopise *Interactive Learning Environments*.

Seznam všech publikací je v kapitole 8.2.

7.3 Další aktivity

Během studia byly realizovány čtyři projekty Superdoktorand. První z nich byl zaměřen na analýzu příspěvků zaměřených na aplikaci systémové dynamiky. Z tohoto projektu vzešel základ pro systematickou rešerši popsanou v kapitole 2.1.7. Druhý projekt byl zaměřen na komparativní analýzu modelů získaných z prvního projektu. Mezi výsledky z tohoto projektu lze zařadit analýzu a syntézu používaných validačních postupů a metod pro modely systémové dynamiky a identifikaci nejčastějších chyb ve tvorbě modelů systémové dynamiky. Třetí projekt byl zaměřen na různé způsoby tvorby modelů systémové dynamiky. Výsledky z tohoto projektu jsou částečně zachyceny v kapitolách 3.1.4, 3.1.5 a 3.3. Čtvrtý a prozatím poslední projekt byl zaměřen na potenciál nástroje Simulink pro datový management a dokument management, jedním z výstupů tohoto projektu byl model dokumentového workflow s aplikací na některé odvětví dokumentového workflow na FIM UHK.

Témata projektů byly voleny tak, aby co nejlépe odrážely cíl a dílčí cíle disertační práce. Zároveň byl kladen důraz na metodiky a správný postup tvorby závěrečných prací, tedy aby projekty postupně měnily charakter od obecného k určitému. Projekty na sebe logicky navazovaly. První projekt byl zaměřen na aktuální poznání v oblasti disertační práce. Druhý projekt byl zaměřen na aktuálně používané postupy a aktuální nedostatky v aplikacích. Třetí projekt porovnával aktuálně používané software pro systémovou dynamiku a minoritně používané software pro systémovou dynamiku a jejich potenciál pro tuto disertační práci. Poslední projekt byl zaměřen na aplikaci již získaných informací a znalostí z předchozích projektů.

Doktorand je členem několika vědeckovýzkumných projektů, českých i mezinárodních. Příkladem může být uveden projekt INTER-COST „*Consolidating research in tsunami hazard through the application of systems approach*“ nebo projekt TAČR „*Reducing negative impacts of tourism on ecosystems through an*

intelligent software tourist guide“. Seznam všech projektů, na kterých se doktorand podílí je zachycen v kapitole 8.3.

Doktorand na konci prvního ročníku doktorského studia vycestoval v rámci mezinárodní mobility Erasmus + na Universiti Teknologi Malaysia, kde působil na fakultě Malaysia-Japan International Institute of Technology. Během této mobility mimo jiné zkoumal odlišné přístupy k řešení problémů komplexních systémů. Po skončení této cesty byla navázána mezinárodní spolupráce ve vědeckovýzkumné činnosti, příkladem může být již zmiňovaný článek o použití systémové dynamiky pro tsunami.

8 Seznam použité literatury

- Abdulla, I., Arshad, F. M., Bala, B. K., Bach, N. L., & Mohammadi, S. (2016). Management of Beef Cattle Production in Malaysia: A Step Forward to Sustainability. *American Journal of Applied Sciences*, 13(9), 976–983. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2016.976.983>
- Ahuja, S., Shankar, R., & Banwet, D. K. (2004). Knowledge Management And Organisational Flexibility: Linkages And Implications. *Paradigm*, 8(1), 37–45. <https://doi.org/10.1177/0971890720040105>
- Aparicio, S., Urbano, D., & Gómez, D. (2016). The role of innovative entrepreneurship within Colombian business cycle scenarios: A system dynamics approach. *Futures*, 81, 130–147. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2016.02.004>
- Aramo-Immonen, H. (2013). Mixed Methods Research Design. In M. D. Lytras, D. Ruan, R. D. Tennyson, P. Ordóñez De Pablos, F. J. García Peñalvo, & L. Rusu (Eds.), *Information Systems, E-learning, and Knowledge Management Research* (Vol. 278, pp. 32–43). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35879-1_5
- Arango-Aramburo, S., Jaramillo, P., Olaya, Y., Smith, R., Restrepo, O. J., Saldarriaga-Isaza, A., Arias-Gaviria, J., Parra, J. F., Larsen, E. R., Gomez-Rios, L. M., & Castellanos-Niño, L. Y. (2017). Simulating mining policies in developing countries: The case of Colombia. *Socio-Economic Planning Sciences*, 60, 99–113. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2017.04.002>
- Ardi, R., & Leisten, R. (2016). Assessing the role of informal sector in WEEE management systems: A System Dynamics approach. *Waste Management*, 57, 3–16. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.038>
- Armendáriz, V., Armenia, S., & Atzori, A. (2016). Systemic Analysis of Food Supply and Distribution Systems in City-Region Systems—An Examination of FAO’s Policy Guidelines towards Sustainable Agri-Food Systems. *Agriculture*, 6(4), 65. <https://doi.org/10.3390/agriculture6040065>
- Armenia, S., & Loia, F. (2021). Integrating Big Data Analytics, Systems Thinking and Viable Systems Approach Towards a Shift from Individual to Collective Intelligence and Collective Knowledge Systems. *PuntOorg International Journal*, 1. <https://doi.org/10.19245/25.05.pij.OF.05.01.21.1>
- Azar, A. T. (2012). System dynamics as a useful technique for complex systems. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 10(4), 377. <https://doi.org/10.1504/IJISE.2012.046298>
- Azmi, M., & Tokai, A. (2017). Electric vehicle and end-of-life vehicle estimation in Malaysia 2040. *Environment Systems and Decisions*. <https://doi.org/10.1007/s10669-017-9647-4>
- Baki, S., Rozos, E., & Makropoulos, C. (2018). Designing water demand management schemes using a socio-technical modelling approach. *Science of The Total Environment*, 622–623, 1590–1602. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.041>
- Bala, B. K., Arshad, F. M., & Noh, K. M. (2017). *System Dynamics*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-2045-2>

- Bao, C., & He, D. (2019). Scenario Modeling of Urbanization Development and Water Scarcity Based on System Dynamics: A Case Study of Beijing–Tianjin–Hebei Urban Agglomeration, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(20), 3834. <https://doi.org/10.3390/ijerph16203834>
- Barforoush, N., Etebarian, A., Naghsh, A. R., & Shahin, A. (2020). A dynamic modeling for green business development in oil refining industry. *Global Journal of Environmental Science and Management*, *6*(2). <https://doi.org/10.22034/gjesm.2020.02.08>
- Best, A., Berland, A., Herbert, C., Bitz, J., van Dijk, M. W., Krause, C., Cochrane, D., Noel, K., Marsden, J., McKeown, S., & Millar, J. (2016). Using systems thinking to support clinical system transformation. *Journal of Health Organization and Management*, *30*(3), 302–323. <https://doi.org/10.1108/JHOM-12-2014-0206>
- Bi, X., & Yu, C. (2008). Absorptive capacity of information technology and its conceptual model. *Tsinghua Science and Technology*, *13*(3), 337–343. [https://doi.org/10.1016/S1007-0214\(08\)70054-3](https://doi.org/10.1016/S1007-0214(08)70054-3)
- Braun, W. (2002). *System Archetypes*.
- Breach, P. A., & Simonovic, S. P. (2018). Wastewater Treatment Energy Recovery Potential For Adaptation To Global Change: An Integrated Assessment. *Environmental Management*, *61*(4), 624–636. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-0997-6>
- Bureš, V. (2015). Comparative Analysis of System Dynamics Software Packages. *International Review on Modelling and Simulations (IREMOS)*, *8*(2), 245. <https://doi.org/10.15866/iremos.v8i2.5401>
- Bureš, V., & Brunet-Thornton, R. (2009). Knowledge management: The czech situation, possible solutions and the necessity for further research. *Proceedings of the 6th International Conference on Intellectual Capital and Knowledge Management, McGill University, Montréal, Canada*, 95–102.
- Bureš, V., Čech, P., Husáková, M., Kokštein, Z., Kříž, P., Krylová, K., Nacházel, T., Ponce, D., Poulková, P., Ryška, A., Tachecí, I., Tučník, P., & Zanker, M. (2021). Use of virtual medical cases as a learning tool in medicine. *Interactive Learning Environments*, *29*(2), 231–246. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1802297>
- Bureš, V., Otčenášková, T., & Zanker, M. (2019). Mistakes in system dynamics models: An educational issues from the systems engineering perspective. *Proc. Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manage.*, July, 1303–1314.
- Bureš, V., Otčenášková, T., Zanker, M., & Nehéz, M. (2020). The most common issues in development of causal-loop diagrams and stock-and-flow diagrams. *International Journal of Intelligent Engineering Informatics*, *8*(5/6), 419. <https://doi.org/10.1504/IJIEI.2020.115722>
- Bureš, V., Režný, L., & Zanker, M. (2020). Bottom-up modeling approach and mesoscopic simulations in traffic system dynamics models. *SIMULATION*, *96*(3), 313–324. <https://doi.org/10.1177/0037549719869989>

- Cagliano, A. C., De Marco, A., & Rafele, C. (2017). E-grocery supply chain management enabled by mobile tools. *Business Process Management Journal*, 23(1), 47–70. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-01-2016-0002>
- Carrete, L., Arroyo, P., & Villaseñor, R. (2017). A socioecological view toward an understanding of how to prevent overweight in children. *Journal of Consumer Marketing*, 34(2), 156–168. <https://doi.org/10.1108/JCM-01-2016-1660>
- Cassidy, R., Singh, N. S., Schiratti, P.-R., Semwanga, A., Binyaruka, P., Sachingongu, N., Chama-Chiliba, C. M., Chalabi, Z., Borghi, J., & Blanchet, K. (2019). Mathematical modelling for health systems research: A systematic review of system dynamics and agent-based models. *BMC Health Services Research*, 19(1), 845. <https://doi.org/10.1186/s12913-019-4627-7>
- Chen, H.-J., Xue, H., Liu, S., Huang, T. T. K., Wang, Y. C., & Wang, Y. (2018). Obesity trend in the United States and economic intervention options to change it: A simulation study linking ecological epidemiology and system dynamics modeling. *Public Health*, 161, 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2018.01.013>
- Chen, L., & Fong, P. S. W. (2013). Visualizing Evolution of Knowledge Management Capability in Construction Firms. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(7), 839–851. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000649](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000649)
- Chen, L., & Fong, P. S. W. (2015). Evaluation of knowledge management performance: An organic approach. *Information & Management*, 52(4), 431–453. <https://doi.org/10.1016/j.im.2015.01.005>
- Choi, C. H., Cao, J., & Zhao, F. (2016). System Dynamics Modeling of Indium Material Flows under Wide Deployment of Clean Energy Technologies. *Resources, Conservation and Recycling*, 114, 59–71. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.04.012>
- Chouikha, M. B. (2016). *Organizational design for knowledge management*. John Wiley & Sons.
- Chung, C.-H., Angnakoon, P., Li, J., & Allen, J. (2016). Virtual HRD and national culture: An information processing perspective. *European Journal of Training and Development*, 40(1), 21–35. <https://doi.org/10.1108/EJTD-04-2015-0025>
- Corben, D., Stevenson, R., & Wolstenholme, E. (1999). Holistic oil field value management: Using system dynamics for 'intermediate level' and 'value-based' modelling in the oil industry. *Journal of the Operational Research Society*, 9. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600692>
- Costa, V., & Monteiro, S. (2016). Key knowledge management processes for innovation: A systematic literature review. *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*, 46(3), 386–410. <https://doi.org/10.1108/VJIKMS-02-2015-0017>
- Coyle, R. G. (1996). *System Dynamics Modelling: A Practical Approach*. CRC Press.
- Dasgupta, D., Debsarkar, A., Hazra, T., Bala, B. K., Gangopadhyay, A., & Chatterjee, D. (2017). Scenario of future e-waste generation and recycle-reuse-landfill-based disposal pattern in India: A system dynamics approach. *Environment, Development and Sustainability*, 19(4), 1473–1487. <https://doi.org/10.1007/s10668-016-9815-6>

- Davahli, M. R., Karwowski, W., & Taiar, R. (2020). A System Dynamics Simulation Applied to Healthcare: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(16), 5741. <https://doi.org/10.3390/ijerph17165741>
- Dávideková, M., Greguš, M., Zanker, M., & Bureš, V. (2020a). Knowledge Management-Enabling Technologies: A Supplementary Classification. *Acta Informatica Pragensia*, *9*(1), 30–47. <https://doi.org/10.18267/j.aip.130>
- Dávideková, M., Greguš, M., Zanker, M., & Bureš, V. (2020b). Synchronicity and Interaction Perspective on Knowledge Management Initiatives. *Hradec Economic Days*, *10*(1), 77–84. <https://doi.org/10.36689/uhk/hed/2020-01-009>
- Demarest, M. (1997). Understanding knowledge management. *Long Range Planning*, *30*(3), 374–384. [https://doi.org/10.1016/S0024-6301\(97\)90250-8](https://doi.org/10.1016/S0024-6301(97)90250-8)
- Dizyee, K., Baker, D., & Rich, K. M. (2017). A quantitative value chain analysis of policy options for the beef sector in Botswana. *Agricultural Systems*, *156*, 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.05.007>
- Doore, K., & Fishwick, P. (2014). Prototyping an analog computing representation of predator prey dynamics. *Proceedings of the Winter Simulation Conference 2014*, 3561–3571a. <https://doi.org/10.1109/WSC.2014.7020186>
- Duggan, J. (2016). *System Dynamics Modeling with R*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-34043-2>
- Edwards, R. A., Graham, A., Williams, M., Amati, M., Wright, C., Lee, M., Walsh, D., & Hughes, N. (2009). Quantifying a Strategic View of Diabetes Technology Impacts: A System Dynamics Approach. *Diabetes Technology & Therapeutics*, *11*(7), 411–418. <https://doi.org/10.1089/dia.2008.0089>
- ELSEVIER. (2021). *Scopus Content Coverage Guide*. https://www.elsevier.com/__data/assets/pdf_file/0007/69451/Scopus_ContentCoverage_Guide_WEB.pdf
- Estay-Ossandon, C., & Mena-Nieto, A. (2018). Modelling the driving forces of the municipal solid waste generation in touristic islands. A case study of the Balearic Islands (2000–2030). *Waste Management*, *75*, 70–81. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.12.029>
- Fang, C., Cui, X., Li, G., Bao, C., Wang, Z., Ma, H., Sun, S., Liu, H., Luo, K., & Ren, Y. (2019). Modeling regional sustainable development scenarios using the Urbanization and Eco-environment Coupler: Case study of Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration, China. *Science of The Total Environment*, *689*, 820–830. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.430>
- Farid, M., Purdy, N., & Neumann, W. P. (2020). Using system dynamics modelling to show the effect of nurse workload on nurses' health and quality of care. *Ergonomics*, *63*(8), 952–964. <https://doi.org/10.1080/00140139.2019.1690674>
- Farrell, L. J., Tozer, P. R., Kenyon, P. R., Ramilan, T., & Cranston, L. M. (2019). The effect of ewe wastage in New Zealand sheep and beef farms on flock productivity and farm profitability. *Agricultural Systems*, *174*, 125–132. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.04.013>

- Fernández-López, S., Rodeiro-Pazos, D., Calvo, N., & Rodríguez-Gulías, M. J. (2018). The effect of strategic knowledge management on the universities' performance: An empirical approach. *Journal of Knowledge Management*, 22(3), 567–586. <https://doi.org/10.1108/JKM-08-2017-0376>
- Follador, R. D. C., & Trabasso, L. G. (2016). Knowledge Management Patterns Model for a Flight Test Environment. *Journal of Aerospace Technology and Management*, 8(3), 263–271. <https://doi.org/10.5028/jatm.v8i3.568>
- Forrester, J. W. (2007). System dynamics—The next fifty years. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, 23(2-3), 359–370.
- Ghisolfi, V., Diniz Chaves, G. de L., Ribeiro Siman, R., & Xavier, L. H. (2017). System dynamics applied to closed loop supply chains of desktops and laptops in Brazil: A perspective for social inclusion of waste pickers. *Waste Management*, 60, 14–31. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.12.018>
- Godde, C., Dizyee, K., Ash, A., Thornton, P., Sloat, L., Roura, E., Henderson, B., & Herrero, M. (2019). Climate change and variability impacts on grazing herds: Insights from a system dynamics approach for semi-arid Australian rangelands. *Global Change Biology*, 25(9), 3091–3109. <https://doi.org/10.1111/gcb.14669>
- Gutberlet, J., Kain, J.-H., Nyakinya, B., Oloko, M., Zapata, P., & Zapata Campos, M. J. (2017). Bridging Weak Links of Solid Waste Management in Informal Settlements. *The Journal of Environment & Development*, 26(1), 106–131. <https://doi.org/10.1177/1070496516672263>
- Hafeez, K., & Abdelmeguid, H. (2003). Dynamics of human resource and knowledge management. *Journal of the Operational Research Society*, 54(2), 153–164. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601513>
- Herwig, C., Garcia-Aponte, O. F., Golabgir, A., & Rathore, A. S. (2015). Knowledge management in the QbD paradigm: Manufacturing of biotech therapeutics. *Trends in Biotechnology*, 33(7), 381–387. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2015.04.004>
- Hong, L., & Gao, C. (2015). Modeling and Simulation of the System Dynamics of Cloud Computing Federation Knowledge Sharing. *Information Technologies*, 6, 8.
- Honnutagi, A. R., Sonar, R., & Babu, S. (2012). Quality Accreditation System for Indian Engineering Education Using Knowledge Management and System Dynamics: *International Journal of Quality Assurance in Engineering and Technology Education*, 2(3), 47–61. <https://doi.org/10.4018/ijqaete.2012070105>
- Howard, S. K., & Thompson, K. (2016). Seeing the system: Dynamics and complexity of technology integration in secondary schools. *Education and Information Technologies*, 21(6), 1877–1894. <https://doi.org/10.1007/s10639-015-9424-2>
- Ibáñez, J., & Martínez-Valderrama, J. (2018). Global effectiveness of group decision-making strategies in coping with forage and price variabilities in commercial rangelands: A modelling assessment. *Journal of Environmental Management*, 217, 531–541. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.127>

- Jafari, M., Hesamamiri, R., Sadjadi, J., & Bourouni, A. (2012). Assessing the dynamic behavior of online Q&A knowledge markets: A system dynamics approach. *Program*, 46(3), 341–360. <https://doi.org/10.1108/00330331211244887>
- Jennex, M. E. (2011). *Strategies for knowledge management success: Exploring organizational efficacy*. Information Science Reference.
- Jonkers, R. K., & Eftekhari Shahroudi, K. (2021). A Design Change, Knowledge, and Project Management Flight Simulator for Product and Project Success. *IEEE Systems Journal*, 15(1), 1130–1139. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2020.3006747>
- Keilhacker, M. L., & Minner, S. (2017). Supply chain risk management for critical commodities: A system dynamics model for the case of the rare earth elements. *Resources, Conservation and Recycling*, 125, 349–362. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.05.004>
- Kim, D.-S., & Kwon, C. C. (2016). Qualitative Simulation on the Dynamics between Social Capital and Business Performance in Strategic Networks. *Journal of Distribution Science*, 14(9), 31–45. <https://doi.org/10.15722/JDS.14.9.201609.31>
- Kopainsky, B., Hager, G., Herrera, H., & Nyanga, P. H. (2017). Transforming food systems at local levels: Using participatory system dynamics in an interactive manner to refine small-scale farmers' mental models. *Ecological Modelling*, 362, 101–110. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.08.010>
- Koul, S., Falebita, O. A., Akinbami, J.-F. K., & Akarakiri, J. B. (2016). System dynamics, uncertainty and hydrocarbon resources modelling: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 199–205. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.088>
- Kristekova, Z., Jurisch, M., Schermann, M., & Krcmar, H. (2012). Consolidating findings from business process change case studies using system dynamics: The example of employee morale. *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal*, 4(4), 455–480.
- Kundapur, P. (2012). Simulating Knowledge Worker Adoption Rate of KMS: An Organizational Perspective. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 3(4). <https://doi.org/10.7763/IJIMT.2012.V3.275>
- Kundapur, P. P., & Rodrigues, L. L. R. (2010). System Dynamics Approach To Simulate KMS Success Model. *Global Journal of Management and Business Research*, 10(2), 8.
- Labeledz, C. S., Cavaleri, S. A., & Berry, G. R. (2011). Interactive knowledge management: Putting pragmatic policy planning in place. *Journal of Knowledge Management*, 15(4), 551–567. <https://doi.org/10.1108/13673271111151956>
- Leemkuil, H., & de Jong, T. (2012). Adaptive Advice in Learning With a Computer-Based Knowledge Management Simulation Game. *Academy of Management Learning & Education*, 11(4), 653–665. <https://doi.org/10.5465/amle.2010.0141>
- Li, W., Lu, C., & Ding, Y. (2017). A Systematic Simulating Assessment within Reach Greenhouse Gas Target by Reducing PM2.5 Concentrations in China. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(2), 683–698. <https://doi.org/10.15244/pjoes/66852>

- Liu, D., & Xiao, B. (2018). Can China achieve its carbon emission peaking? A scenario analysis based on STIRPAT and system dynamics model. *Ecological Indicators*, 93, 647–657. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.049>
- Liu, H., Yu, Y., Sun, Y., & Yan, X. (2020). A system dynamic approach for simulation of a knowledge transfer model of heterogeneous senders in mega project innovation. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(3), 681–705. <https://doi.org/10.1108/ECAM-01-2020-0077>
- Liu, S., Osgood, N., Gao, Q., Xue, H., & Wang, Y. (2016). Systems simulation model for assessing the sustainability and synergistic impacts of sugar-sweetened beverages tax and revenue recycling on childhood obesity prevention. *Journal of the Operational Research Society*, 67(5), 708–721. <https://doi.org/10.1057/jors.2015.99>
- Mathew, A., & Rodrigues, L. (2015). Quantitative analysis of knowledge management CSFs: A system dynamics approach. *International Conference on Intellectual Capital and Knowledge Management and Organisational Learning*, 159.
- Mhatre, T. N., Thakkar, J. J., & Maiti, J. (2017). Modelling critical risk factors for Indian construction project using interpretive ranking process (IRP) and system dynamics (SD). *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34(9), 1451–1473. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-09-2015-0140>
- Miczka, S., & Größler, A. (2010). Merger dynamics: Using system dynamics for the conceptual integration of a fragmented knowledge base. *Kybernetes*, 39(9/10), 1491–1512. <https://doi.org/10.1108/03684921011081132>
- Mishra, D., & Mahanty, B. (2014). The effect of onsite-offshore work division on project cost, schedule, and quality for re-engineering projects in Indian outsourcing software industry. *Strategic Outsourcing: An International Journal*, 7(3), 198–225. <https://doi.org/10.1108/SO-06-2014-0010>
- Mishra, D., & Mahanty, B. (2016). A study of software development project cost, schedule and quality by outsourcing to low cost destination. *Journal of Enterprise Information Management*, 29(3), 454–478. <https://doi.org/10.1108/JEIM-08-2014-0080>
- Mishra, D., & Mahanty, B. (2019). Study of maintenance project manpower dynamics in Indian software outsourcing industry. *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*, 12(1), 62–81. <https://doi.org/10.1108/JGOSS-02-2018-0009>
- Mobus, G. E. (2018). Teaching systems thinking to general education students. *Ecological Modelling*, 373, 13–21. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.01.013>
- Morecroft, J. D. W. (2015). *Strategic modelling and business dynamics: A feedback systems approach* (Second edition). John Wiley and Sons Ltd.
- Morshed, A. B., Kasman, M., Heuberger, B., Hammond, R. A., & Hovmand, P. S. (2019). A systematic review of system dynamics and agent-based obesity models: Evaluating obesity as part of the global syndemic. *Obesity Reviews*, 20(S2), 161–178. <https://doi.org/10.1111/obr.12877>

- Muflikh, Y. N., Smith, C., & Aziz, A. A. (2021). A systematic review of the contribution of system dynamics to value chain analysis in agricultural development. *Agricultural Systems*, 189, 103044. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.103044>
- Nascimento, F. R. A., Kiperstok, A., Martín, J., Morató, J., & Cohim, E. (2018). Decision support system for management of reactive nitrogen flows in wastewater system. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(9), 8644–8653. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-1128-2>
- Naseem, S., & Shah, S. S. H. (2020). How Knowledge Management Plays an Effective Role in Organizations to Make HRM More Efficient by Using System Dynamics? *Journal of Asian Business Strategy*, 10(1), 26–38. <https://doi.org/10.18488/journal.1006.2020.101.26.38>
- Nezafati, N., Afraze, A., & Jalali, S. M. J. (2009). A dynamic model for measuring knowledge level of organizations based on Nonaka and Takeuchi Model. *Sci. Res. Essays*, 12.
- Ng, T. S., Khirudeen, M. I. B., Halim, T., & Chia, S. Y. (2009). System dynamics simulation and optimization with fuzzy logic. *2009 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2114–2118. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2009.5373149>
- OASIS. (2015). *XML Interchange Language for System Dynamics (XMILE) Version 1.0*. 94.
- OMG. (2003). *Common Warehouse Metamodel*. OMG.
- OMG. (2015). *OMG Unified Modeling Language*. OMG.
- OMG. (2019). *OMG Systems Modeling Language (OMG SysML™)*. OMG.
- Otto, P. (2012). Dynamics in Strategic Alliances: A Theory on Interorganizational Learning and Knowledge Development. *International Journal of Information Technologies and Systems Approach*, 5(1), 74–86. <https://doi.org/10.4018/jitsa.2012010105>
- Pargar, F., Kujala, J., Aaltonen, K., & Ruutu, S. (2019). Value creation dynamics in a project alliance. *International Journal of Project Management*, 37(5), 716–730. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2018.12.006>
- Phonphonon, N., & Pharino, C. (2019). A system dynamics modeling to evaluate flooding impacts on municipal solid waste management services. *Waste Management*, 87, 525–536. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.02.036>
- Polanyi, M. (1966). The Logic of Tacit Inference. *Philosophy*, 41(155), 1–18. <https://doi.org/10.1017/S0031819100066110>
- Powell, J. H., Mustafee, N., & Brown, C. S. (2018). The rôle of knowledge in system risk identification and assessment: The 2014 Ebola outbreak. *Journal of the Operational Research Society*, 69(8), 1286–1308. <https://doi.org/10.1080/01605682.2017.1392404>
- Powell, J. H., & Swart, J. (2005). This is what the fuss is about: A systemic modelling for organisational knowing. *Journal of Knowledge Management*, 9(2), 45–58. <https://doi.org/10.1108/13673270510590218>
- PRISMA. (2021). <http://prisma-statement.org/>

- Prouty, C., Mohebbi, S., & Zhang, Q. (2018). Socio-technical strategies and behavior change to increase the adoption and sustainability of wastewater resource recovery systems. *Water Research*, 137, 107–119. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.03.009>
- Qin, H., Cai, X., & Zheng, C. (2018). Water demand predictions for megacities: System dynamics modeling and implications. *Water Policy*, 20(1), 53–76. <https://doi.org/10.2166/wp.2017.168>
- Quinn, J. B., Anderson, P., & Finkelstein, S. (1996). Leveraging intellect. *Academy of Management Perspectives*, 10(3), 7–27. <https://doi.org/10.5465/ame.1996.9704111471>
- Reigeluth, C. M. (2013). *Instructional-design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory*. Routledge.
- Rich, E., & Duchessi, P. (2001). Models for understanding the dynamics of organizational knowledge in consulting firms. *Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 8. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2001.926300>
- Rodrigues, L. L. R., Dharmaraj, N., & Shrinivasa Rao, B. R. (2006). System dynamics approach for change management in new product development. *Management Research News*, 29(8), 512–523. <https://doi.org/10.1108/01409170610692824>
- Rogers, J., Gallaher, E. J., & Dingli, D. (2018). Personalized ESA doses for anemia management in hemodialysis patients with end-stage renal disease. *System Dynamics Review*, 34(1–2), 121–153. <https://doi.org/10.1002/sdr.1606>
- Safarishahrbijari, A., Teyhouee, A., Waldner, C., Liu, J., & Osgood, N. D. (2017). Predictive accuracy of particle filtering in dynamic models supporting outbreak projections. *BMC Infectious Diseases*, 17(1), 648. <https://doi.org/10.1186/s12879-017-2726-9>
- Saltelli, A., Bammer, G., Bruno, I., Charters, E., Di Fiore, M., Didier, E., Nelson Espeland, W., Kay, J., Lo Piano, S., Mayo, D., Pielke Jr, R., Portaluri, T., Porter, T. M., Puy, A., Rafols, I., Ravetz, J. R., Reinert, E., Sarewitz, D., Stark, P. B., ... Vineis, P. (2020). Five ways to ensure that models serve society: A manifesto. *Nature*, 582(7813), 482–484. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-01812-9>
- Schenk, E., Barbaroux, P., & Attour, A. (2016). *Knowledge management and innovation: Interaction, collaboration, openness*. John Wiley & Sons.
- Schmitt, U. (2020). Systems Dynamics and Activity-Based Modeling to Blueprint Generative Knowledge Management Systems. *International Journal of Modeling and Optimization*, 170–177. <https://doi.org/10.7763/IJMO.2020.V10.766>
- Scolozzi, R., Schirpke, U., & Geneletti, D. (2019). Enhancing Ecosystem Services Management in Protected Areas Through Participatory System Dynamics Modelling. *Landscape Online*, 73, 1–17. <https://doi.org/10.3097/LO.201973>
- Scopus. (2022). <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic>

- Shrubsole, C., Hamilton, I. G., Zimmermann, N., Papachristos, G., Broyd, T., Burman, E., Mumovic, D., Zhu, Y., Lin, B., & Davies, M. (2019). Bridging the gap: The need for a systems thinking approach in understanding and addressing energy and environmental performance in buildings. *Indoor and Built Environment*, 28(1), 100–117. <https://doi.org/10.1177/1420326X17753513>
- Škraba, A., Stanovov, V., Semenkin, E., & Kofjač, D. (2016). Hybridization of Stochastic Local Search and Genetic Algorithm for Human Resource Planning Management. *Organizacija*, 49(1), 42–54. <https://doi.org/10.1515/orga-2016-0005>
- Spanemberg, F. E. M., Ferreira, A. P. D., Da Silva, M. G., & Sellitto, M. A. (2021). Investing in the Knowledge of Shop Floor Workforce – A Systemic Analysis. *International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice*, 27(4). <https://doi.org/10.23055/IJITAP.2020.27.4.5449>
- Stankosky, M. (2005). *Creating the discipline of knowledge management*. Routledge.
- Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world* (Nachdr.). Irwin/McGraw-Hill.
- Stringfellow, E. J. (2017). Applying Structural Systems Thinking to Frame Perspectives on Social Work Innovation. *Research on Social Work Practice*, 27(2), 154–162. <https://doi.org/10.1177/1049731516660850>
- Sugiyama, T., Goryoda, S., Inoue, K., Sugiyama-Ihana, N., & Nishi, N. (2017). Construction of a simulation model and evaluation of the effect of potential interventions on the incidence of diabetes and initiation of dialysis due to diabetic nephropathy in Japan. *BMC Health Services Research*, 17(1), 833. <https://doi.org/10.1186/s12913-017-2784-0>
- Sukholthaman, P., & Sharp, A. (2016). A system dynamics model to evaluate effects of source separation of municipal solid waste management: A case of Bangkok, Thailand. *Waste Management*, 52, 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.026>
- Sveen, F. O., Rich, E., & Jager, M. (2007). Overcoming organizational challenges to secure knowledge management. *Information Systems Frontiers*, 9(5), 481–492. <https://doi.org/10.1007/s10796-007-9052-5>
- Sverdrup, H. U. (2016). Modelling global extraction, supply, price and depletion of the extractable geological resources with the LITHIUM model. *Resources, Conservation and Recycling*, 114, 112–129. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.07.002>
- Swart, J., & Powell, J. (2012). An analytical theory of knowledge behaviour in networks. *European Journal of Operational Research*, 223(3), 807–817. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.05.016>
- Swart, J., & Powell, J. H. (2006). Men and measures: Capturing knowledge requirements in firms through qualitative system modelling. *Journal of the Operational Research Society*, 57(1), 10–21. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601983>
- The Lens*. (2022). The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search. <https://www.lens.org/lens>

- Thompson, P. (2010). Learning by Doing. In B. H. Hall & N. Rosenberg (Eds.), *Handbook of the Economics of Innovation* (Vol. 1, pp. 429–476). North-Holland. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(10\)01010-5](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(10)01010-5)
- Uriona, M., & Grobbelaar, S. S. (2019). Innovation system policy analysis through system dynamics modelling: A systematic review. *Science and Public Policy*, 46(1), 28–44. <https://doi.org/10.1093/scipol/scy034>
- van Ackere, A., & Schulz, P. J. (2020). Explaining vaccination decisions: A system dynamics model of the interaction between epidemiological and behavioural factors. *Socio-Economic Planning Sciences*, 71, 100750. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2019.100750>
- VOSviewer. (2021). VOSviewer. <https://www.vosviewer.com/>
- Wang, D., Nie, R., Long, R., Shi, R., & Zhao, Y. (2018). Scenario prediction of China's coal production capacity based on system dynamics model. *Resources, Conservation and Recycling*, 129, 432–442. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.07.013>
- Wang, G., & Zhang, L. (2022). Simulation Analysis of Dynamic Feedback Correlation Between Advanced Manufacturing Technology (AMT) and Product Innovation Performance. *IEEE Engineering Management Review*, 50(1), 113–131. <https://doi.org/10.1109/EMR.2022.3145566>
- Wang, J., Zhang, R., Hao, J.-X., & Chen, X. (2019). Motivation factors of knowledge collaboration in virtual communities of practice: A perspective from system dynamics. *Journal of Knowledge Management*, 23(3), 466–488. <https://doi.org/10.1108/JKM-02-2018-0061>
- Wang, K., Hjelmervik, O. R., & Bremdal, B. (2001). *Introduction to knowledge management: Principles and practice*. Tapir Academic Press.
- Wang, X., Zhang, J., Ali, M., Shahid, S., He, R., Xia, X., & Jiang, Z. (2016). Impact of climate change on regional irrigation water demand in Baojixia irrigation district of China. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 21(2), 233–247. <https://doi.org/10.1007/s11027-014-9594-z>
- Web of Knowledge. (2022). *Web of Knowledge*. Webofknowledge.com
- Weck, M., Humala, I., Tamminen, P., & Ferreira, F. A. F. (2022). Knowledge management visualisation in regional innovation system collaborative decision-making. *Management Decision*, 60(4), 1017–1038. <https://doi.org/10.1108/MD-01-2021-0064>
- Wen, L., & Bai, L. (2017). System Dynamics Modeling and Policy Simulation for Urban Traffic: A Case Study in Beijing. *Environmental Modeling & Assessment*, 22(4), 363–378. <https://doi.org/10.1007/s10666-016-9539-x>
- White, A. S. (2011). A control system project development model derived from System Dynamics. *International Journal of Project Management*, 29(6), 696–705. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.07.009>
- Wolstenholme, E. (2004). Using generic system archetypes to support thinking and modelling. *System Dynamics Review*, 20(4), 341–356. <https://doi.org/10.1002/sdr.302>

- Wu, B., & Gong, C. (2019). Impact of Open Innovation Communities on Enterprise Innovation Performance: A System Dynamics Perspective. *Sustainability*, *11*(17), 4794. <https://doi.org/10.3390/su11174794>
- Wu, Y., de Vries, C., & Dunsworth, Q. (2018). Using LEGO Kits to Teach Higher Level Problem Solving Skills in System Dynamics: A Case Study. *Advances in Engineering Education*, *6*(3), n3.
- Xia, N., Hu, B., & Jiang, F. (2016). An exploration for knowledge evolution affected by task assignment in a research and development team: Perspectives of learning obtained through practice and communication. *SIMULATION*, *92*(7), 649–668. <https://doi.org/10.1177/0037549716655609>
- Xiao, B., Niu, D., & Guo, X. (2016). Can China achieve its 2020 carbon intensity target? A scenario analysis based on system dynamics approach. *Ecological Indicators*, *71*, 99–112. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.06.060>
- Xiuhong, W. (2013). Dynamic Mechanisms Research on Knowledge Transfer Research in the Supply Chain. *Information Technology Journal*, *12*(19), 5252–5257. <https://doi.org/10.3923/itj.2013.5252.5257>
- Yan, M.-R. (2018). Improving entrepreneurial knowledge and business innovations by simulation-based strategic decision support system. *Knowledge Management Research & Practice*, *16*(2), 173–182. <https://doi.org/10.1080/14778238.2018.1442994>
- Yan, M.-R., Tran-Danh, N., & Hong, L.-Y. (2019). Knowledge-based decision support system for improving e-business innovations and dynamic capability of IT project management. *Knowledge Management Research & Practice*, *17*(2), 125–136. <https://doi.org/10.1080/14778238.2019.1601507>
- Yim, N.-H., Kim, S.-H., Kim, H.-W., & Kwahk, K.-Y. (2004). Knowledge based decision making on higher level strategic concerns: System dynamics approach. *Expert Systems with Applications*, *27*(1), 143–158. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2003.12.019>
- Zabid, M. F. M., Abidin, N. Z., & Applanaidu, S. D. (2017). MYPOBDEX: An Interactive Decision Support System for Palm-Based Biodiesel Investors. *Journal of Economic & Management Perspectives*, *11*(1), 260–272.
- Zaim, S., Bayyurt, N., Tarim, M., Zaim, H., & Guc, Y. (2013). System Dynamics Modeling of a Knowledge Management Process: A Case Study in Turkish Airlines. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *99*, 545–552. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.524>
- Zanker, M., & Bureš, V. (2022). Knowledge Management as a Domain, System Dynamics as a Methodology. *Systems*, *10*(3), 82. <https://doi.org/10.3390/systems10030082>
- Zanker, M., Bureš, V., Cierniak-Emerych, A., & Nehéz, M. (2021). The GDPR at the Organizational Level: A Comparative Study of Eight European Countries. *E+M Ekonomie a Management*, *24*(2), 207–222. <https://doi.org/10.15240/tul/001/2021-2-013>
- Zanker, M., Bureš, V., & Tučník, P. (2021). Environment, Business, and Health Care Prevail: A Comprehensive, Systematic Review of System Dynamics Application Domains. *Systems*, *9*(2), 28. <https://doi.org/10.3390/systems9020028>

- Zanker, M., & Štekerová, K. (2020). A Decade of System Dynamics Modelling for Tourism: Systematic Review. *Hradec Economic Days*, 10(1), 881–893. <https://doi.org/10.36689/uhk/hed/2020-01-099>
- Zhai, H. (2013). Knowledge transfer in engineering and technology education in universities. *World Trans. on Engng. and Technol. Educ*, 11(2), 76–81.
- Zhang, L., Jiang, Z., Liu, R., Tang, M., & Wu, F. (2018). Can China Achieve its CO2 Emission Mitigation Target in 2030: A System Dynamics Perspective. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(6), 2861–2871. <https://doi.org/10.15244/pjoes/80724>
- Zhang, X. (2014). A coupling mechanism for innovation education for engineering students based on knowledge management. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 12(2), 312–316. Scopus.
- Zhao, R., Han, J., Zhong, S., & Huang, Y. (2018). Interaction between enterprises and consumers in a market of carbon-labeled products: A game theoretical analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(2), 1394–1404. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0595-9>
- Zhou, Q., Deng, X., Hwang, B. G., & Yu, M. (2022). System dynamics approach of knowledge transfer from projects to the project-based organization. *International Journal of Managing Projects in Business*. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-06-2021-0142>
- Zhu, X., & Liu, F. (2017). Research on Behavior Model of Rumor Maker Based on System Dynamics. *Complexity*, 2017, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2017/5094218>

8.1 Uvedení vlastních publikací disertanta souvisejících s tématem

- Bureš, V., Režný, L., & Zanker, M. (2019a). Bottom-up modeling approach and mesoscopic simulations in traffic system dynamics models. *SIMULATION*, 96(3), 313–324. <https://doi.org/10.1177/0037549719869989>
- Bureš, V., Otčenášková, T., & Zanker, M. (2019b). Mistakes in System Dynamics Models: An Educational Issues from the Systems Engineering Perspective. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Pilsen, Czechia, 23-26 July 2019*; J. Tupa, J. Garza-Reyes Arturo, V. Kumar, & A. Ali, Eds.; pp. 1303–1314.
- Dávideková, M., Greguš, M., Zanker, M., & Bureš, V. (2020a). Knowledge Management-Enabling Technologies: A Supplementary Classification. *Acta Informatica Pragensia*, 9(1), 30–47. <https://doi.org/10.18267/j.aip.130>
- Dávideková, M., Greguš, M., Zanker, M., & Bureš, V. (2020b). Synchronicity and Interaction Perspective on Knowledge Management Initiatives. In *proceedings of the international scientific conference Hradec Economic Days 2020, Hradec Králové, Czechia, 2–3 April 2020*; P. Maresova, P. Jedlicka, K. Firlej, & I. Soukal, Eds.; pp. 77–84. <https://doi.org/10.36689/uhk/hed/2020-01-009>
- Zanker, M., & Štekerová, K. (2020). A Decade of System Dynamics Modelling for Tourism: Systematic Review. In *proceedings of the international scientific conference Hradec Economic Days 2020, Hradec Králové, Czechia, 2–3 April 2020*; P. Maresova, P. Jedlicka, K. Firlej, & I. Soukal, Eds.; pp. 881–893. <https://doi.org/10.36689/uhk/hed/2020-01-099>
- Mikulecký, P., Punčochářová, A., Babič, F., Bureš, V., Čech, P., Husáková, M., Mls, K., Nacházel, T., Ponce, D., Štekerová, K., Triantafyllou, I., Tučník, P., Sunanda, V., & Zanker, M. (V revizi). dealing with risks associated with tsunamis using indigenous knowledge approaches. *International Journal of Disaster Risk Reduction*.
- Bureš, V., Babič, F., Čech, P., Husáková, M., Mat Ali, M.S., Mikulecký, P., Mls, K., Nacházel, T., Ponce, D., Štekerová, K., Tučník, P., Triantafyllou, I., & Zanker, M. (V revizi). Connecting Soft and Hard: An Integrating Role of Systems Dynamics in Tsunami Modelling and Simulation. *Pure and Applied Geophysics*.

8.2 Seznam všech publikovaných prací během dosavadního doktorského studia

Články publikované v časopise indexovaném v databázi Web of Science

- Babič, F., Bureš, V., Čech, P., Husáková, M., Mikulecký, P., Mls, K., Nacházel, T., Ponce, D., Štekerová, K., Triantafyllou, I., Tučník, P., & Zanker, M. (2021). Review of Tools for Semantics Extraction: Application in Tsunami Research Domain. *Information*, 13(1), 4. <https://doi.org/10.3390/info13010004>
- Bureš, V., Čech, P., Husáková, M., Kokštein, Z., Kříž, P., Krylová, K., Nacházel, T., Ponce, D., Poulková, P., Ryška, A., Tachecí, I., Tučník, P., & Zanker, M. (2021). Use of virtual medical cases as a learning tool in medicine. *Interactive Learning Environments*, 29(2), 231–246. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1802297>
- Bureš, V., Režný, L., & Zanker, M. (2020). Bottom-up modeling approach and mesoscopic simulations in traffic system dynamics models. *Simulation*, 96(3), 313–324. <https://doi.org/10.1177/0037549719869989>
- Mls, K., Kořínek, M., Štekerová, K., Tučník, P., Bureš, V., Čech, P., Husáková, M., Mikulecký, P., Nacházel, T., Ponce, D., Zanker, M., & Triantafyllou, I. (2022). Agent-based models of human response to natural hazards: systematic review of tsunami evacuation. *Natural hazards*, 1-22. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05643-x>
- Nacházel, T., Babič, F., Baiguera, M., Čech, P., Husáková, M., Mikulecký, P., Mls, K., Ponce, D., Salmanidou, D., Štekerová, K., Triantafyllou, I., Tučník, P., Zanker, M., & Bureš, V. (2021). Tsunami-Related Data: A Review of Available Repositories Used in Scientific Literature. *Water*, 13(16), 2177. <https://doi.org/10.3390/w13162177>
- Zanker, M., Bureš, V., Cierniak-Emerych, A., & Nehéz, M. (2021). The GDPR at the Organizational Level: A Comparative Study of Eight European Countries. *E+M Ekonomie a Management*, 24(2), 207–222. <https://doi.org/10.15240/tul/001/2021-2-013>
- Zanker, M., Bureš, V., & Tučník, P. (2021). Environment, Business, and Health Care Prevail: A Comprehensive, Systematic Review of System Dynamics Application Domains. *Systems*, 9(2), 28. <https://doi.org/10.3390/systems9020028>
- Zanker, M., & Bureš, V. (2022). Knowledge Management as a Domain, System Dynamics as a Methodology. *Systems*, 10(3), 82. <https://doi.org/10.3390/systems10030082>
- Bureš, V., Otčenášková, T., Zanker, M., & Nehéz, M. (2020). The most common issues in development of causal-loop diagrams and stock-and-flow diagrams. *International Journal of Intelligent Engineering Informatics*, 8(5/6), 419. <https://doi.org/10.1504/IJIEI.2020.115722>

Konferenční příspěvky publikované na konferenci indexované v databázi Web of Science

Dávideková, M., Greguš, M., Zanker, M., & Bureš, V. (2020). Synchronicity and Interaction Perspective on Knowledge Management Initiatives. In P. Jedlicka, P. Maresova, K. Firlej, & I. Soukal (Eds.), *Hradec Economic Days: Vol. 10(1)*, (pp. 77–84). University of Hradec Králové. <https://doi.org/10.36689/uhk/hed/2020-01-009>

Válek, L., Strishna, A., Zanker, M., & Bureš, V. (2020). Migration and Entrepreneurship: Proposal of Simulation-Focused Research Methodology. In P. Jedlicka, P. Maresova, K. Firlej, & I. Soukal (Eds.), *Hradec Economic Days: Vol. 10(1)*, (pp. 835–841). University of Hradec Králové. <https://doi.org/10.36689/uhk/hed/2020-01-094>

Zanker, M., & Štekerova, K. (2020). A Decade of System Dynamics Modelling for Tourism: Systematic Review. In P. Jedlicka, P. Maresova, K. Firlej, & I. Soukal (Eds.), *Hradec Economic Days: Vol. 10(1)*, (pp. 881–893). University of Hradec Králové. <https://doi.org/10.36689/uhk/hed/2020-01-099>

Články publikované v časopise indexovaném v databázi Scopus

Dávideková, M., Greguš, M., Zanker, M., & Bureš, V. (2020). Knowledge Management-Enabling Technologies: A Supplementary Classification. *Acta Informatica Pragensia*, 9(1), 30–47. <https://doi.org/10.18267/j.aip.130>

Konferenční příspěvky publikované na konferenci indexované v databázi Scopus

Bureš, V., Otčenášková, T., & Zanker, M. (2019). Mistakes in system dynamics models: An educational issues from the systems engineering perspective. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Pilsen, Czech Republic*, 1303–1314.

Články v procesu publikování

Mikulecký, P., Punčochářová, A., Babič, F., Bureš, V., Čech, P., Husáková, M., Mls, K., Nacházel, T., Ponce, D., Štekerová, K., Triantafyllou, I., Tučník, P., Sunanda, V., & Zanker, M. (V revizi). dealing with risks associated with tsunamis using indigenous knowledge approaches. *International Journal of Disaster Risk Reduction*.

Bureš, V., Babič, F., Čech, P., Husáková, M., Mat Ali, M.S., Mikulecký, P., Mls, K., Nacházel, T., Ponce, D., Štekerová, K., Tučník, P., Triantafyllou, I., & Zanker, M. (V revizi). Connecting Soft and Hard: An Integrating Role of Systems Dynamics in Tsunami Modelling and Simulation. *Pure and Applied Geophysics*.

8.3 Přehled odborných vědecko-výzkumných aktivit vykonaných během svého studia v doktorském studijním programu

Externí projekty

Výzkumné

Projekt INTER-COST 2019 – současnost

Název projektu: "Consolidating research in tsunami hazard through the application of systems approach"

Projekt TAČR 2019–2021

Název projektu: "Reducing negative impacts of tourism on ecosystems through an intelligent software tourist guide"

Hlavní řešitel: prof. RNDr. Josef Zelenka CSc.

Aplikační

Výzkum a vývoj nového SW řešení – Inteligentní robotické řízení dokumentů RPA. 2020 – současnost

Projektový manažer: Ing. Jiří Voves,

Vedoucí týmu: prof. Ing. Vladimír Bureš, Ph.D., MBA

Interní projekty

Specifický výzkum

Informační a znalostní management a kognitivní věda v cestovním ruchu II, 2018

řešitel: prof. RNDr. Josef Zelenka, CSc.

Socio-ekonomické modely a autonomní systémy 2, 2019

řešitel: Ing. Tomáš Nacházel

Informační a znalostní management a kognitivní věda v cestovním ruchu 3, 2019

řešitel: prof. RNDr. Josef Zelenka, CSc.

Socio-ekonomické modely a autonomní systémy 3, 2020

řešitel: Ing. Tomáš Nacházel

Informační a znalostní management a kognitivní věda v cestovním ruchu 4,

2020

řešitel: prof. RNDr. Josef Zelenka, CSc.

Počítačové sítě pro cloud, distribuované výpočty a internet věcí III, 2020

řešitel: prof. RNDr. Peter Mikulecký, Ph.D.

Informační a znalostní management a kognitivní věda v cestovním ruchu 5,
2021

řešitel: prof. RNDr. Josef Zelenka, CSc.

Integrace výzkumných směrů KIT a podpora studentských vědeckých aktivit,
2021

řešitel: prof. RNDr. Peter Mikulecký, Ph.D.