

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Diplomová práce

**Aplikace systémové dynamiky pro analýzu vzniku
mikrobubliny zvoleného podniku na finančním trhu**

Bc. Antonina Kuchiyeva

© 2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Antonína Kuchiyeva

Kvantitativní metody v ekonomice

Systémové inženýrství

Název práce

Aplikace systémové dynamiky pro analýzu vzniku mikrobubliny zvoleného podniku na finančním trhu

Název anglicky

System dynamics analysis of selected company's microbubble on financial market

Cíle práce

Cílem diplomové práce je vysvětlit problematiku mikrobublin na finančním trhu pomocí nástrojů systémové dynamiky. Vytvořený model bude simulovat reálné chování zvoleného podniku. Analýza zvolených scénářů povede ke stanovení doporučení pro zlepšení.

Metodika

1. Studium odborné literatury
2. Studium zvolené problematiky
3. Sběr a analýza zdrojových dat
4. Sestavení příčinně smyčkového diagramu
5. Vytvoření simulačního modelu
6. Testování a hodnocení modelu
7. Simulace scénářů a citlivostní analýza
8. Interpretace výsledků a stanovení doporučení

Doporučený rozsah práce

60-80 stran

Klíčová slova

systémová dynamika, finanční mikroubulina, systémové myšlení, příčinně smyčkový diagram, diagram stavů a toků, počítačová simulace.

Doporučené zdroje informací

KREJČÍ, Igor; KVASNIČKA, Roman; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. PROVOZNĚ EKONOMICKÁ FAKULTA. *Systémová dynamika I*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2014. ISBN 9788021324787.
MEADOWS, Donella H.; WRIGHT, Diana. *Thinking in systems : a primer*. White River Junction, Vt.: Chelsea Green Pub., 2008. ISBN 978-1-60358-055-7.
MILDEOVÁ, Stanislava; VOJTKO, Viktor; VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ V PRAZE. FAKULTA INFORMATIKY A STATISTIKY. *Systémová dynamika*. V Praze: Oeconomica, 2008. ISBN 978-80-245-1448-2.
STERMAN, John. *Business dynamics : systems thinking and modeling for a complex world*. Boston: McGraw-Hill, 2000. ISBN 007238915.
ŠUSTA, Marek. 2015. Průvodce systémovým myšlením. Praha: Proverbs. ISBN 9788026076025.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Tereza Horáková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2024

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2024

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Aplikace systémové dynamiky pro analýzu vzniku mikroubliny zvoleného podniku na finančním trhu" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 30.03.2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala mým vedoucím práce panu doc. Ing. Igoru Krejčí, Ph.D. a paní Ing. Tereze Horákové, Ph.D. za vedení mé diplomové práce, cenné rady, čas a odborný dohled. Dále bych poděkovala panu Ing. Janu Rydvalovi, Ph.D. za moudré rady, podporu a konzultace při tvorbě simulačního modelu. V neposlední řadě bych poděkovala jazykovému korektorovi Daně Menčíkové.

Aplikace systémové dynamiky pro analýzu vzniku mikrobubliny zvoleného podniku na finančním trhu

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá aplikací systémové dynamiky pro analýzu vzniku mikrobubliny zvoleného podniku na finančním trhu

Teoretická část je tvořena na základě literární rešerše. První část diplomové práce poskytuje podrobnější přehled o pojetí mikrobublin, včetně jejich definice, klasifikace, příčin vzniku a možných dopadů. Druhá část diplomové práce je věnována vědní disciplíně, tj. Systémové dynamice. V této teoretické části jsou popsány základní pojmy, jako je: systém, komplexnost, systémový přístup, systémové myšlení. Také jsou popsány příčinně smyčkový diagram a diagram stavů a toků. Z teoretického pohledu je podrobně popsáno testování modelu pro zjištění funkčnosti modelu.

Ve vlastní práci je znázorněno praktické užití modelu na základě vybraného podniku. Jsou detailně popsány postupy tvorby jednotlivých částí simulačního modelu. Vlastní práce popisuje vytvořený příčinně smyčkový diagram a diagram stavů a toků. Funkčnost modelu byla ověřena testováním. V závěrečné kapitole práce jsou prezentovány výsledky a diskuse. Byla provedena analýza jednotlivých scénářů změn vybraných proměnných a jejich vlivu na výstupní proměnnou.

Klíčová slova: systémová dynamika, finanční mikrobublina, systémové myšlení, příčinně smyčkový diagram, diagram stavů a toků, počítačová simulace.

System dynamics analysis of selected company's microbubble on financial market

Abstract

This Diploma thesis is dedicated to the problematic of microbubbles in the financial market with the help of system dynamics.

The theoretical part is based on the literature research. In the first part, a detailed overview of the microbubbles concept, including its definition, classification, causes and possible impacts is provided. In the second part, a discipline of System dynamics is presented. The basic concepts such as: system, complexity, systems approach, systems thinking are described. Causal loop diagram and state-flow diagram are also described. Also, model testing is described in details for the model functionality determination.

The practical work describes the model application based on the selected enterprise. The procedures for creating each part of the simulation model are described in details. The practical work describes the developed causal loop diagram and state and flow diagram. The functionality of the model was verified by testing. The final chapter of the thesis presents the results and discussion. An analysis of the different scenarios where selected variables are changed and their impact on the output variable is discussed.

Keywords: system dynamics, financial microbubble, system thinking, causal loop diagram, stock and flow diagram, computer simulation.

Obsah

1 Úvod.....	11
2 Cíl práce a metodika	12
2.1 Metodika	12
3 Teoretická východiska	14
3.1 Finanční bubliny, jejich vlastnosti a specifika	14
3.1.1 Definice a klasifikace finančních bublin	14
3.1.2 Příčiny a mechanismy vzniku ekonomických bublin	16
3.1.2.1 Příčiny vzniku cenových bublin dle Roberta Shillera	18
3.1.2.2 Příčiny vzniku ekonomických bublin dle Fabera	19
3.1.2.3 Anatomie finančních bublin: Kindleberger-Minsky model	20
3.1.3 Důsledky zvětšení cenové bubliny	23
3.2 Systémová dynamika	24
3.2.1 Systémová dynamika: vymezení a klíčové aspekty	24
3.2.2 Systémová dynamika: vztah se systémovým myšlením	28
3.2.3 Tvorba modelu	29
3.2.3.1 Příčinně smyčkový diagram (Causal Loop Diagram)	30
3.2.3.2 Diagram stavů a toků (Stock and Flow Diagram)	32
3.2.3.3 Testování modelu	33
3.2.3.4 Vytvoření scénářů.....	35
4 Vlastní práce.....	36
4.1 Vymezení problému	36
4.2 Tvorba a cíl systémového modelu.....	36
4.2.1 Příčinně smyčkový diagram.....	37
4.2.1.1 Jednotlivé části CLD	39
4.2.2 Diagram stavů a toků	48
4.2.2.1 Sub – diagram HF.....	51
4.2.2.2 Sub – diagram BOII.....	53
4.2.2.3 Sub – diagram DM	55
4.2.2.4 Sub – diagram Cena akcie	57
4.2.3 Testování modelu.....	58
4.2.3.1 Analýza citlivosti (Monte-Carlo)	59
5 Výsledky a diskuse	62
5.1 Scénář 1	62

5.2	Scénář 2	63
5.3	Scénář 3	64
5.4	Scénář 4	65
5.5	Shrnutí doporučení	66
6	Závěr.....	68
7	Seznam použitých zdrojů.....	71
8	Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk	77
8.1	Seznam obrázků	77
8.2	Seznam tabulek.....	77
8.3	Seznam grafů.....	77
8.4	Seznam rovnic	77
Přílohy	79	
A.	Seznam vzorků v diagramu stavů a toků.....	79
A.	Seznam vzorků v diagramu stavů a toků.....	80

1 Úvod

Diplomová práce se zabývá vysvětlením problematiky mikrobublin na finančním trhu. Závěrečná práce se zaměřuje na analýzu vývoje finanční bubliny a na její modelování v rámci reálného chování zvoleného podniku s využitím nástrojů systémové dynamiky. Systémová dynamika je vědní disciplína, která umožňuje modelování složitých dynamických systémů, mezi které se nepochybně řadí i zmíněné finanční trhy.

Teoretická část diplomové práce je zpracována prostřednictvím studia odborné literatury. Zabývá se vysvětlením mikrobublin, včetně jejich definice, klasifikace, příčin vzniku a možných dopadů. Dále se práce soustředí na teoretickou oblast systémové dynamiky, kde jsou zobrazena základní pojetí, jako jsou systémy, komplexita, systémový přístup a systémové myšlení. Dále jsou v této části představené nástroje pro lepší pochopení zkoumané problematiky, mezi které patří příčinně smyčkový diagram (Causal Loop Diagram; CLD) a diagram stavů a toků (Stock and Flow Diagram; SFD), dále také testování modelu z hlediska jeho funkčnosti.

Praktická část představuje aplikaci teoretických poznatků, tj. tvorbu modelu pro vybraný podnik. Začíná definicí problému a cílů modelu, následuje využití nástrojů systémové dynamiky. CLD poskytuje přehled o vývoji mikrobubliny na finančním trhu, který dle teorie je rozdělen do několika fází růstu finanční bubliny. Model SFD je vytvořen pro první tři fáze vývoje mikrobubliny a zahrnuje čtyři hlavní sub-diagramy. Funkčnost modelu je ověřena testováním a prostřednictvím simulace Monte-Carlo.

V závěrečné kapitole práce jsou prezentovány výsledky a diskuse. Provedla se analýza jednotlivých scénářů změn vybraných proměnných a jejich vlivu na výstupní proměnnou. Zároveň jsou stanovena doporučení pro zlepšení a možná rozšíření vytvořeného modelu.

2 Cíl práce a metodika

Hlavním cílem diplomové práce je vysvětlení problematiky mikrobublin na finančním trhu pomocí nástrojů systémové dynamiky. Hlavního cíle je dosaženo prostřednictvím cílů dílčích. Prvním dílčím cílem je vytvoření funkčního simulačního modelu, který znázorňuje vznik a vývoj mikrobubliny na finančním trhu a zaměřuje se na analýzu dynamiky a expanze finanční bubliny v první třech fázích vývoje této bubliny a zachycuje tok ceny akcií. Druhým dílčím cílem je identifikace tržních faktorů, které jsou charakteristické pro tuto problematiku.

2.1 Metodika

A. Nastudování odborné literatury

Studium odborné literatury je významným bodem k porozumění nejen tématu finančních bublin, ale i systémové dynamiky. Počátkem je seznámení s vědní disciplínou, tj. Systémovou dynamikou, pomocí videí, odborných článků, přednášek a další. Potřebným je i studování ovládání simulačního softwaru Vensim a studium jeho dokumentace (Ventana Systems, Inc). Následuje studium i zkoumané problematiky, který se provádí pomocí odborné literatury a publikací, vědeckých článků a podcastů. Jsou použité odborné zdroje v českém, anglickém a ruském jazyce.

B. Sestavení příčinně smyčkového diagramu

Pro lepší porozumění a pochopení problematiky finanční mikrobubliny v modelu je vytvořen příčinně smyčkový diagram. Na základě teoretických východisek CLD znázorňuje fázi vývoje mikrobubliny na finančním trhu. Umožňuje zobrazení podstatných proměnných, vazby mezi nimi, polarit těchto vazeb a zpětnovazebních smyček. Pro tvorbu výše uvedeného diagramu je zvolen program Vensim PLE.

C. Sestavení diagramu stavů a toků

Vytvořený simulační model simuluje reálné chování zvoleného podniku Zoom Video Communications, Inc. Závěrečná práce pracuje s reálnými daty získanými z oficiálních internetových stránek vybrané společnosti. Dále následuje tvorba diagramu stavů a toků, který vychází z předchozí části B. SFD je základem pro matematickou simulaci. Vzhledem k rozsáhlosti modelu, simulace je provedena na základě prvních třech fází vývoje

mikrobubliny na finančním trhu. Model je sestaven postupně, v dalších krocích je kontrolován pomocí vestavěného testu jednotek. Model je tvořen v prostředí programu Vensim PLE, ale i v prostředí programu Vensim DSS v rámci vzdáleného přístupu do Laboratoře matematického modelování a simulací na Provozně ekonomické fakultě ČZU.

D. Testování modelu

Prověření shody simulovaných výsledků s realitou se uskuteční během kroku testování modelu. Testování zahrnuje simulaci trvající 190 dnů, na jejímž základě jsou získána simulovaná data pro srovnání s reálnými hodnotami. Navíc je provedena analýza citlivosti na vybraných proměnných, aby se posoudil jejich dopad na výstupní hodnotu modelu. Tato analýza citlivosti je provedena v programu Vensim DSS s využitím simulace Monte Carlo.

E. Simulace scénářů a interpretace výsledků

Jsou stanoveny 4 scénáře. V rámci každého scénáře dojde k úpravě hodnot proměnných, s následným pozorováním efektů na výstupní ukazatel. Interpretace a detailní analýza výsledků simulace jsou klíčovými kroky procesu. Simulace scénářů jsou zpracovány prostřednictvím Vensim DSS.

F. Doporučení pro zlepšení úspěchů na finančním trhu

Doporučení pro profesionální uživatele i pro širokou veřejnost je posledním bodem této práce.

3 Teoretická východiska

3.1 Finanční bubliny, jejich vlastnosti a specifika

3.1.1 Definice a klasifikace finančních bublin

V dnešní ekonomické vědě je pojem "finanční bublina" (též „cenová bublina“, „ekonomická bublina“), dále jen bublina, široce rozšířený. Termín „bublina“ bude použit v následující částech této práce. Jednou z prvních a nejrozšířenějších definic bubliny je ta, kterou předkládají Kindleberger a Aliber (2005, s. 1-7). Bublina na finančním trhu je obecně definována jako náhlý růst ceny aktiva nebo souboru aktiv v delším časovém horizontu, přičemž tento počáteční nárůst ceny vytváří předpoklady pro další růst a přiláká nové investory, kteří projevují větší zájem o zvýšení hodnoty aktiva než o samotný potenciální výnos z investice. Po takovém růstu ceny, následuje přehodnocení očekávání a prudký pokles ceny, který často vyvolává finanční krizi. Podobnou definici prezentují Blanchard a Watson (1982, s. 3), kteří bublinu vymezují jako cenový pohyb, který se vyznačuje rychlým vzestupem a následovaným prudkým poklesem cen.

Konovalova a Kuzmina (2019, s. 27) bublinu stanovují i jako situaci, kdy tržní hodnota aktiva přesahuje jeho fundamentální hodnotu. To znamená, že identifikace bubliny vyžaduje znalost fundamentální hodnoty aktiva, jejíž výpočet není triviální a zřejmý. Stejně tak je důležité určit časový rámec a míru překročení ceny aktiva nad jeho fundamentální hodnotou. I přes mnohé pokusy výzkumníků a analytiků, kteří se pokoušeli tyto kritéria objasnit, nebyly dosaženy žádné konkrétní výsledky. Všechny dosavadní pokusy jsou spíše subjektivní povahy a nelze je použít jako definitivní základ pro stanovení fundamentální hodnoty aktiva.

Je zřejmé, že tato problematika zůstává subjektivní a není možné ji jednou provždy vyřešit. Je zajímavé poznamenat, že po korekci bubliny se ceny často dlouho nevracejí na svou předchozí vrcholnou úroveň.

Lowenstein (2004, s. 222), ekonomický publicista z deníků The Wall Street Journal a The New York Times, zdůrazňuje, že bubliny jsou na akciovém trhu častější než u komodit nebo nemovitostí: "Akcie jsou nehmotným aktivem, nemůžete z nich žít, nemůžete se jich fyzicky dotknout, jejich cena závisí na budoucnosti společnosti... Váš soused pravděpodobně nebude přesvědčen, že dům, ve kterém žije, je hradem budoucnosti, ale pokud jde o akcie, může něčemu takovému věřit".

Chirkova (2010) stanovuje, že aktiva s určitými charakteristikami, jako je dlouhá životnost, omezená nabídka a obtížně stanovitelná hodnota (díky nepředvídatelným finančním tokům), jsou náchylnější k vytváření bublin. Růst cen, který výrazně přesahuje historický průměr, lze vysvětlit významnými změnami v ekonomickém prostředí a "novým pojetím světa", kde lze považovat vysoké ceny za oprávněné. Inovace, které přispěly k rozvoji různých typů bublin, zahrnují finanční inovace (finanční páka ve 20. letech 20. století, "junk" dluhopisy v 80. letech), technologické inovace (výstavba průplavů, železnic, vznik internetu) a rozvoj nových území, jako byla společnost "Mississippi".

V Tabulce 1 je znázorněna klasifikace a stručná charakteristika finančních bublin.

Tabulka 1: Klasifikace finanční bubliny

Druh	Poddruh	Charakteristika
Racionální	Provizní bublina	Asymetrická (rozdílná) informace ¹ mezi investory a portfolio manažery způsobují nadměrnou aktivitu a obchodování portfolia na úkor investorů, což je motivované většími zisky.
	Interní bublina	Předpokladem je identická informace mezi investory. Charakteristická je závislost objemu bubliny na velikosti výplaty dividend ² .
Iracionální	Spekulativní bublina	Umělé zvyšování poptávky po aktivu v naději na budoucí zvýšení ceny.
	Nespekulativní bublina	Vzniká v důsledku iracionálních rozhodnutí účastníků trhu, i když neexistuje možnost dalšího prodeje aktiv.

Zdroj: vlastní zpracování, Brunnermeier (2016), Allen a Gorton (1993), Froot a Obstfeld (1989), Lei, Noussair a Plott (2001) a Garber (1990)

Finanční bubliny se z hlediska pokrytí trhu dělí na makro a mini mánie.

Makrobubliny mají významné negativní dopady na národní i globální ekonomiku. Příklady jsou boom Mississippi ve Francii na začátku 18. století (French, 2009, 2 ed.), japonská burza a trh s nemovitostmi v 80. letech 20. století (Mera, Renaud, 2016), boom

¹ V tomto modelu neexistuje žádné společné přesvědčení o finanční bublině (Froot, Obstfeld, 1989).

² Velikost vnitřních bublin závisí na tom, jak investory reagují na zprávy o dividendové politice společnosti a může být vyšší než očekávané výplaty, což je determinováno self-fulfilling očekáváními investorů (Froot, Obstfeld, 1989).

hypotečních úvěrů ve Spojených státech v 2000 letech (Zuckerman, 2009). Tyto bubliny jsou často spojeny s nadhodnocením aktiv na akciových a nemovitostních trzích, Důsledkem toho je korekce ceny.

Mezi menší regionální trhy patří zajímavé historické příklady, jako jsou tulipánová mánie v 17. století (Garber, 1990), společnost South Seas Company v 18. století (Neal, Schubert, 1985), boom ve výstavbě kanálů a železnic ve Velké Británii v 18. a 19. století (Hobsbawm, 1996), zlatá horečka v Kalifornii v polovině 19. století (Eifler, 2016; Vaught, 2007) atd.

K relativně nedávno proběhlým menším a středně velkým bublinám v 90. letech 20. století patří bubliny na asijských burzách v Thajsku, Indonésii, Malajsii a dalších, tzv. „asijských tygrech“ (Holloway, Eloranta, 2014; Mahadevan, Suardi, 2008), burzovní horečka v pevninské Číně v roce 2014 (Sornette, Demos, Zhang, Cauwels, Filimonov, Zhang, 2015; Qian, 2016). Rovněž nelze opomenout boom niklových dolů v Austrálii v letech 1969-1971 (Hoatson, Jaireth, Jaque, 2006) atd.

V první polovině 80. let 20. století došlo k výraznému technologickému rozvoji (společnosti Apple, DataPoint, Oak Industries a další). Díky daňovým úlevám v USA došlo k vzestupu malých investičních společností (Chirkova, 2010). Nejvýznamnější biotechnologickou bublinou je boom „dotcom“ na konci 20. století v USA (Shiller, 2015, 3 ed.).

3.1.2 Příčiny a mechanismy vzniku ekonomických bublin

Pro pochopení problematiky finančních bublin je možno zmínit rozmanité přístupy ke studiu (viz Tabulka 2). Dosud nebyla vytvořena žádná konkrétní teorie daného tématu. Vyskytuje se několik různých směrů výzkumu, což zdůrazňuje mnohostrannou povahu a složitost studia bublin a poukazuje na význam interdisciplinárního přístupu ve výzkumu.

Tabulka 2: Výzkumné směry finančních bublin

Vědecká disciplína	Komentář	Příklady příspěvků
Psychologie	Zkoumání bubliny především skrze chování davů a masové psychologie (individuální chování a motivaci).	Gustave Le Bon „Psychologie davu“, 2016;
Sociologie	Studium bubliny skrze sociální struktury a dynamiku skupin (vliv chování skupin a jednotlivců v nich).	Leon Festinger „Theory of Cognitive Dissonance“, 1957
Historie	Klade důraz na konkrétní finanční bubliny a jejich historický vývoj (kontext a detailní analýza).	Larry Neal „The Rise of Financial Capitalism: International Capital Markets in the Age of Reason“, 1990
Makroekonomie a finance	Tradiční finančníci a makroekonomové se soustředí na faktory, jako jsou peněžní nabídka a úrokové sazby, zatímco netradiční na vnitřní nestabilitu finančního systému a možnost větších fluktuací v tržních cenách.	Hyman Minsky „Stabilizing an Unstable Economy“, 2008
Behaviorální finance	Zkoumá efekty jako jsou nadměrná sebedůvěra a extrapolace minulých událostí do budoucnosti, které mohou přispět k vzniku bublin (lidský faktor a iracionální chování).	Hersh Shefrin „Beyond Greed and Fear: Understanding Behavioral Finance and the Psychology of Investing“, 2000
Fyzika a matematika	Přináší nový pohled na dynamiku a stabilitu finančních trhů. Aplikace teorie katastrof a chaosu.	Didier Sornette „Why Stock Markets Crash: Critical Events in Complex Financial Systems“, 2003

Zdroj: vlastní zpracování, Chirkova (2010)

Byly vybrány dvě nejrozšířenější teorie vzniku bublin, které jsou popsány v následujících podkapitolách.

3.1.2.1 Příčiny vzniku cenových bublin dle Roberta Shillera

Příčiny vzniku cenových bublin podle Roberta Shillera (2015, 3 ed.), amerického profesora ekonomie a držitele Nobelovy ceny v ekonomii, jsou zásadní pro pochopení těchto jevů. Shiller významně přispěl k predikci dvou klíčových bublin: tzv. "dot-com bubliny" v roce 2000 a hypoteční bubliny v roce 2008. Jeho práce se zaměřuje na behaviorální finance, což je oblast ekonomie, která zkoumá, jak lidské chování ovlivňuje finanční trhy. Bylo vyvinuto několik ukazatelů a indexů, které slouží k monitorování chování investorů a indikují možný vznik bublin. Mezi nimi lze uvést například CAPE Ratio, který se zabývá hodnocením akcií na základě dlouhodobých průměrů ziskových poměrů, a různé indexy důvěry na trhu. Jedním z významných a zajímavých momentů bylo Shillerovo označení kryptoměny Bitcoin za bublinu v roce 2017 v rozhovoru s Consumer News and Business Channel (CNBC)³. Nicméně od té doby prošel Bitcoin několika dramatickými výkyvy a zdvojnásobil svou hodnotu. Tento příklad poukazuje na výraznou volatilitu kryptoměn a náročnost jejich hodnocení.

Shillerův výzkum (2015, 3 ed. s. 39-175) a myšlenky silně zdůrazňují psychologické aspekty, stádní chování a omyly v úsudku investorů jako klíčové faktory vedoucí k vytváření bublin. Mezi příčiny, které mohou vyvolat bubliny, patří:

- **Strukturální faktory:** Ty zahrnují hospodářskou konjunkturu, inovace v podnikání a technologiích, uvolněnou měnovou politiku centrálních bank, šíření příspěvkově definovaných penzijních plánů, optimistické předpovědi finančních analytiků, nárůst investičních fondů a nižší míru inflace.
- **Sociokulturní faktory:** Vznik nových ekonomických teorií, intenzivní mediální pokrytí finančních trhů a také absence zpráv nebo událostí během období volatility. Když trhy zažívají výrazné pohyby bez zřejmého zpravodajského vlivu, často je to výsledek psychologických reakcí investorů.
- **Psychologické faktory:** Mezi ně patří nadměrná důvěra investorů, stádní chování a jev nazývaný "magické myšlení", kdy náhodné korelace a vzory jsou

³ Zdroj: CNBS, Consumer News and Business Channel: Nobel Prize winner Robert Shiller explains how bitcoin resembles past market bubbles [online]. 2017. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://www.cnbc.com/2017/09/06/economist-robert-shiller-explains-how-bitcoin-resembles-past-bubbles.html>

vnímány jako systematické a investoři hledají racionální vysvětlení pro všechny výkyvy na trhu.

3.1.2.2 Příčiny vzniku ekonomických bublin dle Fabera

Jednou z důležitých osob ve světě investic, financí a ekonomiky je Mac Faber, který se zabýval identifikací příčin ekonomických bublin. Jeho rozsáhlý seznam příznaků nafukování bubliny je významným přínosem pro porozumění těmto jevům. Za literární zdroje byly použity osobní blog M. Fabera (2009) a webová stránka osobního časopisu THE GLOOM BOOM & DOOM (1990).

Existuje několik ekonomických předpokladů, které mohou přispět k vzniku bubliny:

- Rozsáhlá výstavba luxusního bydlení, hotelů, kancelářských budov a nákupních center. Tyto projekty mohou vytvářet zdání rostoucí poptávky a nadhodnocení tržních cen.
- Velké infrastrukturní projekty, například letiště. Tyto projekty mohou přitahovat investory, kteří věří v dlouhodobý ekonomický růst.
- Ocenění známých podnikatelů a jejich považování za národní hrdiny. To může vést k nadměrné důvěře ve finanční trhy.
- Rozsáhlé diskuze o akcích a nemovitostech v médiích. Mediální pokrytí může vytvářet zájem o investice.
- Zvýšená účast domácností na trhu a odchod některých jednotlivců ze svých zaměstnání kvůli aktivnímu obchodování a investování. Tento trend může naznačovat nadměrnou důvěru v trhy.
- Vrcholoví manažeři, kteří provádějí akvizici společnosti s vysokým zadlužením. To může znamenat riziko, pokud jsou tyto akvizice neudržitelné.
- Spekulace v různých aktivách, jako jsou umělecká díla, vzácná vína a starožitnosti. Tato aktivita může signalizovat spekulativní chování.
- Příliv zahraničních investic a otevření poboček makléřských firem. To může znamenat zájem zahraničních investorů o trhy.

Čím více těchto předpokladů se v ekonomice shromáždí, tím je pravděpodobnější vznik bubliny. Z výše uvedené informace lze odvodit několik faktorů přispívajících ke vzniku bublin:

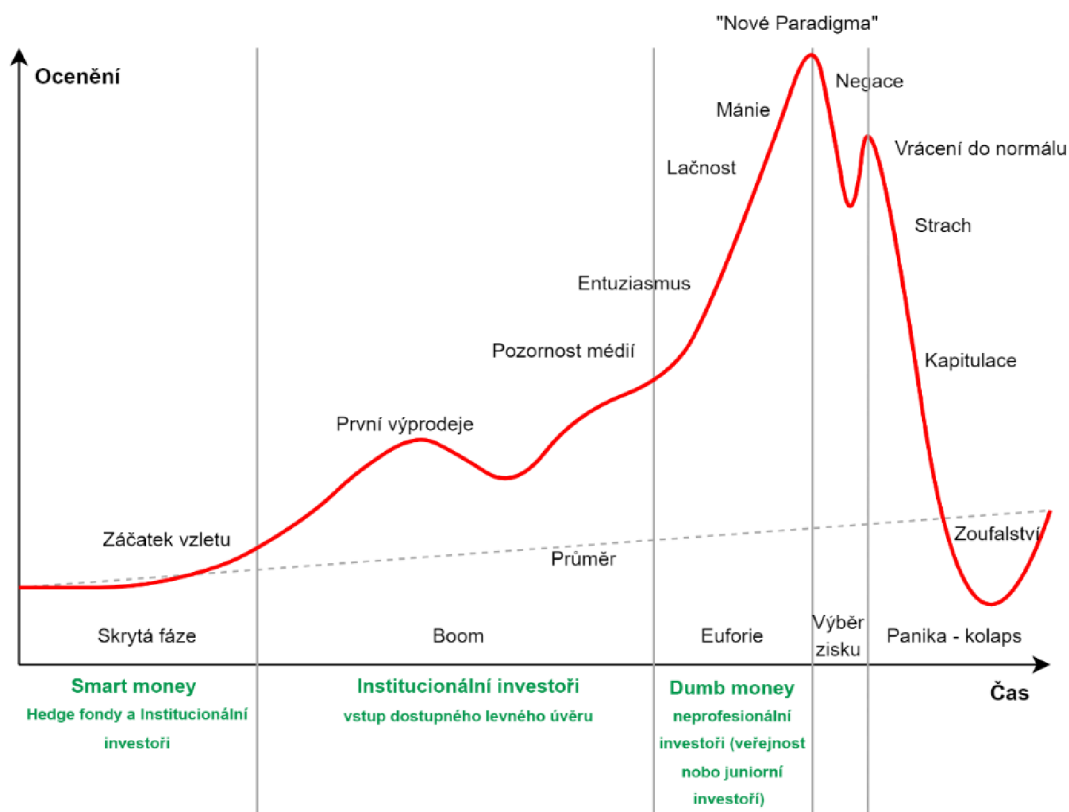
- Dostupnost levných finančních prostředků. Vlády mohou tisknout více peněz, snižovat úrokové sazby a zavádět různé stimulační programy, což může přimět investory hledat vyšší výnosy v rizikovějších aktivách.
- Příliv spekulantů a nováčků na akciový trh. Noví investoři často nákupem aktiv zvýšení jejich hodnoty a mohou investovat do již nadhodnocených aktiv.
- Dostupnost a atraktivnost aktiv pro spekulace. Aktiva vhodná pro spekulace musí být likvidní a snadno převoditelná, což zahrnuje i digitální aktiva, jako jsou akcie, které jsou ideální pro spekulace.
- Spekulace s alternativními aktivy, jako jsou umělecká díla a starožitnosti. Tyto aktivy často nemají jednoznačné ceny a mohou být snadným cílem pro spekulanty.
- Technologické inovace. Moderní technologie, jako internet a elektronické obchodování, usnadňují obchodování a zvyšují počet investorů na finančních trzích.

Mechanismus finanční bubliny vytváří cyklus: vzrůstající ceny aktiv umožňují více úvěrů, což zvyšuje nákup dalších aktiv. Čím vyšší je hodnota aktiv, tím více lze získat úvěrů a opět investovat do dalších aktiv.

3.1.2.3 Anatomie finančních bublin: Kindleberger-Minsky model

Historické analýzy odhalily incidenci cenových bublin napříč různými aktivy, včetně akciových trhů, tulipánů, pozemků, zlata, niklu atd. (více kapitola 3.1.1). Přestože se jednalo o diverzifikovaná aktiva, dynamika těchto bublin byla konzistentně podobná. Kindleberger (2005) v souladu s Minského modelem finančních krizí (2008), identifikoval pětifázový cyklus vývoje bublin, což naznačuje univerzální strukturu těchto tržních anomálií:

Graf 1: Životní cyklus finanční bubliny



Zdroj: vlastní zpracování, Minsky (2008), Kindlberger a Aliber (2005)

Skrytá fáze – nárůst důvěry

V první fázi vývoje bubliny (viz Graf 1), nazývané "Skrytá fáze – nárůst důvěry", dochází k postupnému zvyšování optimismu a nadějí mezi investory. Tento proces je iniciován vnějšími událostmi nebo šoky, nazývanými exogenními impulsy, které mění očekávání a otevírají nové možnosti zisku: rozvoj technologie, inovace ve finančních nástrojích nebo změny v makroekonomické politice mohou vyvolat tento růst optimismu. Reálným příkladem může být rozvoj internetových technologií v 90. letech nebo finanční liberalizace v Japonsku v 80. letech, které působily jako katalyzátory pro nárůst ziskovosti a přilákaly nové investice do těchto sektorů. Během této fáze je zaznamenáno zvýšení poptávky po daném aktivu a jeho cena začíná mírně stoupat, avšak s relativně nízkou volatilitou. Investoři jsou okouzleni novým paradigmatem, jako je inovativní technologie nebo historicky nízké úrokové sazby, což posiluje jejich víru v trvalý růst cen aktiv a vysokou návratnost z investic. Tato fáze je charakterizována také nízkým obratem a omezeným počtem akcionářů. Je třeba poznamenat, že růst cen není dostatečným předpokladem pro vznik bubliny – dalším podnětem pro ni je cenově dostupný levný úvěr.

Boom – nárůst ceny a úvěrová expanze

Další stupeň vývoje se vyznačuje dynamickým nárůstem ceny aktiva a expanzí úvěrování díky přístupnosti levného úvěru aktivující trh tím, že podporuje obchodování na úvěr. Cena aktiva roste a nese lákavou příležitost pro investory k rychlému zisku, což dále stimuluje objem prvních prodejů a přitahuje na trh nové účastníky. Tento rozvoj vede k nepředvídatelnosti trhu a cen, což je charakteristickým rysem fáze Boom. Z důvodu zvýšeného optimismu, banky a další finanční instituce poskytují více úvěrů. Optimismus je zesílen větší důvěrou v trvalý růst, což vede k zesílení investic do aktiv s očekáváním, že jejich cena bude dále růst. S tím, jak investice do aktiv nabírají na tempu a ceny aktiv překračují očekávání založená na původních informačních signálech, tempo růstu cen aktiv se zrychluje při současně nízké volatilitě výnosnosti těchto aktiv.

Euforie nebo „teorie většího blázna“

Následuje fáze euforie, která je specifikována extrémním optimismem a nadhodnocením aktiv. V této fázi investoři, včetně těch, kteří si jsou vědomi potenciální přítomnosti bubliny, pokračují ve spekulativních nákupech s očekáváním, že budou schopni prodat své pozice za ještě vyšší ceny. Základem jejich rozhodování je přesvědčení, že vždy se najde "větší blázen", který koupí za ještě vyšší cenu. Tento jev vede k dalšímu dramatickému nárůstu cen aktiv, často doprovázenému vysokou volatilitou. Kritické hlasy racionálních analytiků a stálých hráčů na trhu, varující před riziky takových investic, jsou v atmosféře všeobecného nadšení ignorovány. Euforie také stimuluje zhoršování kvality dluhu a zvyšuje množství vypůjčených finančních prostředků, což vede k větší ochotě financovat riskantnější investice. Tato fáze je typicky posledním varováním před následným prudkým poklesem cen a krachem, kdy finanční bublina nakonec praskne a odhalí přehnané ocenění a nadměrné zadlužení.

Výběr zisku

Ve fázi Výběr zisku dochází k postupnému odchodu konzervativních investorů, kteří si uvědomili, že cena aktiva dosáhla prudkého vzestupu. Jejich opatrné prodeje jsou však vyváženy stále silnou poptávkou optimisticky naladěných účastníků trhu, což udržuje cenu aktiva relativně stabilní. Nicméně růst ceny začíná zpomalovat a její volatilita se snižuje, což naznačuje, že dosáhla svého vrcholu. V této fázi jsou všechny předpoklady pro možný kolaps již přítomny: likvidita se zmenšuje, alokace investic je neefektivní a podvody jsou

stále častější. Tržní očekávání se stávají nestabilními a investoři začínají pochybovat o udržitelnosti současného růstu. Jakýkoli nepříznivý signál, jako je selhání instituce nebo špatná zpráva, může vyvolat lavinu prodejů, což vede k prudkému poklesu cen aktiv. Tento náhlý obrat z nadměrného optimismu do nadměrného pesimismu spouští spirálovitý pokles cen, což signalizuje konec euforie a začátek kolapsu bubliny.

Panika – kolaps

Fáze paniky a kolapsu představuje kritický moment v životním cyklu bubliny, kdy rostoucí panika na trhu vyvolává prudký pokles cen aktiv, což vede k masivním ztrátám mezi investory a spekulanty. Tato panika může být vyvolána řadou faktorů, včetně změn v kreditní politice nebo nečekanými negativními informacemi. V důsledku toho dochází k řetězové reakci, kdy investorům, kteří se snaží prodat svá aktiva ve snaze omezit ztráty, dochází k dalšímu propadu cen. Současně, pokud byl růst bubliny podpořen nárůstem objemů úvěrů, prudký pokles cen aktiv může způsobit, že hodnota zajištění klesne pod úroveň dluhů. Toto nutí účastníky trhu dříve ke splácení úvěrů, což dále snižuje likviditu a zvyšuje finanční tíseň. V této fázi mohou banky a další finanční instituce zpřísnit úvěrové podmínky nebo se stáhnout z poskytování nových úvěrů. Zhoršující se situace v reálném sektoru může vyvolat ekonomickou krizi. Centrální banky jsou často nuceny zasáhnout a poskytnout dodatečnou likviditu, aby zabránily kolapsu finančního systému. V této fázi, kdy trh prochází výprodejem a ceny aktiv prudce klesají, mohou zkušení spekulanti identifikovat příležitosti k nákupu podhodnocených aktiv. Dochází k přechodu k nové fázi tržního cyklu.

3.1.3 Důsledky zvětšení cenové bubliny

Bubliny mají významné negativní dopady na ekonomiku, přičemž některá odvětví jsou zasažena nadměrnou likviditou, zatímco jiná ne. **Důsledky** „nafukování“ bublin mohou být následující:

- **Zvýšení hodnoty peněz:** Centrální banky reagují na bubliny zvyšováním klíčových úrokových sazeb. To má za následek zvýšenou neúročenou část dluhu, pokles hodnoty zajištění. Banky zvyšují své úrokové sazby (Bordo, Jeanne, 2002).
- **Hospodářská krize nebo recese:** Ne všechny bubliny vedou k hospodářským krizím. Makrobubliny mají tendenci obvykle způsobovat vážné ekonomické

problémy, zatímco mikrobubliny nezpůsobují. Výjimkou může být situace, kdy se bublina týká systémově důležitých společností. Toto může vyvolat kaskádu bankrotů, propouštění a finančních ztrát, tak jak tomu bylo v případě Lehman Brothers v roce 2008 (Blanchard, Oliver, Watson, 1982).

- **Pokles životní úrovně a prosperity:** Prasknutí bublin často vede ke kolapsu, což má za následek řetězové bankroty, krizi a vzestup nezaměstnanosti, jak bylo patrné po hypoteční bublině v roce 2008 v USA. Kapitál soukromých a institucionálních investorů se zmenšuje a hodnota aktiv penzijních fondů klesá, toto může způsobit potíže s vyplácením důchodů (Blanchard, Oliver, Watson, 1982).

Přesto finanční bubliny nesou i některé **pozitivní aspekty** (Chirkova, 2010):

- **Indikace technologického pokroku:** Není neobvyklé, že inovativní vynálezy, jako jsou železnice, jízdní kola, automobily a internet, vedou ke vzniku bublin. Nové technologie jsou často obtížně určitelné, což vede investory k vytváření nadměrných očekávání.
- **Rychlejší šíření technologií:** Díky velkým peněžním tokům do nových odvětví se technologie rychle dostávají k lidem, což podporuje růst a inovace.
- **Stabilní inflace:** Bubliny zřídka způsobují významný růst inflace, jelikož trhy snadno pohltnou veškeré peníze emitované vládou.

3.2 Systémová dynamika

3.2.1 Systémová dynamika: vymezení a klíčové aspekty

Systémová dynamika je vědecký přístup, který se zabývá modelováním a analýzou složitých dynamických systémů. Hlavním autorem této disciplíny je Jay Forrester. Forrester byl inženýr, který se věnoval výzkumu systémů se zpětnovazebnými a dynamickými mechanismy, které mu později pomohly vyvinout základní koncepty systémové dynamiky. Jay Forrester pracoval na projektech technických systémů během druhé světové války a později na vývoji počítačů a simulátorů. Tato zkušenost mu pomohla rozvíjet myšlenky, které později vedly ke vzniku systémové dynamiky (Forrester, 1995).

Důležitým momentem v historii systémové dynamiky bylo setkání Forrestera se zástupci General Electric, kteří se snažili pochopit výkyvy ve výrobě spotřebního zboží

ve svých továrnách. To ho inspirovalo k vytvoření prvního modelu, který později vytvořil základ systémové dynamiky. Tento model zkoumal vliv různých rozhodnutí na chování společností v různých situacích a ukázal, že výkyvy ve výrobě mohou být způsobeny vnitřními faktory uvnitř organizace. Od té doby se systémová dynamika rozšířila do mnoha oblastí, včetně obchodu, ekonomiky a vzdělávání. Forrester později pracoval na modelech v oblasti městského plánování a environmentálních problémů, což vedlo k publikaci "Limits to Growth" (Meadows, Meadows, Landers, and Behrens, 1972), která se stala známou svou analýzou budoucího vývoje světové populace a životního prostředí (Forrester, 1995).

Systémová dynamika (SD) je oblast, která spojuje teorii, metody a filozofii s cílem vysvětlit chování systémů v různých oborech, jako je řízení podniku, politika, ekonomika, inženýrství, životní prostředí, medicína a mnoho dalších. Systémová dynamika nám nabízí nástroje pro analýzu, které pomáhají odhalit vzájemné vztahy mezi akcemi a reakcemi v systému a vysvětlit, proč a jak se prvky a procesy v systému vyvíjejí a mění se. Tímto způsobem umožňuje zainteresovaným stranám porozumět fungování systému a předvídat, jak se situace může vyvíjet v průběhu času (Forrester, 1991, s. 5).

Mildeová a Vojtko (2003) popisují, že systémová dynamika v České republice se začala rozvíjet v 70. letech 20. století, a to především v akademickém prostředí. Významné změny spadají na rok 1955, kdy se disciplína aplikuje do komerčního a státního sektoru. Dynamické modelování získalo praktické využití, například pro podporu plánování v Českém Telecomu a pro Armádu ČR byl vytvořen personální model zahrnující prvky jako demografie, trh práce a mobilita pracovní síly. Všechny výše uvedené příklady modelů sloužily k získání základního porozumění zkoumané problematice. To umožnilo lépe pochopit vnitřní (endogenní) cyklické vztahy příčin a důsledků, které vedou k problémovému chování ve složitém systému. Na základě těchto informací bylo možné testovat logické důsledky a dopady rozhodnutí na celý systém.

Systémová dynamika pracuje s pojmem systém. Systém, jak vymezuje Donella Meadows (2008, s. 188), je soubor prvků nebo částí, které jsou soudržně uspořádány a propojeny do vzorce nebo struktury, která vytváří charakteristický soubor chování, často klasifikovaný jako "funkce" nebo "účel". Systém se tedy skládá z různých prvků, které jsou vzájemně propojeny a uspořádány tak, aby vykazovaly určité chování nebo funkci.

Krejčí a Kvasnička (2014, s. 4) zdůrazňují, že pro systém jsou klíčové nejen prvky, ale také vazby mezi těmito prvky. Je nutné specifikovat cíle a definovat časové chování systému. Zásadní vlastnosti systému je emergence. Situace, při které systém projevuje chování či vlastnost nespécifické pro žádné z jeho prvků.

Politika je pravidlo a poskytujícím pojmem pro převod informačních zdrojů do kontinuálního toku rozhodnutí (Forrester, 1987a, s. 159). Je nezbytné poznamenat, že ne všechny politiky, které splňují tuto definici, jsou zachyceny v psaných dokumentech a ani všechna psaná pravidla nelze považovat za politiky. Tudíž se dá konstatovat, že pravidlo se stává politikou pouze v případě, kdy je jeho produktem tok rozhodnutí (Hines, House, 2001, s. 4). Politika se uplatňuje k předem určenému cíli, který představuje klíčové zaměření v rámci systémové dynamiky (Coyle, 1996).

Sterman (2000 s. 10-21) **komplexnost** v kontextu systémové dynamiky odkazuje na propojenost a vzájemné vztahy mezi různými prvky v systému. Tato propojenost znamená, že změna v jedné části systému může mít širokospektrální efekty na ostatní části. Důležitým aspektem komplexity je zpoždění v reakcích systému na změny - tzv. dynamická komplexnost, která zahrnuje nelineární interakce a zpětné vazby mezi prvky, což vede ke zpožděním mezi příčinou a důsledkem. Tyto interakce probíhají v čase a jsou často více smyčkové – cesty, jimiž se důsledky šíří systémem a nejsou lineární. Mohou být komplexní a nepředvídatelné. Dynamická komplexnost je klíčovým prvkem pro pochopení a modelování chování systémů v systémové dynamice, což ji odlišuje od jiných teoretických přístupů.

Tabulka 3: Obecné vlastnosti systému způsobující dynamickou komplexnost

Systémy jsou:	
Dynamické	Vývoj a změny v systémech cirkulují v různých časových měřítkách a to, co se zdá být konstantní, může být změněné v delším časovém horizontu. Tyto procesy, které se mohou vyvíjet na různých časových stupních, se občas vzájemně ovlivňují.
Úzce propojené	V systémech, kde jsou aktéři a prvky vzájemně propojeny, každý krok jednoho aktéra ovlivňuje ostatní aktéry a prvky.
Řízené zpětnou vazbou	V systémech s úzkou propojeností prvků a aktérů každá akce nejen způsobuje reakci, ale ovlivňuje podmínky vyvolávající původní akci a zpětnou vazbu, která může mít zpožděný dopad.
Nelineární	Reakce v systému obvykle není proporcionální k akci a ve vzdálenějších regionech se často neaplikuje s ohledem na aktuální dění.
Závislé na historii	Určení ve stanoveném časovém bodě ovlivňuje budoucí možnosti a často vylučují alternativní cesty, to způsobuje k závislosti na vybrané cestě a nevratné změny.
Sebe organizující	Dynamické chování systému vzniká z jeho struktury a je důsledkem vazeb mezi prvky a aktéry v systému, kde malé náhodné poruchy zesilují a tvoří zpětovazební strukturu budující prostorové a časové vzory v závislosti na cestě.
Adaptivní	Rozhodovací schopnosti a pravidla se časově mění. Adaptace je zajištěna pomocí evolučních a naučných procesů prvků systému.
Protiintuitivní	V komplexních systémech jsou akce a reakce časově a prostorově izolovány, přičemž pozornost se často zaměřuje na symptomatické události týkající problémů místo skutečných, skrytých příčin. Toto ztěžuje identifikaci efektivních řešení.
Rezistentní vůči politikám	Systémová složitost často převyšuje schopnosti porozumění, což vede ke selhání očividných řešení nebo dokonce ke zhoršení situace.
Charakteristické substitučními vztahy	Z důvodu rozdílných dopadů politik v krátkém a dlouhém období se objevuje zpoždění ve zpětných vazbách. Politiky se silným pákovým efektem způsobují zhoršení s následným zlepšením chování. Politiky s výrazným okamžitým zlepšením obvykle vedou ke zhoršení chování.

Zdroj: vlastní zpracování, Sterman (2000, s. 22)

Ve výše uvedené Tabulce 3 jsou zmíněné obecné vlastnosti systému způsobující dynamickou komplexnost.

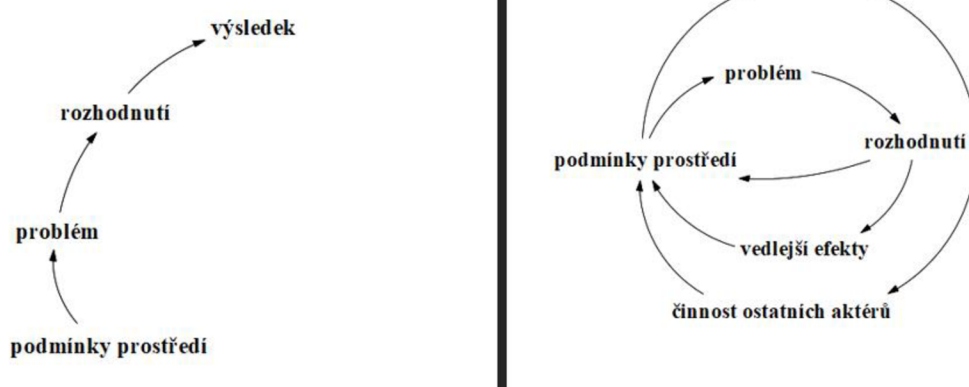
3.2.2 Systémová dynamika: vztah se systémovým myšlením

Meadows (2008, s. 123-127) a Senge (2009, s. 86-91) ve svých dílech zmiňovali, že systémové myšlení je charakterizováno přechodem z lineárního na nelineární myšlení.

Lineární myšlení je známé, podle Vennix (1996, s. 43), jako "otevřená smyčka", ve které rozhodnutí nemá vliv na samotné rozhodnutí. Dle Senge (2009, s. 63), příčina a následek jsou si časově a prostorově⁴ blízké. Z důvodu lineárního myšlení často vzniká rezistence vůči navrženým politikám. „Řešení minulosti se často stává problémem současnosti“, tato Stermanova (2000, s. 10) citace nejlépe vysvětluje výše zmíněné pojetí. Detailní přehled je v levé části na Obrázku 2.

"Uzavřenou smyčkou", jak zmiňuje Vennix (1996, s. 43), je systémové myšlení, kde každé rozhodnutí působí nejen na systém a jeho kontext, ale ovlivňuje a vyvolává změnu v systému. Sterman (2000, s. 10–11) ve svém díle uvedl, že podstatnou podmínkou v systémovém myšlení je existence samotného systému i komplexita systému. Schopností realizovaného rozhodnutí je změna prvotního prostředí a budoucího rozhodnutí, ale i akce vznikající v jiném místě nebo časovém okamžiku. Podrobnějšímu zobrazení odpovídá pravá část na Obrázku 1.

Obrázek 1: Otevřený a uzavřený diagramy

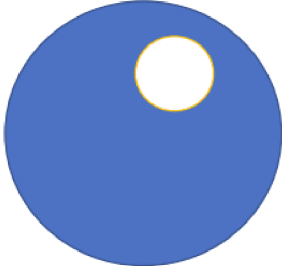
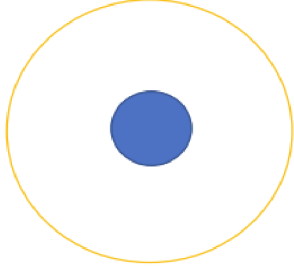


Zdroj: vlastní zpracování, Vennix (1996, s. 43), Šusta (2015, s. 35), Sterman (2000, s.10) a Senge (2009, s. 63)

⁴ Naopak od Vennix (1996, s. 43) Šusta (2015, s. 35) uvádí jmenování, jako „Otevřený a uzavřený diagram“.

V následující Tabulce 4 je uvedena rozdílná interpretace vztahu systémové dynamiky a systémového myšlení vyplývající z různého vymezení systémového myšlení.

Tabulka 4: Vztah systémové dynamiky a systémového myšlení

J.W.Forrester	B. Richmond
<ul style="list-style-type: none"> • Systémové myšlení tvoří jádro, podmnožinou systémové dynamiky. • Systémová dynamika je tvořena „aurou“, myšlení slouží pro důkladné porozumění chování systému. Díky simulačním modelům systémové dynamiky a systémového myšlení je lépe pochopitelné fungování světa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Systémové myšlení má klíčový význam. • Obsahem je nejen systémová dynamika, ale i celá systémová věda. • Systémové myšlení je „aura“, systémová dynamika tvoří jádro. 
<p>Výše je uvedené grafické znázornění, kde modrá oblast znázorňuje systémovou dynamiku a bílá systémové myšlení⁵</p>	

Zdroj: vlastní zpracování, Richmond (1994, s. 3-4)

3.2.3 Tvorba modelu

Fáze definice problému je považována za počáteční a nejdůležitější část určující směr a cíl celého procesu modelování systémové dynamiky (Sterman, 2000, s. 89-90). Bez jasného a dobře vymezeného problému může být modelování disciplíny neefektivní nebo může simulovat neodpovídající závěry (Sterman, 2000 s. 89-90; Richmond, 1997).

⁵ Zdroj: Mauleshova, Mira. 2022. Diplomová práce: Analýza ekonomicko-ekologického systému Aralského jezera. [online]. Praha. ČZU, PEF, Katedra systémového inženýrství, s. 124. PDF formát. Dostupné z: https://is.czu.cz/auth/zp/portal_zp.pl

Příkladem kladených otázek při definici problému by mělo být: Na jaký problém se zaměřují? Co je jádrem problému? Jak došlo ke vzniku problému a jak se může dále vyvíjet? Jaký je důvod problému? (Sterman, 2000, s. 89) Díky vyhodnocení problému je snadné determinovat cíle modelování, klíčové proměnné, které mají být zahrnuty do problematiky. Výsledek formuluje také základní hypotézy, které bude model testovat. To znamená, že správně určená definice problému zabezpečí relevantnost a zaměřenost na skutečné problémy modelu, které je třeba řešit (Mashayekhi a Ghili, 2010).

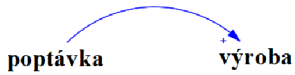
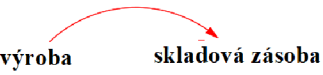
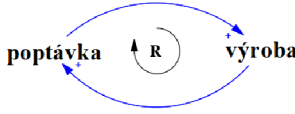
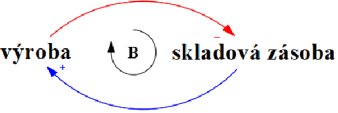
Podle Stermana (2000, s. 94-95) **definování dynamické hypotézy** zahrnuje vypracování teorie vysvětlující příčiny problémového chování. Jedná se o pracovní teorii, která popisuje původ problému. Tato hypotéza směřuje a soustředí modelovací aktivity na vymezenou strukturu.

3.2.3.1 Příčinně smyčkový diagram (Causal Loop Diagram)

Sterman (2000, s. 137-138) uvedl, že příčinně smyčkové diagramy jsou klíčovým vizualizačním nástrojem v systémové dynamice pro zobrazení zpětných vazeb mezi proměnnými v systému. Jsou cenné při formulování hypotéz o dynamice systému a při identifikaci klíčových bodů, kde by mohl být systém narušen. Jsou často používány pro vizualizaci složitých systémových struktur a nabízejí uživatelům možnost rychle a efektivně zachytit a sdílet své mentální modely. Dle popisu Krejčí a Kvasničky (2014, s. 12-13) diagramy kauzálních smyček zobrazují proměnné spojené šipkami, které reprezentují příčinné vazby, a ukazují, jak změna v jedné proměnné ovlivňuje jiné. Každá šipka má přiřazenou polaritu (+ nebo -), ze které se dá poznat příčinnou souvislost (pozitivní nebo negativní).

Následuje Tabulka 5, která popisuje důležité prvky příčinně smyčkového diagramu (Šusta, 2015, s. 29). Používání písmeno „S“ pro označení (když jedna stoupá, druhá také a naopak) nemusí být vždy přesné. Když se jedná, např. o úrocích – vyšší úroková míra znamená vyšší úrok a naopak. Je zde tento způsob označení srozumitelný, ale pro komplexnější situace, jako je rození a populace, ne. Vyšší porodnost obecně vede k vyšší populaci, ale nižší porodnost nemusí okamžitě vést k nižší populaci, protože populace se mění i v důsledku úmrtnosti. Proto by měla být opatrnost při používání písmen „S“ a „O“, jelikož nemusí správně odpovídat skutečnosti.

Tabulka 5: Prvky příčinně smyčkového diagramu

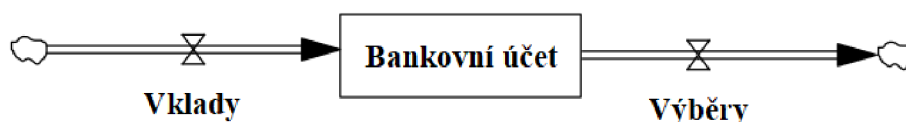
Grafické znázornění	Komentář
	<p>Pozitivní zpětná vazba</p> <ul style="list-style-type: none"> • Polarita má zobrazení buď znaménkem „+“ anebo písmenem „S“ (angl. Same). • Modré označení. • Porušuje rovnováhu systému. • Při nezměněných podmínkách, pokud poptávka (x) roste, výroba (y) se zvýší nad úroveň, které by dosáhlo, kdyby poptávka (x) zůstala konstantní.
	<p>Negativní zpětná vazba</p> <ul style="list-style-type: none"> • Polarita má zobrazení buď znaménkem „-“ anebo písmenem „O“ (angl. Opposite). • Červené označení. • Udržuje systém v rovnováze. • Při nezměněných podmínkách, pokud poptávka (x) klesá, výroba (y) se snižuje pod úroveň, které by dosáhlo, kdyby poptávka (x) zůstalo konstantní.
	<p>Sebeposilující smyčka</p> <ul style="list-style-type: none"> • Možnost zobrazení polarit se dělí na: znaménko „+“ či písmeno „R“ (angl. Reinforcing) nebo symbol zvětšující valící sněhové koule z kopce. • V sebeposilující smyčce, počáteční hodnota proměnné má zesilující účinek na sebe samotnou.
	<p>Vyvažující smyčka</p> <ul style="list-style-type: none"> • Možnost zobrazení polarit se dělí na: znaménko „-“ či písmeno „B“ (angl. Balancing) nebo symbol váhy. • Ve vyvažující smyčce, počáteční hodnota proměnné má snižující účinek na sebe samotnou.

Zdroj: vlastní zpracování, Šusta (2015, s. 28-32, s. 36), Krejčí a Kvasnička (2014, s. 13), Sterman (2000, s. 138-143)

3.2.3.2 Diagram stavů a toků (Stock and Flow Diagram)

Druhým nástrojem sloužící pro popis dynamického chování je diagram stavů a toků, ve kterém proměnné se klasifikují na: stavové a tokové. Krejčí a Kvasnička (2014, s.14) zmiňují, že tyto diagramy umožňují přesnější popis systému a jeho snadnější převedení do matematického modelu. Zde zpětnovazební smyčky nejsou tak zřetelné, jako v příčinně smyčkových diagramech. Kromě toho znaky, ač vizuálně podobné, mají v diagramech stavů a toků odlišný význam, který reprezentuje příčinné nebo informační vazby. Níže je uvedeno grafická interpretace stock and flow diagram.

Obrázek 2: Grafické znázornění stavů a toků



Zdroj: vlastní zpracování, Šusta (2015, s.42)

Komentář⁶:

Bankovní účet je v daném případě **stavovou proměnnou**, která je, jinak řečeno, úrovní, akumulací a zásobou. Z matematické reprezentace jde o určitý integrál.

Vklady a Výběry jsou **tokové proměnné**, kde Vklady – vstup do akumulace a Výběry – vystup z akumulace.

Mraky po levé a po pravé straně jsou pevná **hranice** daného příkladu.

Dále jsou uvedené interpretační rovnice.

Lze znázornit pomocí **Integrální rovnice**:

$$\text{Bankovní účet}_T = \int_{T_0}^T (\text{Vklady}(t) - \text{Výběry}(t)) dt + \text{Bankovní účet}_{T_0} \quad (1)$$

⁶ Zdroj: KREJČÍ, Igor, KVASNIČKA, Roman. 2014. Systémová dynamika I. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta. 67 s. ISBN 978-80-213-2478-7.
STERMAN, John. 2000. Business dynamics: systems thinking and modelling for a complex world. Boston: McGraw-Hill, s. 982. ISBN 00-723-1135-5.

Eventuálně **diferenciální rovnice:**

$$\frac{d(\text{Bankovní účet})}{dt} = \text{čistá změna Bankovního účtu} = \text{Vklady}_t - \text{Výběry}_t \quad (2)$$

3.2.3.3 Testování modelu

Jak popisují Stermann (2000), Bellinger a Scott (2013) při tvorbě simulačních modelů, první rovnice položí základ celého procesu. Testování hraje nezbytnou roli pro správné vyvinutí modelu, důvěryhodnost a relevantnost výsledků. Tento krok poskytuje nejen porovnání mezi simulovaným a skutečným chováním zkoumaného systému, ale věnuje se i důkladné kontrole rozměrové konzistence jednotlivých rovnic. Následují klíčové body testování modelu.

MAPE (Mean Absolute Percentage Error) – celková procentuální chyba odhadu, která posuzuje přesnost simulace. Hindls (2007, s. 289) stanovuje, čím nižší je hodnota, tím přesnější je odhad a vypočítává se dle Khair a kol. (2017, s. 14):

$$\text{MAPE} = \frac{\sum \frac{|y_1 - y_t'|}{y_1}}{n} * 100\% \quad (3)$$

kde

y_1 je skutečná hodnota;

y_t' je hodnota předpokládaná;

n je počet zkoumaných záznamů.

Problematika této závěrečné práce spadá do socio-ekonomického aspektu, a proto porovnání proměnných časové řady s reálnými hodnotami se simulovanými budou odkazovat na níže uvedenou interpretaci dle Lewisa (1982, s. 40):

Obrázek 3: Interpretace hodnot ukazatele MAPE

Interpretace hodnot ukazatele MAPE	
MAPE	Interpretace
<10	„vysoce přesná předpověď“
10-20	„dobrá předpověď“
20-50	„přijatelná předpověď“
>50	„nepřesná předpověď“

Zdroj: Lewis (1982, s. 40)

R^2 , koeficient determinace, je druhou mocninou koeficientu korelace, která udává, z kolika % jsou změny závisle proměnné vyvolané změnami nezávisle proměnné ($0 \leq R^2 \leq 1$) (Sterman, 2000, s. 874):

$$R^2 = r^2 \quad (4)$$

$$r = \frac{1}{n} \sum \frac{(X_d - \bar{X}_d)(X_m - \bar{X}_m)}{S_d S_m} \quad (5)$$

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum x \quad (6)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (X - \bar{X})^2} \quad (7)$$

kde

R^2 je determinační koeficient;

r je korelační koeficient;

n je počet záznamů v řadě;

X_d jsou skutečná data;

\bar{X}_d je průměr skutečných dat;

X_m jsou data z modelu;

\bar{X}_m je průměr dat z modelu;

S_d směrodatná odchylka skutečných dat;

S_m je směrodatná odchylka dat z modelu.

Stermann (2000), Bellinger a Scott (2013) zmiňují, že je podstatné uvést i analýzu citlivosti, která posuzuje, jak změny v parametrech nebo strukturálních předpokladech ovlivňují chování modelu. Tato část je nezbytná k identifikaci oblastí největší nejistoty a k zhodnocení odolnosti modelu v různých scénářích. Je nutné si uvědomit, že nikdy nelze dokonalé odhadnout nejisté parametry. Vždy je nutné zvážit na jaký parametr si více soustředit. Pokud se jedná o parametr se silným vlivem na chování modelu, je třeba přidat data, díky kterým vypočítané přesné a spolehlivé odhady. Po stanovení správného výsledku je třeba zkoumat i parametry s malým účinkem.

Podstatným krokem je ověření správnosti modelu. V programu Vensim se jedná o test Units Check, který umožňuje kontrolu správnosti zadání jednotlivých proměnných. Po spuštění tohoto testu si lze ujistit, že pravá a levá část vzorce mají stejné jednotky (Stermann, 2000).

Jedna z používanějších citlivostních analýz, která bude aplikována v praktické části, je simulace Monte-Carlo. Dle Stermanna (2000) simulace funguje dle principu definici střední hodnoty veličiny výsledku náhodného děje a pomáhá generovat dynamické intervaly spolehlivosti pro trajektorie proměnných v modelech.

3.2.3.4 Vytvoření scénářů

V závěrečné části simulace je i vymezení potenciálně zajímavých scénářů, které přináší velký přínos pro vysvětlení potřebných vzorců chování. Pruyt (2016, s. 20) uvádí, že díky pečlivému nastavení vstupních parametrů modelu lze vygenerovat scénáře, které vedou k simulaci a odhalení širokého spektra možných výsledků. Uvedený přístup má silný vliv na rozhodovací procesy poskytující různorodý pohled na potenciál vývoje.

4 Vlastní práce

4.1 Vymezení problému

Jak bylo zmíněno v zadání diplomové práce, cílem je vysvětlení problematiky mikrobublin na finančním trhu vyjadřující lokální a časově omezené jevy nadhodnocení zaujatého aktiva. Objevují se v rámci jednotlivých firem nebo specifických sektorů, jako je kryptoměna, které nemají silný vliv na finančně ekonomickou situaci celého státu. Bylo by vhodné uvést, že při nejhorším scenáři (prasknutí bubliny) stát neponese žádné problémy (hospodářská krize nebo recese). Dopad přijde pouze na firmu (finanční ztráta, propouštění zaměstnanců a další následky). Faktickou poznámkou je, že kolaps může vést i neschopnosti „udržet firmu nad vodou“ – její krachu.

Finanční bubliny se vyvíjí díky kombinaci psychologických faktorů a tržních anomálií. Mezi psychologické faktory patří: nadměrný optimismus, spekulativní chování investorů, morální hazard, stádné chování a další. Tržní anomálie mohou být představeny například nedostatkem informovaností a omezenou likviditou. Rozvoj mikrobubliny lze rozdělit do několika fází (viz kapitola 3.1.2.3). Počáteční fáze bubliny je skrytá fáze, ve které se vyskytuje postupné budování optimismu mezi profesionálními investory (Smart money). Díky jejich výzkumům, šetřením tržního segmentu a přístupům k širším zdrojům a informačním kanálům očekávají nárůst ceny aktiva. Následkem je narůstající poptávka založená na důvěře v budoucí cenový vývoj a předpoklad dosažení značných zisků. Ve fázi boomu a euforie dochází k exponenciálnímu nárůstu cen aktiv, založenému na iracionálním exuberanci a velkému množství poptávky, která je posílená morálním hazardem a efektem stádovosti. Tento růst ceny není udržitelný, v případě, že dochází k obratu v percepci rizik či dosáhnutí určitého triggeru. Dále následuje fáze výběru zisků, která rychle přerůstá v kolaps. Hodnota aktiv zde ostře klesá a vrací se k realističtějšímu ocenění.

4.2 Tvorba a cíl systémového modelu

Počátečním bodem práce je stanovení cíle pro tvorbu modelu. Poté následuje práce, která bude prováděna v programu Vensim PLE:

- proces budování příčinně smyčkového diagramu s popisem sebeposilujících a vyvažujících smyček modelu;

- popis diagramu stavů a toků, kde budou určeny funkce ve výše vymezeném softwaru a vztahy mezi jednotlivými proměnnými modelu;
- testování modelu, kde bude zjištěny statistické ukazatele (MAPE a R^2) a udělána citlivostní analýza (Monte Carlo), poskytující vliv změny vybraných vstupních parametrů na výstupní;
- simulace scénářů, které poskytnou informace o chování zkoumané problematiky a návrh vhodné politiky pro zlepšení.

Základním cílem práce je vytvoření funkčního simulačního modelu, který by umožňoval vysvětlovat problematiku mikrobubliny, jak vzniká, a jak se vyvíjí na finančním trhu.

Následuje znázornění zkratk, které budou použité ve vlastní práci: HF jsou označeny Hedge fondy, BOII jsou Banky a ostatní institucionální investoři, DM jsou Dumb money, podmínka SEC je Securities and Exchange Commission, FH/CA je fundamentální hodnota/hodnotu ceny akcie, Init Cash – Initial Cash.

4.2.1 Příčinně smyčkový diagram

Při modelování problému je prvním krokem sestavení příčinně smyčkového diagramu. Pomáhá lépe se orientovat v tom, jak a kde začít s tvorbou modelu. Usnadňuje jeho interpretaci. Jednotlivými částmi diagramu začíná popis události, a tím postupně probíhá pochopení celkového pohledu na problém.

V literární rešerši, viz kapitola 3.2.3.1, je uváděno, že mezi proměnnými v příčinně smyčkovém diagramu je kauzální spojení vazeb. Jejich polarita představují oboustranné vlivy proměnných. Modré jsou pozitivní kauzální vazby a červené jsou negativní. V uzavřené zpětnovazební smyčce je stanoven její typ s ohledem na polaritu vazeb mezi jednotlivými proměnnými.

Je důležité vytknout, že problém je velmi rozsáhlý. Proto v příčinně smyčkovém diagramu byly znázorněny nejdůležitější zpětnovazební smyčky pro porozumění zkoumané problematice. V kapitole 4.2.2 budou zkoumány pouze první tři fáze vývoje finanční bubliny.

Celkový příčinně smyčkový diagram na Obrázku 4 zobrazuje vývoj mikrobubliny na finančním trhu.

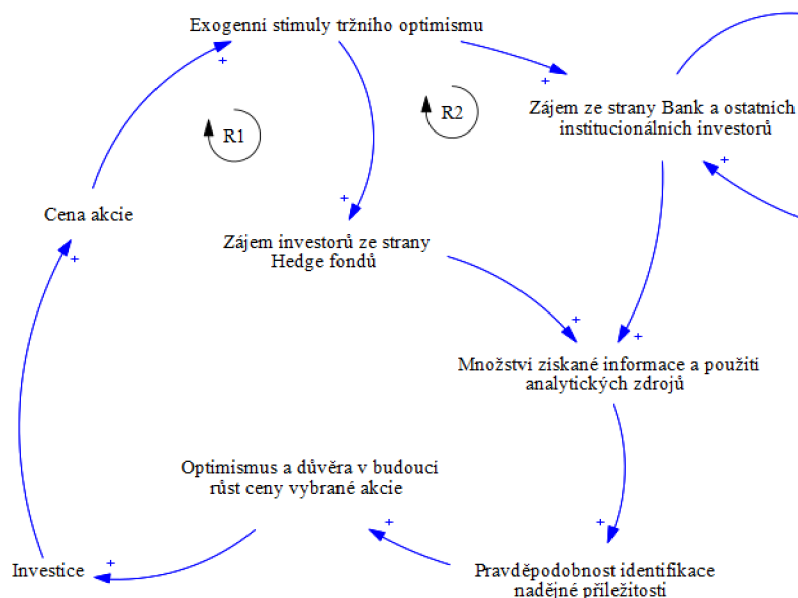
4.2.1.1 Jednotlivé části CLD

Skrytá fáze – nárůst důvěry

První příčinně smyčkový sub-diagram popisuje vzrůstající fázi optimismu profesionálních investorů, kteří věří v budoucí růst ceny akcie. Díky svým znalostem, zkušenostem a přístupu k lepším informacím dokážou rozpoznat potenciál značných zisků. Klíčovým příznakem je rostoucí optimismus a důvěra v budoucí růst ceny akcie, které vedou ke zvýšení poptávky po těchto akciích. Zobrazení první fáze vzniku finanční mikrobubliny pomocí příčinně smyčkového diagramu je uvedeno na Obrázku 5.

Zpětnovazební smyčky **R1** a **R2** jsou sebesilující. Reprezentují, jak *Exogenní stimuly tržního optimismu* vedou ke zvýšení *Zájmu ze strany Hedge fondů* a následnému většímu využívání informací a analytických zdrojů pro identifikaci investičních příležitostí. Dalším aspektem je posílení *Optimismu a důvěry v budoucí růst cen akcií*, stimuluující *Investice* a zvyšující *Cenu akcií*.

Obrázek 5: Příčinně smyčkový sub-diagram – Skrytá fáze – nárůst důvěry



Zdroj: vlastní zpracování

R1: *Exogenní stimuly tržního optimismu – Zájem investorů ze strany Hedge fondů – Množství získané informace a použití analytických zdrojů – Pravděpodobnost identifikace*

nadějně příležitosti – Optimismus a důvěra v budoucí růst ceny vybrané akcie – Investice – Cena akcie – Exogenní stimuly tržního optimismu

- Čím silnější jsou *Exogenní stimuly tržního optimismu*, tím větší je *Zájem investorů ze strany Hedge fondů*.
- Čím větší je *Zájem investorů ze strany Hedge fondů* o investici, tím větší je *Množství získané informace a použití analytických zdrojů*.
- Čím větší je *Množství získané informace a použití analytických zdrojů*, tím větší je *Pravděpodobnost identifikace nadějně příležitosti*.
- Čím větší je *Pravděpodobnost identifikace nadějně příležitosti*, tím větší je *Optimismus a důvěra v budoucí růst ceny vybrané akcie*.
- Čím větší je *Optimismus a důvěra v budoucí růst ceny vybrané akcie*, tím větší jsou *Investice*.
- Čím větší jsou *Investice*, tím vyšší je *Cena akcie*.
- Čím vyšší je *Cena akcie*, tím silnější jsou *Exogenní stimuly tržního optimismu*.

R2: *Exogenní stimuly tržního optimismu – Zájem ze strany Bank a ostatních institucionálních investorů – Množství získané informace a použití analytických zdrojů – Pravděpodobnost identifikace nadějně příležitosti – Optimismus a důvěra v budoucí růst ceny vybrané akcie – Investice – Cena akcie – Exogenní stimuly tržního optimismu*

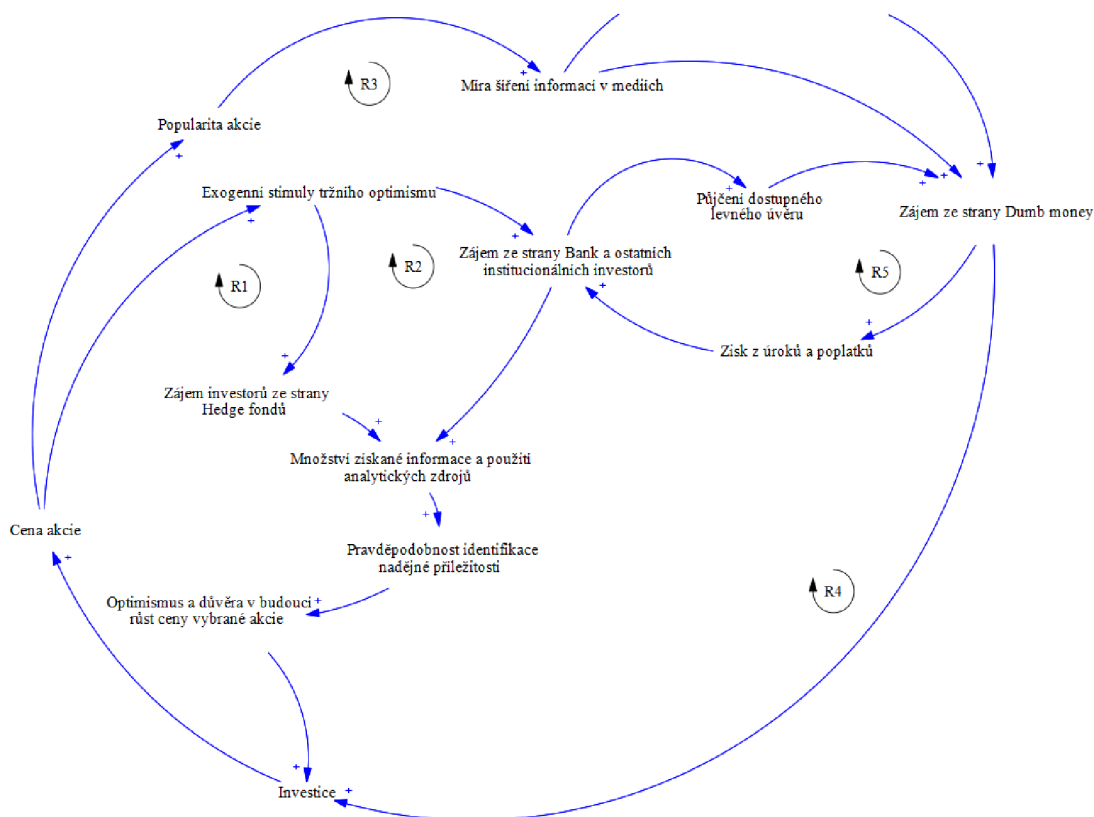
- Čím silnější jsou *Exogenní stimuly tržního optimismu*, tím větší je *Zájem ze strany Bank a ostatních institucionálních investorů*.
- Čím větší je *Zájem ze strany Bank a ostatních institucionálních investorů*, tím větší je *Množství získané informace a použití analytických zdrojů*.
- Čím větší je *Množství získané informace a použití analytických zdrojů*, tím větší je *Pravděpodobnost identifikace nadějně příležitosti*.
- Čím větší je *Pravděpodobnost identifikace nadějně příležitosti*, tím větší je *Optimismus a důvěra v budoucí růst ceny vybrané akcie*.
- Čím větší je *Optimismus a důvěra v budoucí růst ceny vybrané akcie*, tím větší jsou *Investice*.
- Čím větší jsou *Investice*, tím vyšší je *Cena akcie*.
- Čím vyšší je *Cena akcie*, tím silnější jsou *Exogenní stimuly tržního optimismu*.

Boom – Nárůst ceny a úvěrová expanze

Druhý příčinně smyčkový sub-diagram se věnuje nárůstu ceny akcie a úvěrové expanzi. Sub-diagram znázorňuje důležité podmínky pro vznik mikrobubliny – nárůst ceny akcie a dostupný levný úvěr, díky kterému se i aktualizuje trh (viz Obrázek 6).

Zpětnovazební smyčky **R3**, **R4**, **R5** v sub-diagramu Boom – nárůst ceny a úvěrová expanze ukazují, jak vztah mezi různými proměnnými a faktory vedou k posílení tržního trendu (v souvislosti s růstem cen aktiv a úvěrové expanze). Všechny smyčky jsou sebeposilující. **R2**: Růst *Ceny akcie* zvyšuje jeho *Popularitu akcie*, což vede k dalšímu růstu *Ceny akcie*. Tento cyklus je podpořen *Mírou šířením informací v médiích* a *Zájmem ze strany Dumb money (neprofesionální investoři)*, toto dále vede ke zvýšení *Investic* do daného aktiva. K tomu přispívají i zesílený *Zájem ze strany Bank a ostatních institucionálních investorů*, které podle **R3** rozšiřují *Půjčení dostupného levného úvěru* s cílem zvýšit své výnosy a své *Zisky z úroků a poplatků* podle **R4**. Toto přitahuje veřejnost (Dumb money) k *Investicím*, vedoucím k růstu *Ceny akcie*.

Obrázek 6: Skrytá fáze – nárůst důvěry, Boom – Nárůst ceny a úvěrová expanze



Zdroj: vlastní zpracování

R3: *Cena akcie – Popularita akcie – Míra šíření informací v médiích– Zájem ze strany Dumb money – Investice – Cena akcie*

- Čím vyšší je *Cena akcie*, tím větší je *Popularita akcie*.
- Čím větší je *Popularita akcie*, tím větší je *Míra šíření informací v médiích*.
- Čím větší je *Míra šíření informací v médiích*, tím větší je *Zájem ze strany Dumb money*.
- Čím větší je *Zájem ze strany Dumb money*, tím větší jsou *Investice*.
- Čím větší jsou *Investice*, tím vyšší je *Cena akcie*.

R4: *Zájem ze strany Bank a ostatních institucionálních investorů – Půjčení dostupného levného úvěru – Zájem ze strany Dumb money – Investice – Cena akcie – Exogenní stimuly tržního optimismu – Zájem ze strany Bank a ostatních institucionálních investorů*

- Čím větší je *Zájem ze strany Bank a ostatních institucionálních investorů* o zvýšení výnosů, tím větší je *Půjčení dostupného levného úvěru*.
- Čím větší je *Půjčení dostupného levného úvěru*, tím větší je *Zájem ze strany Dumb money*.
- Čím větší je *Zájem ze strany Dumb money*, tím větší jsou *Investice*.
- Čím větší jsou *Investice*, tím vyšší je *Cena akcie*.
- Čím vyšší je *Cena akcie*, tím silnější jsou *Exogenní stimuly tržního optimismu*.
- Čím silnější jsou *Exogenní stimuly tržního optimismu*, tím větší je *Zájem ze strany Bank a ostatních institucionálních investorů* o zvýšení výnosů.

R5: *Zájem ze strany Bank a ostatních institucionálních investorů – Půjčení dostupného levného úvěru – Zájem ze strany Dumb money – Zisk z úroků a poplatků – Zájem ze strany Bank a ostatních institucionálních investorů.*

- Čím větší je *Zájem ze strany Bank a ostatních institucionálních investorů* o zvýšení výnosů, tím větší je *Půjčení dostupného levného úvěru*.
- Čím větší je *Půjčení dostupného levného úvěru*, tím větší je *Zájem ze strany Dumb money*.
- Čím větší je *Zájem ze strany Dumb money* o dostupný levný úvěr, tím vyšší je *Zisk z úroků a poplatků*.

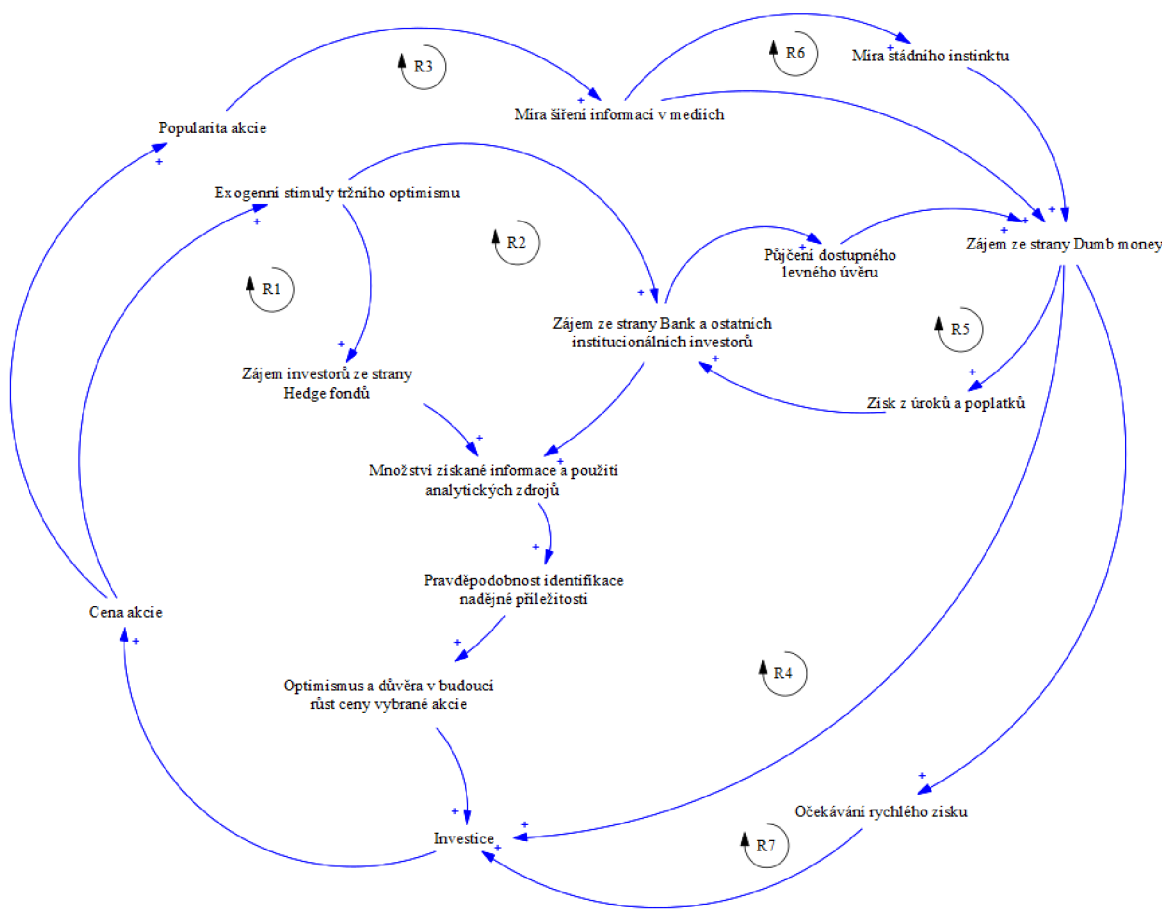
- Čím vyšší je *Zisk z úroků a poplatků*, tím větší je *Zájem ze strany Bank a ostatních institucionálních investorů* o nové klienti.

Euforie nebo „teorie většího blázna“

Třetí příčinně smyčkový sub-diagram znázorňuje iracionální stránku obchodování ve fázi Euforie, kde významnou roli hraje „teorie většího blázna“. Klíčovým atributem této teorie je víra v zisk a víra v to, že nákup akcie za příliš vysokou cenu přinese zisk. Detailnější popis sub-diagramu je zobrazen na Obrázku 7.

Zpětnovazební smyčky **R6**, **R7** jsou sebeposilující. **R6** demonstruje, jak intenzivní *Míra šíření informací v médiích* vede k narůstající *Míře stádního instinktu* a investiční aktivitě, což podle **R7** vede k narůstajícímu očekávání rychlého výdělků. *Očekávání rychlého zisku* motivuje investory k dalšímu vstupu do hry s očekáváním podobných výnosů (stádní chování).

Obrázek 7: Skrytá fáze – nárůst důvěry, Boom – Nárůst ceny a úvěrová expanze, Euforie nebo "teorie většího blázna"



Zdroj: vlastní zpracování

R6: *Míra šíření informací v médiích – Míra stádního instinktu – Zájem ze strany Dumb money – Investice – Cena akcie – Popularita akcie – Míra šíření informací v médiích*

- Čím větší je *Míra šíření informací v médiích*, tím větší je *Míra stádního instinktu*.
- Čím větší je *Míra stádního instinktu*, tím větší je *Zájem ze strany Dumb money*.
- Čím větší je *Zájem ze strany Dumb money*, tím větší jsou *Investice*.
- Čím větší jsou *Investice*, tím vyšší je *Cena akcie*.
- Čím vyšší je *Cena akcie*, tím větší je *Popularita akcie*.
- Čím větší je *Popularita akcie*, tím větší je *Míra šíření informací v médiích*.

R7: *Investice – Očekávání rychlého zisku – Zájem ze strany Dumb money – Investice*

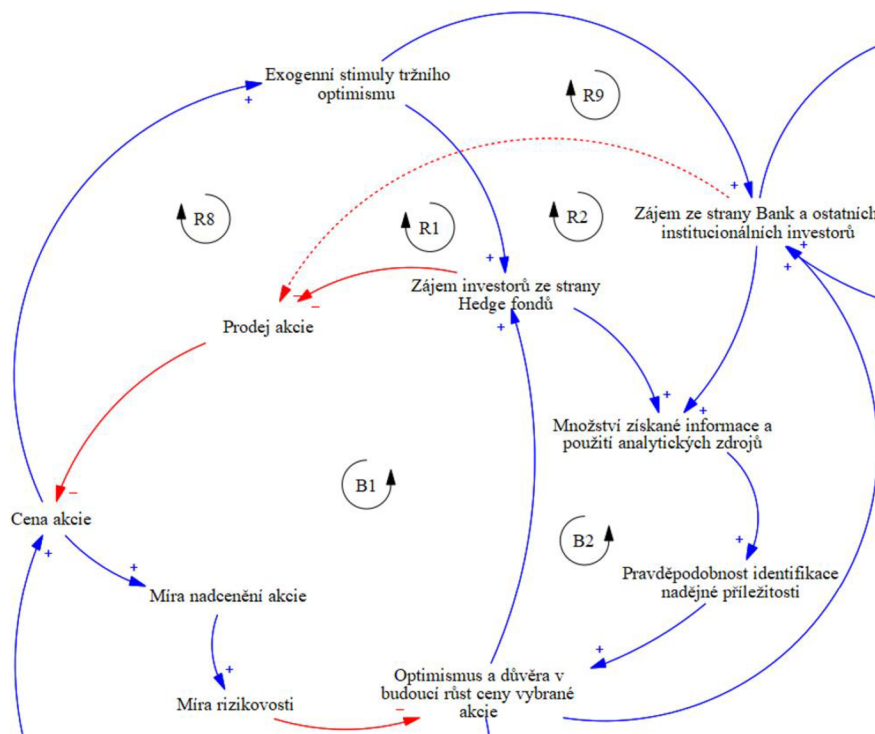
- Čím větší jsou *Investice*, tím větší jsou *Očekávání rychlého zisku*.
- Čím větší jsou *Očekávání rychlého zisku*, tím větší je *Zájem ze strany Dumb money*.
- Čím větší je *Zájem ze strany Dumb money*, tím větší jsou *Investice*.

Výběr zisku

Čtvrtý příčinně smyčkový sub-diagram ilustruje pochopení iracionality stávajících cen akcií investory. Smart money (Hedge fondy, Banky a ostatních institucionálních investorů) si začínají uvědomovat nespolehlivost ceny akcie, a proto jim klesá důvěra v budoucí růst ceny akcie. Z tohoto důvodu se rozhodují vybrat své peníze (viz Obrázek 8).

Zpětnovazební smyčky **B1**, **B2** jsou vyvažující (vyrovnávající) a zpětnovazební smyčky **R8**, **R9** jsou sebeposilující. Význam zpětnovazebních smyček ukazuje, jak Smart money (*Hedge fondy a Banky a ostatní institucionální investoři*) reagují na změny tržních podmínek a tlačí na prodej svých akcií, toto vede ke korekci *Ceny akcií*. Výše uvedení profesionální investoři, začínají pochybovat o stabilitě a budoucím růstu *Ceny akcie*. Ztráta důvěry v budoucí růst cen je pro ně signálem vybrat své peníze a opustit trh.

Obrázek 8: Skrytá fáze – nárůst důvěry, Výběr zisku



Zdroj: vlastní zpracování

B1: *Cena akcie – Míra nadcenění akcie – Míra rizikovosti – Optimismus a důvěra v budoucí růst ceny vybrané akcie – Zájem investorů ze strany Hedge fondů – Prodej akcie – Cena akcie*

- Čím vyšší je *Cena akcie*, tím větší je *Míra nadcenění akcie*.
- Čím větší je *Míra nadcenění akcie*, tím větší je *Míra rizikovosti*.
- Čím větší je *Míra rizikovosti*, tím menší je *Optimismus a důvěra v budoucí růst ceny vybrané akcie*.
- Čím menší je *Optimismus a důvěra v budoucí růst ceny vybrané akcie*, tím menší je *Zájem investorů ze strany Hedge fondů*.
- Čím menší je *Zájem investorů ze strany Hedge fondů*, tím větší je *Prodej akcie*.
- Čím větší je *Prodej akcie*, tím nižší je *Cena akcie*.

B2: *Cena akcie – Míra nadcenění akcie – Míra rizikovosti – Optimismus a důvěra v budoucí růst ceny vybrané akcie – Zájem ze strany Bank a ostatních institucionálních investorů – Prodej akcie – Cena akcie*

- Čím více roste *Cena akcie*, tím více vzrůstá *Míra nadcenění akcie*.

- Čím více vzrůstá *Míra nadcenění akcie*, tím větší je *Míra rizikovosti*.
- Čím větší je *Míra rizikovosti*, tím menší je *Optimismus a důvěra v budoucí růst ceny vybrané akcie*.
- Čím menší je *Optimismus a důvěra v budoucí růst ceny vybrané akcie*, tím menší je *Zájem ze strany Bank a ostatních institucionálních investorů*.
- Čím menší je *Zájem ze strany Bank a ostatních institucionálních investorů*, tím větší je *Prodej akcie*.
- Čím větší je *Prodej akcie*, tím nižší je *Cena akcie*.

R8: *Cena akcie – Exogenní stimuly tržního optimismu – Zájem investorů ze strany Hedge fondů – Prodej akcie – Cena akcie*

- Čím nižší je *Cena akcie*, tím slabší jsou *Exogenní stimuly tržního optimismu*.
- Čím slabší jsou *Exogenní stimuly tržního optimismu*, tím menší je *Zájem investorů ze strany Hedge fondů*.
- Čím menší je *Zájem investorů ze strany Hedge fondů*, tím větší je *Prodej akcie*.
- Čím větší je *Prodej akcie*, tím nižší je *Cena akcie*.

R9: *Cena akcie – Exogenní stimuly tržního optimismu – Zájem ze strany Bank a ostatních institucionálních investorů – Prodej akcie – Cena akcie*

- Čím nižší je *Cena akcie*, tím slabší jsou *Exogenní stimuly tržního optimismu*.
- Čím slabší jsou *Exogenní stimuly tržního optimismu*, tím menší je *Zájem ze strany Bank a ostatních institucionálních investorů*.
- Čím menší je *Zájem ze strany Bank a ostatních institucionálních investorů*, tím větší je *Prodej akcie*.
- Čím větší je *Prodej akcie*, tím nižší je *Cena akcie*.

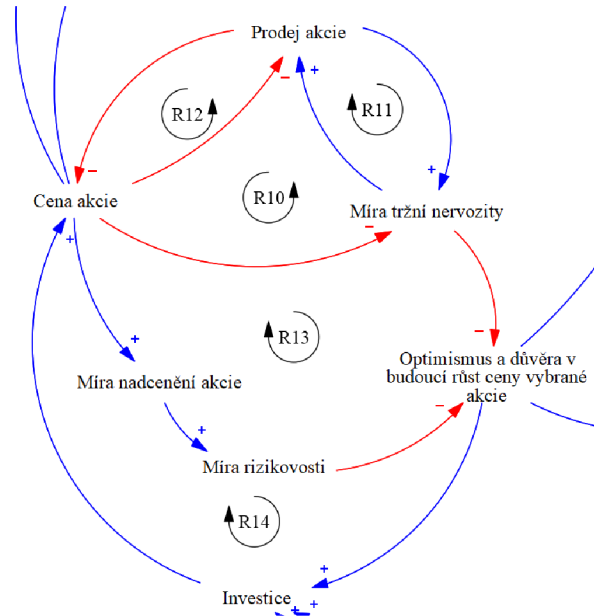
Panika – kolaps

Poslední příčinně smyčkový sub-diagram představuje fázi Panika, která vzniká díky odchodů profesionálních investorů (viz Obrázek 9).

Zpětnovazební smyčky **R10**, **R11**, **R12**, **R13**, **R14** popisují sebeposilující procesy. Tyto smyčky ukazují, jak se vzájemně posilují vztahy mezi *Mírou tržní nervozity*, *Prodejem*

akcií, poklesem *Cen akcií* a ztrátou optimismu formující zápornou dynamiku. Tento fakt může vést k rychlým hlubokým tržním poklesům.

Obrázek 9: Panika – kolaps



Zdroj: vlastní zpracování

R10: *Cena akcie – Míra tržní nervozity – Prodej akcie – Cena akcie*

- Čím nižší je *Cena akcie*, tím větší je *Míra tržní nervozity*.
- Čím větší je *Míra tržní nervozity*, tím větší je *Prodej akcie*.
- Čím větší je *Prodej akcie*, tím nižší je *Cena akcie*.

R11: *Míra tržní nervozity – Prodej akcie – Míra tržní nervozity*

- Čím větší je *Míra tržní nervozity*, tím větší je *Prodej akcie*.
- Čím větší je *Prodej akcie*, tím větší je *Míra tržní nervozity*.

R12: *Prodej akcie – Cena akcie – Prodej akcie*

- Čím větší je *Prodej akcie*, tím nižší je *Cena akcie*.
- Čím nižší je *Cena akcie*, tím větší je *Prodej akcie*.

R13: *Prodej akcie – Míra tržní nervozity – Optimismus a důvěra v budoucí růst ceny vybrané akcie – Investice – Cena akcie – Prodej akcie*

- Čím větší je *Prodej akcie*, tím větší je *Míra tržní nervozity*.

- Čím větší je *Míra tržní nervozity*, tím menší je *Optimismus a důvěra v budoucí růst ceny vybrané akcie*.
- Čím menší je *Optimismus a důvěra v budoucí růst ceny vybrané akcie*, tím menší jsou *Investice*.
- Čím menší jsou *Investice*, tím menší je *Cena akcie*.
- Čím nižší je *Cena akcie*, tím větší je *Prodej akcie*.

R14: *Cena akcie – Míra tržní nervozity – Optimismus a důvěra v budoucí růst ceny vybrané akcie – Investice – Cena akcie*

- Čím nižší je *Cena akcie*, tím větší je *Míra tržní nervozity*.
- Čím větší je *Míra tržní nervozity*, tím menší je *Optimismus a důvěra v budoucí růst ceny vybrané akcie*.
- Čím menší je *Optimismus a důvěra v budoucí růst ceny vybrané akcie*, tím menší jsou *Investice*.
- Čím menší jsou *Investice*, tím nižší je *Cena akcie*.

4.2.2 Diagram stavů a toků

Diagram stavu a toku byl sestaven na základě prvních třech fází vývoje finanční bubliny: Skrytá fáze, Boom a Euforie, které nejlépe znázorňují bublinovou expanzi. Cílem simulačního modelu je analýza dynamiky a vývoje bubliny ve výše uvedených fázích, kde je důležité zachytit tok ceny akcie. Díky tomu je možno v následujících částích této práce identifikovat faktory trhu pro ni charakteristické.

Za zkoumaný podnik byla vybrána společnost Zoom Video Communications, Inc. Exponenciální růst této společnosti během pandemie COVID-19 je fascinující a vhodný k detailnímu zkoumání⁷. Pandemie COVID-19 způsobila globální posun k práci a vzdělávání z domova (Gills a Krull, 2020; Vincenzi, et al., 2022). Tento fakt vedl ke zvýšení poptávky po technologiích pro videokonference. Nárůst poptávky měl výrazný dopad na tržní hodnotu Zoomu. Akcie narostly a dosáhly rekordních hodnot.

Pro zkoumání této problematiky byl zvolen časový úsek nárůstu ceny odpovídajícímu cíli tohoto modelu. Časová řada byla převzata z veřejně dostupného zdroje, z oficiální

⁷ Zdroj: NASDAQ, Inc., official website. [online]. [cit. 2024-3-24]. Dostupné z: <https://www.nasdaq.com/market-activity/stocks/zm>

stránky společnosti⁸. Z důvodu, že se s akciami neobchoduje o svátcích a o víkendech, je počet sledování 190 dnů. Přehled vývoje akcie je zahrnut do kapitoly 4.2.3, viz Graf 2.

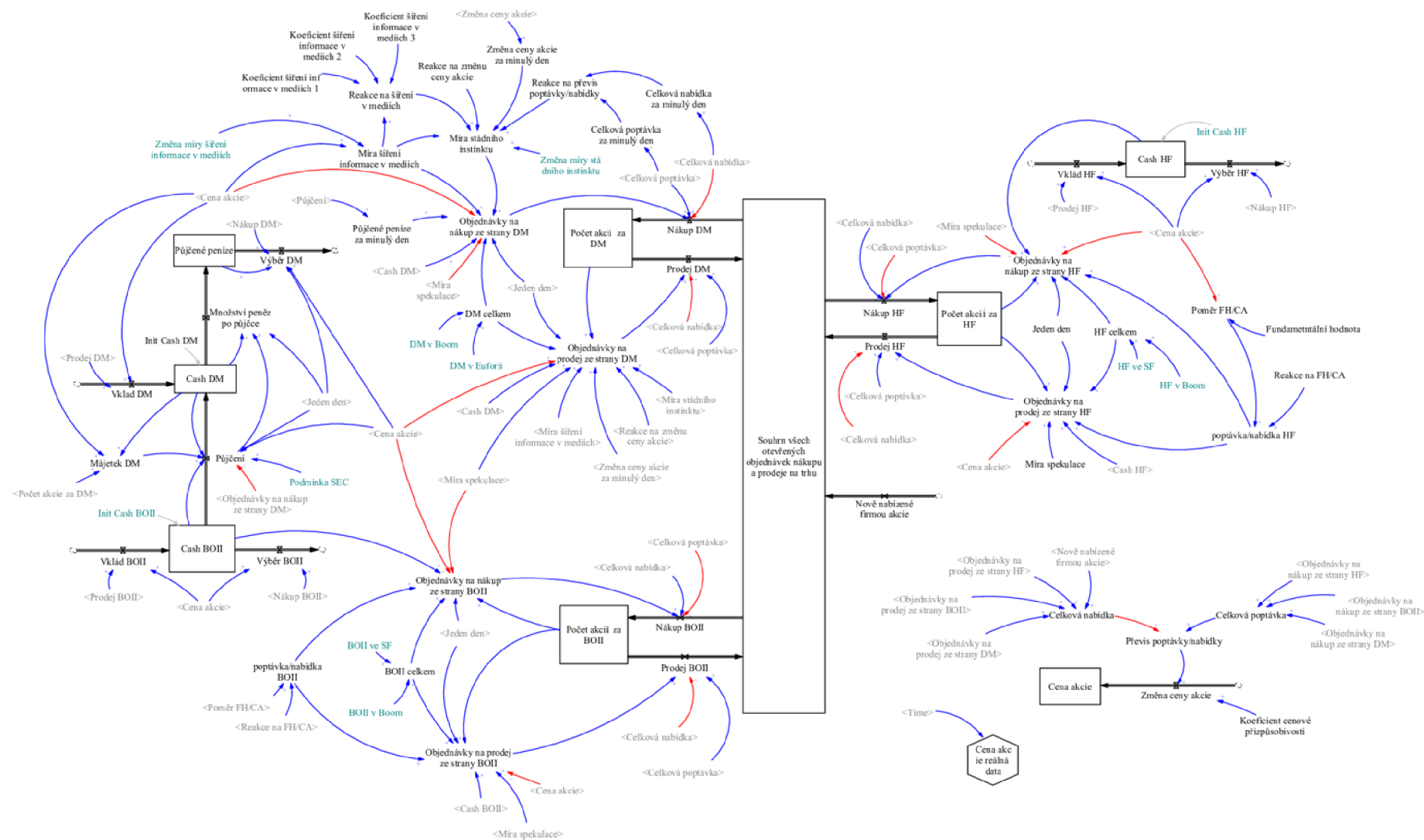
Před podrobnějším popisem diagram stavů a toků je třeba zmínit, že tento diagram je interpretací diagramu z článku *Analysis of Investor Behavior in an Artificial Stock Market* (Weitert, 2007). Z tohoto zdroje jsou interpretovány proměnné *Cash HF*, *Nákup*, *Prodej*, *Objednávky na nákup*, *Objednávky na prodej*, *Celková poptávka*, *Celková nabídka*, *Převis poptávky/nabídky*, *Změna ceny akcie*, *Fundamentální hodnota*, *Reakce na FH/CA*. Rozšíření modelu je znázorněno na Obrázku 5.

Model je založen na velkém množství citlivých dat, kalibrace byla provedena nejen s pomocí Powellové optimalizace i na základě expertního odhadu, což je aktuálně pro tento model vyhovující (viz výsledky testování modelu v kapitole 4.2.3), slabosti tohoto modelu by mohly být zeleně označené konstanty na Obrázku 10. Pro vylepšení simulačního modelu existuje možnost nakalibrovat tyto konstanty také pomocí Powellové optimalizace.

Všechny vzorce jsou zahrnuty do kapitoly A v příloze.

⁸ Zdroj: ZOOM Video Communications, Inc., official website. [online]. [cit. 2024-3-24]. Dostupné z: <https://zoom.us/>

Obrázek 10: Diagram stavů a toků – celek



Zdroj: vlastní zpracování

4.2.2.1 Sub – diagram HF

Sub-diagram HF znázorňuje proces nákupu a prodeje akcie investorů ze strany Hedge fondů (viz Obrázek 11).

Stavové proměnné (type level):

Počet akcií za HF – představuje celkový počet akcií, které vlastní investoři ze strany Hedge fondů.

Cash HF – reprezentuje množství peněz investorů ze strany Hedge fondů.

Souhrn všech otevřených objednávek nákupu a prodeje na trhu – představuje součet všech otevřených objednávek na nákup a objednávek na prodej ze strany všech účastníků trhu.

Tokové proměnné (type auxiliary):

Nákup HF – počet skutečně nakoupených (za den) akcií investory ze strany Hedge fondů.

Prodej HF – počet skutečně prodaných (za den) akcií investory ze strany Hedge fondů.

Vklad HF – množství peněz získané z prodeje akcií.

Výběr HF – množství peněz použité pro nákup akcií.

Nově nabízené firmou akcie – nové akcie, které denně nabízí firma na trhu. Zajišťuje nákup a prodej akcií ostatními hráči na trhu. Tato toková proměnná má type constant a objevuje se ve všech sub-diagramech.

Pomocné proměnné (type auxiliary):

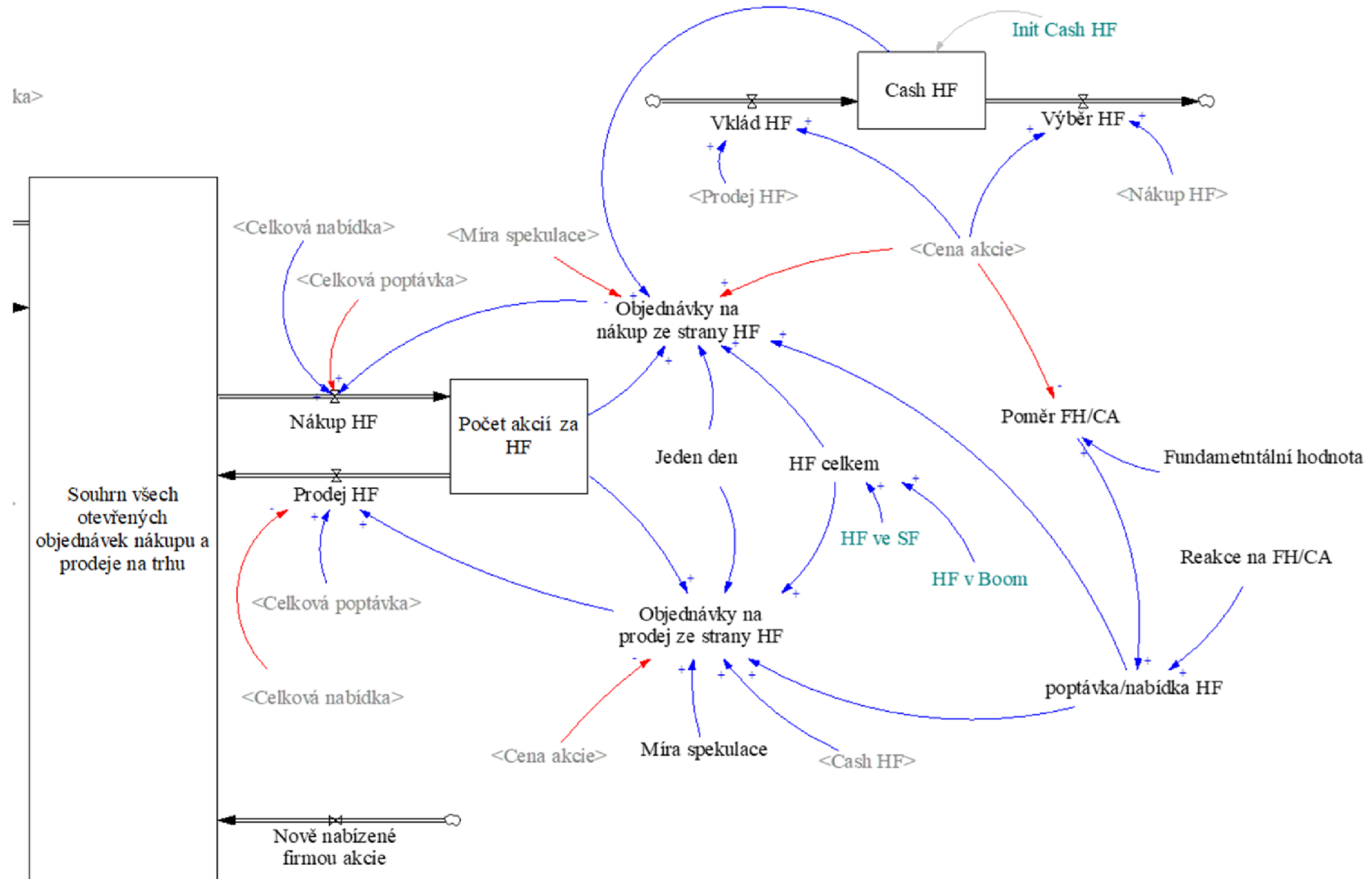
Objednávky na nákup ze strany HF – požadované množství akcií určených na nákup. Fundamentální cena je stanovena na základě interní analýzy.

Objednávky na prodej ze strany HF – požadované množství akcií určených na prodej. Fundamentální cena je stanovena na základě interní analýzy.

"poptávka/nabídka HF" - Pomocná proměnná, která určuje poměr fundamentální ceny akcie a simulované ceny akcie v požadovaném množství akcií potřebných na nákup.

"Poměr FH/CA" - Poměr fundamentální ceny akcie ke skutečné tržní ceny akcie.

Obrázek 11: Sub-diagram HF



Zdroj: vlastní zpracování

Pomocné proměnné (type constant):

Míra spekulace – představuje celkové procento investorů, které se chovají následujícím způsobem “když všichni kupují, spekulanti prodávají; když všichni prodávají, spekulanti kupují“. Toto chování způsobuje větší volatilitu trhu.

HF celkem – celkový počet investorů ze strany Hedge fondů.

HF ve SF – počet investorů ze strany Hedge fondů během Skryté fáze.

HF v Boom – počet investorů ze strany Hedge fondů během fáze Boom.

Fundamentální hodnota – fundamentální cena akcie dle vyhodnocení analytiků.

Init Cash HF – počáteční hodnota peněz investorů ze strany Hedge fondů.

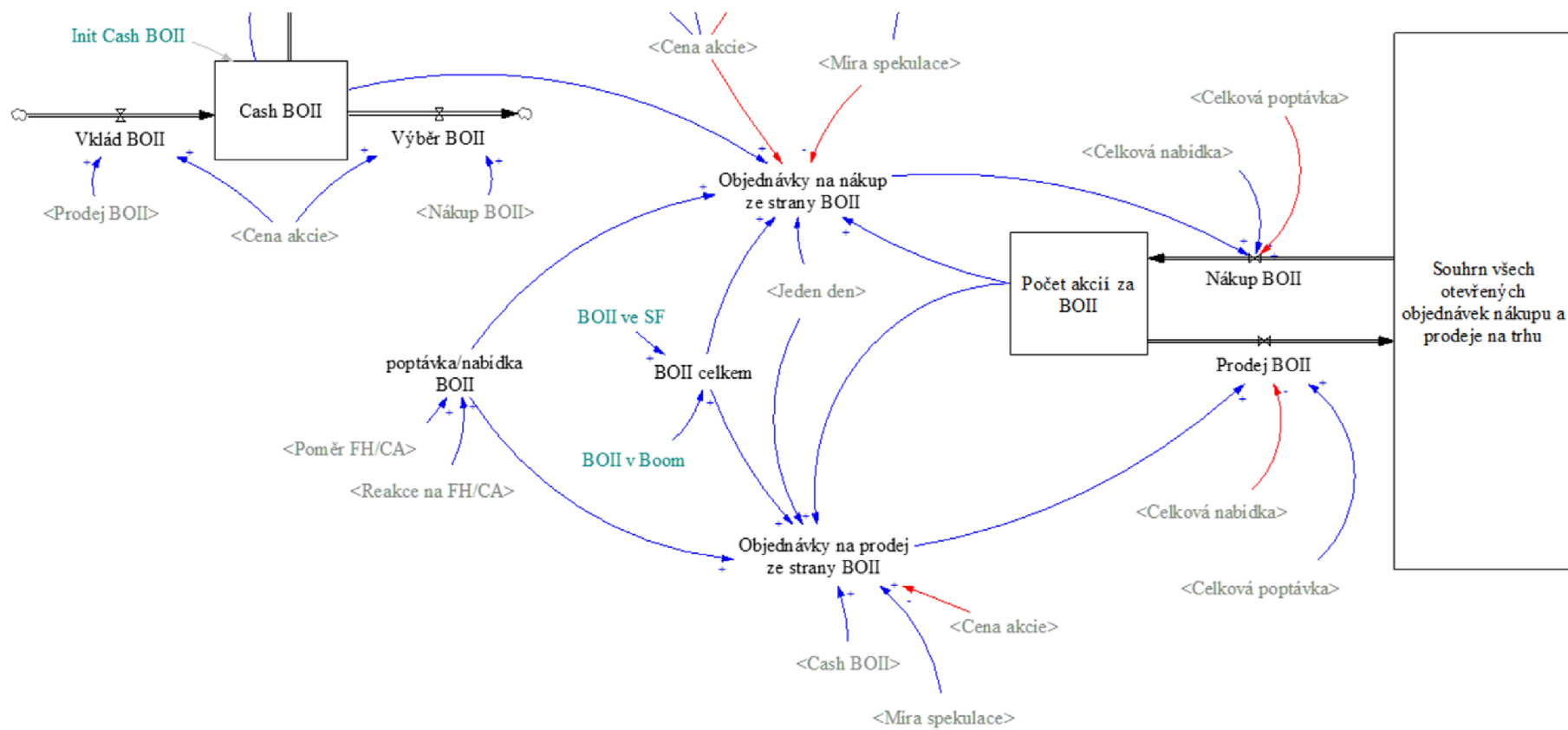
Pomocná proměnná (type lookup):

Reakce na FH/CA – pomocná proměnná, která určuje reakci investorů ze stran Hedge fondů, Bank a ostatních institucionálních investorů na změnu poměru fundamentální ceny akcie ke skutečné ceně akcie.

4.2.2.2 Sub – diagram BOII

Sub-diagram BOII představuje proces nákupu a prodeje akcií investorů ze strany Bank a ostatních institucionálních investorů (Obrázek 12). V této části jsou prezentovány stejné typy všech proměnných, které jsou uvedené v Sub-diagramu HF.

Obrázek 12: Sub-diagram BOII



Zdroj: vlastní zpracování

4.2.2.3 Sub – diagram DM

Sub-diagram DM zobrazuje proces nákupu a prodeje akcií investorů ze Dumb money (viz Obrázek 13). Proměnné *Nákup DM*, *Prodej DM*, *Počet akcie za DM*, *Cash DM*, *Vklad DM*, *Výběr DM*, *DM celkem*, *DM v Boom*, *DM v Euforii*, *Init Cash DM* jsou obdobné proměnným uvedeným výše. Dále následují proměnné, které byly přidány dodatečně.

Stavová proměnná (type level):

Půjčené peníze – znázorňuje množství půjčených peněz.

Toková proměnná (type auxiliary):

Půjčení – reprezentuje výši půjčky vydané investorům ze strany Dumb money bankou. Závisí na chybějící částce nutné pro nákup požadovaného množství akcií a celkové hodnotě majetku, kterým DM ručí za půjčené peníze. Dle U.S. Securities and Exchange Commission (SEC) hodnota půjčených peněz nesmí přesáhnout 50 % majetku DM⁹.

Množství peněz po půjčce – množství peněz u Dumb money po půjčce od banky. Tato hodnota zahrnuje i peníze použité pro získání půjčky.

Pomocné proměnné (type auxiliary):

Majetek DM – reprezentuje celkovou hodnotu majetku investorů ze strany Dumb money. Celková hodnota majetku se skládá z množství peněz a z hodnoty akcií, které drží.

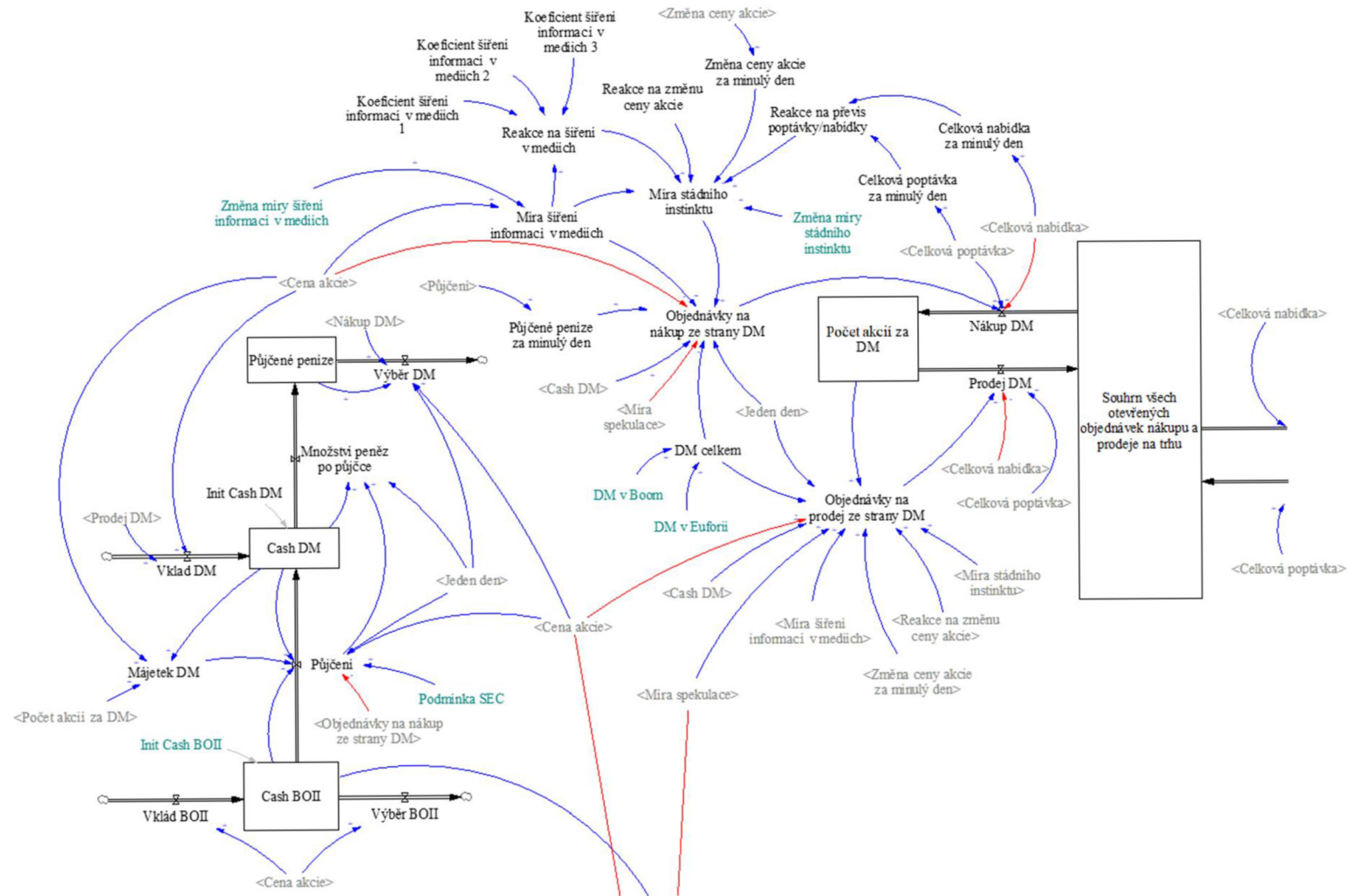
Objednávky na prodej ze strany DM – požadovaný počet akcií určených na prodej investorů ze strany Dumb money. Je ovlivněno aktuální situací na trhu. Reakce na změnu ceny akcie uvádí pouze bezrozměrný koeficient, který se násobí celkovým úměrným počtem akcií, které vlastní DM.

Objednávky na nákup ze strany DM – požadované množství akcií určených na nákup investorů ze strany Dumb money. Je ovlivněno aktuální situací na trhu.

Reakce na šíření v médiích – definuje reakci investorů na šíření informací o aktivu v médiích.

⁹ Zdroj: U.S. Securities and Exchange Commission, official website. [online]. [cit. 2024-3-24]. Dostupné z: <https://www.sec.gov/about/reports-publications/investor-publications/margin-borrowing-money-pay-stocks>

Obrázek 13: Sub-diagram DM



Zdroj: vlastní zpracování

Půjčené peníze za minulý den – proměnnou lze představit zpoždění na stráně banky, která musí žádost o úvěr zpracovat, vyhovět žádosti, a převést peníze na účet uvedený v žádosti o úvěr.

Míra šíření informací v médiích – je koeficient znázorňující šíření informací o vybraných akciích v médiích. Je závislý na aktuální hodnotě akcie.

Míra stádního instinktu – je koeficient znázorňující stádové chování. Je závislý na míře šíření informací v médiích, změně hodnoty akcie a převisu poptávky a nabídky.

Změna ceny akcie za minulý den – hodnota změny ceny akcie opožděna o jeden den, tedy hodnota změny ceny akcie za minulý den.

"Reakce na převis poptávky/nabídky" - určuje poměr převisu poptávky nebo nabídky za určitý den.

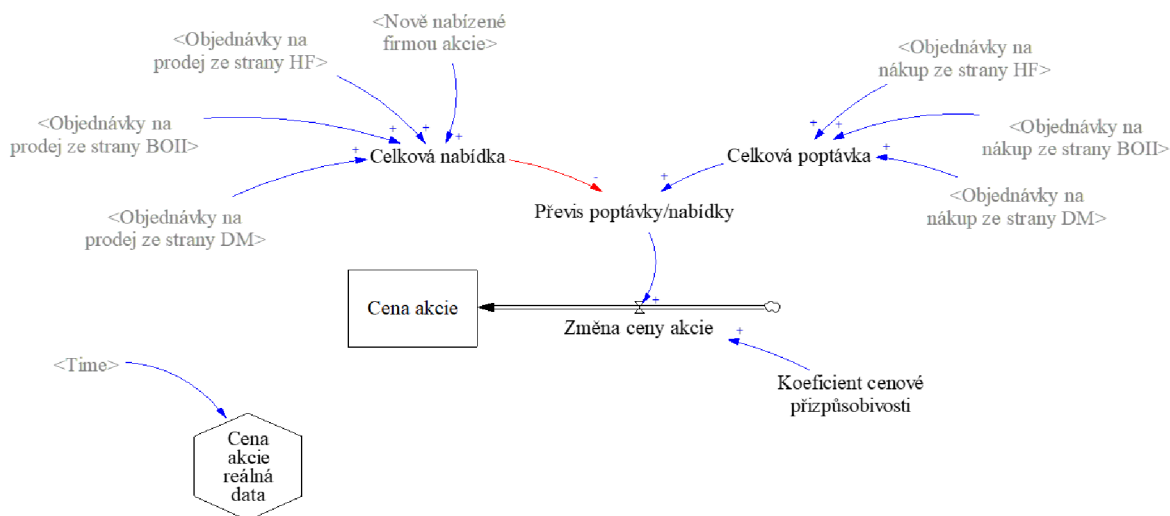
Celková poptávka za minulý den – celková poptávka opožděná o jeden den, tedy uvádí hodnotu za minulý den.

Celková nabídka za minulý den – celková nabídka opožděná o jeden den, tedy celková nabídka za minulý den.

4.2.2.4 Sub – diagram Cena akcie

Sub-diagram Cena akcie zobrazuje proces tvory ceny akcie (Obrázek 14).

Obrázek 14: Sub-diagram Cena akcie



Zdroj: vlastní zpracování

Stavová proměnná (type level):

Cena akcie – představuje simulovanou cenu akcie (v USD/stock).

Toková proměnná (type auxiliary):

Změna ceny akcie – je změna ceny akcie za jeden den obchodování. Závisí na převisu poptávek či nabídek za tento den, resp. poptávalo se anebo prodávalo se více tentýž den.

Pomocné proměnné (type auxiliary):

"*Převís poptávky/nabídky*" - je určen rozdílem celkového množství poptávek a celkového množství nabídek tentýž den.

Celková nabídka – Celkové množství nabízených akcií na prodej za den. Zahrnuje všechny typy investorů.

Celková poptávka – Celkové množství poptávaných akcií na nákup za den. Zahrnuje všechny typy investorů.

Pomocné proměnné (type constant):

Koeficient cenové přizpůsobivosti – konvertuje *Převís poptávky/nabídky* do změny v ceně. Označuje, jak rychle a v jaké míře se cena akcie přizpůsobí změnám v poměru poptávky a nabídky. Je představena koeficientem určeným pomocí lineární regrese přes Python.

Příklad: převis poptávky/nabídky je +10 (tj. poptávalo se o 10 akcií na prodej více, než na nákup), cena se mění o +1 USD (tudíž roste); pokud *Převís poptávky/nabídky* je -10 (tj. poptávalo se o 10 akcií na prodej více, než na nákup), cena se mění o -1 USD (tudíž klesá).

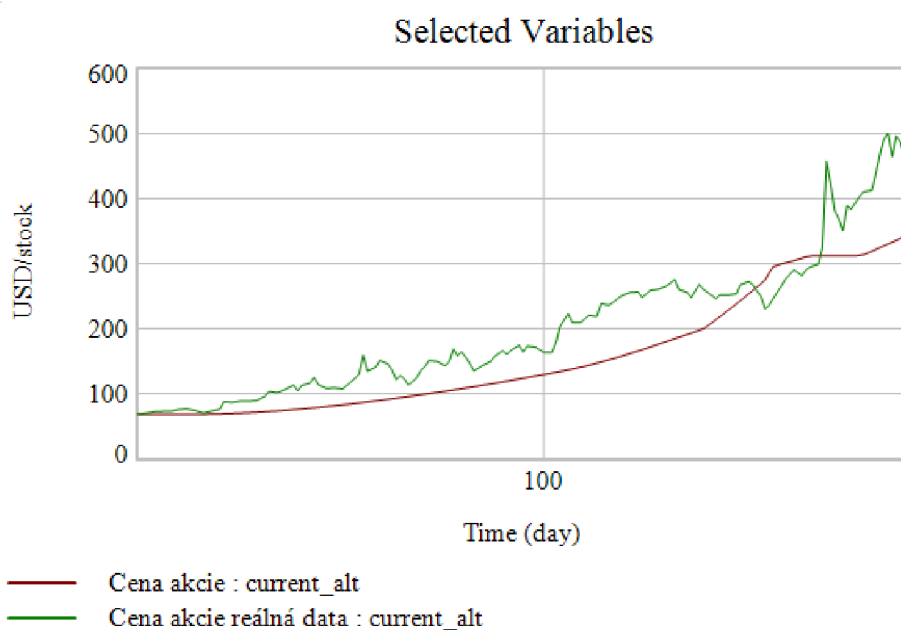
4.2.3 Testování modelu

Ověření přesnosti chování reálného systému a relevance modelu zkoumané problematiky je důležitou součástí otestování modelu. Testovací řád simulace modeluje období 190 dnů vývoje bubliny, a proto umožňuje porovnání reálných a simulovaných dat. V kapitole 3.2.3.3 Testování modelu je sdíleno, že k účelu posouzení přesnosti simulace slouží celková procentuální chyba odhadu (MAPE). Čím nižší je hodnota MAPE, tím preciznější je odhad. Podrobnější interpretace hodnot ukazatele MAPE je znázorněna na obrázku 4.

Procentuální chyba odhadu je vypočítána pro proměnnou s dostupnou časovou řadou, aby byla možnost porovnat simulovaná a reálná data. Proměnná, pro kterou byla vypočítána MAPE za období 190 dnů, je *Cena akcii*. Celková procentuální chyba odhadu činí 21,16024 %. Dle obrázku 4, Interpretace hodnot ukazatele, je „přijatelná předpověď“. Pro doplnění je vhodné uvést i koeficient determinace, R^2 , mezi reálnými a simulovanými daty. Jehož hodnota je 0,89646. Výsledek se blíží k 1. A proto *Cena akcie* v modelu je celkem odpovídá reálně ceně.

Simulovaný vývoj proměnné *Cena akcie* ve srovnání se skutečným vývojem je uveden v Grafu 2.

Graf 2: Vývoj Ceny akcie (simulace vs skutečnost)



Zdroj: vlastní zpracování

Závěrem této kapitoly je kontrola správnosti jednotek, která slouží k ověření správnosti modelu, viz kapitola 3.2.3.3. Po kontrole provedení Units Check testu v software Vensim DSS nebyla nalezena žádná chyba. Model lze hodnotit za funkční.

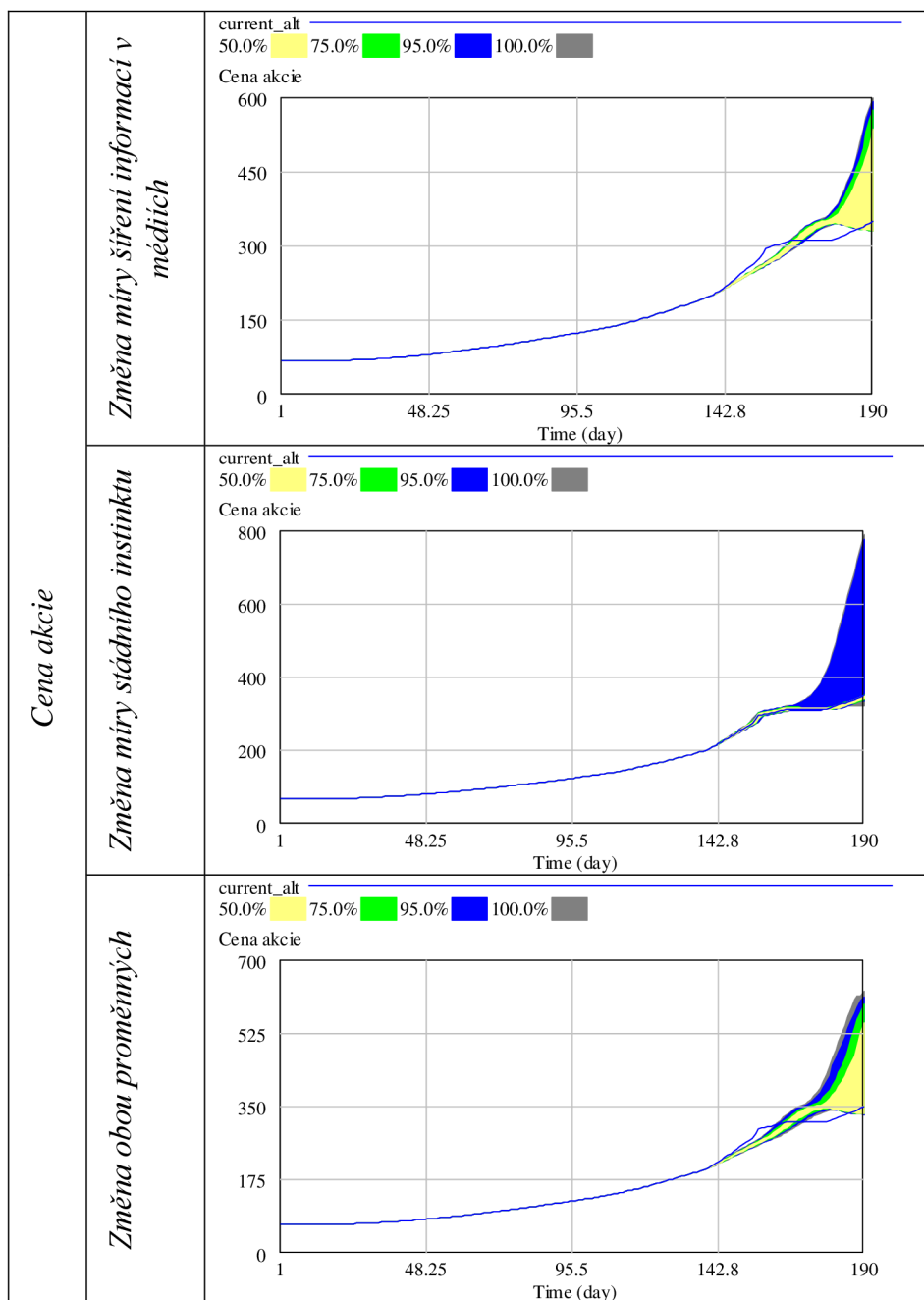
4.2.3.1 Analýza citlivosti (Monte-Carlo)

Citlivostní analýza byla provedena pomocí simulace Monte-Carlo. Tato simulace umožňuje interaktivně znázornit vliv změněných parametrů vstupních proměnných na výstupní proměnné, viz kapitola 3.2.3.3. Parametry, u kterých došlo ke změně, jsou

Změna míry šíření v médiích a Změna míry stádního instinktu. Výstup byl sledován na proměnné *Cena akcie*.

V citlivostní analýze došlo k následujícím nastavením: Number of simulations – 2000, Noise seed – 1234. Číslo byla generována náhodně s využitím rovnoměrného rozdělení, přičemž byl zvolen parametr v intervalu 0.9 až 1.1. Rovněž byla vybrána možnost „multivariate“ poskytující provedení simulace pro změnu více parametrů najednou.

Tabulka 6: Citlivostní analýza – Cena akcie



Zdroj: vlastní zpracování

V Tabulce 6 jsou zobrazené výsledky simulace Monte-Carlo. Při změně hodnot proměnné *Změna míry šíření v médiích* o 0.9 se protahuje fáze Boom. Šíření v médiích není dostatečné, aby přilákalo a přivítalo pozornost veřejnosti k investování. Při zvýšení koeficientu o 1.1 je zřetelný, plynulý přechod do fáze Euforie. Při větší propagaci v médiích se zvyšuje zájem ze strany investorů typu Dumb money, což dále vede k nárůstu *Investic* a tím k nárůstu *Ceny akcie*.

V případě změny hodnot proměnné *Změna míry stádního instinktu* je zaznamenán silnější vliv na výstupní proměnnou. Efekt stádního chování odkazuje na tendenci investorů ze strany Dumb money kopírovat investiční rozhodování ostatních (častěji bez samotného přezkoumávání nebo analýzy trhu). Tento proces je ovlivněn šířením informací v médiích nebo předáním informací ze strany blízkého člověka.

Třetí varianta znázorňuje změnu obou proměnných, kdy *Cena akcie* plynule narůstá. Předpokládá se, že investoři typu Dumb money z důvodu tlaku ze strany médií a převzatých názorů (například od sourozenců) jsou v nejistotě. Tento stav vede k delšímu zvažování, zda vstoupit do hry.

5 Výsledky a diskuse

V uvedené části závěrečné práce jsou otestovány 4 scénáře. Pro zobrazení změn vybraných proměnných je použita funkce SyntheSim v programu Vensim DSS. Mezi vybrané proměnné patří: *Změna míry šíření v médiích*, *Změna míry stádního instinktu*, *Init Cash BOII* a *Míra spekulace*. Jak je zaznamenáno v analýze citlivosti v předcházející kapitole, proměnné *Změna míry šíření v médiích* a *Změna míry stádního instinktu* jsou zahrnuty mezi charakteristické faktory vývoje mikrobubliny na finančním trhu. Z tohoto důvodu jsou použity pro hlubší průzkum i v této kapitole. Původní hodnoty všech znázorněných proměnných v modelu budou zvýšené i snižené. Níže uvedená Tabulka 7 zobrazuje všechny prováděné změny. V následujících podkapitolách jsou rozebrány jednotlivé části zvlášť.

Tabulka 7: Scénáře

Scénář	Pozměněná proměnná	Výstup	Změna 1	Změna 2	Změna 3
Scénář 1	<i>Změna míry šíření v médiích</i>	Cena akcie	20 % ↓	30 % ↑	50 % ↓
Scénář 2	<i>Změna míry stádního instinktu</i>		15 % ↓	20 % ↑	30 % ↑
Scénář 3	<i>Init Cash BOII</i>		30 % ↑	60 % ↑	90 % ↓
Scénář 4	<i>Míra spekulace</i>		28 % ↑	40 % ↓	88 % ↓

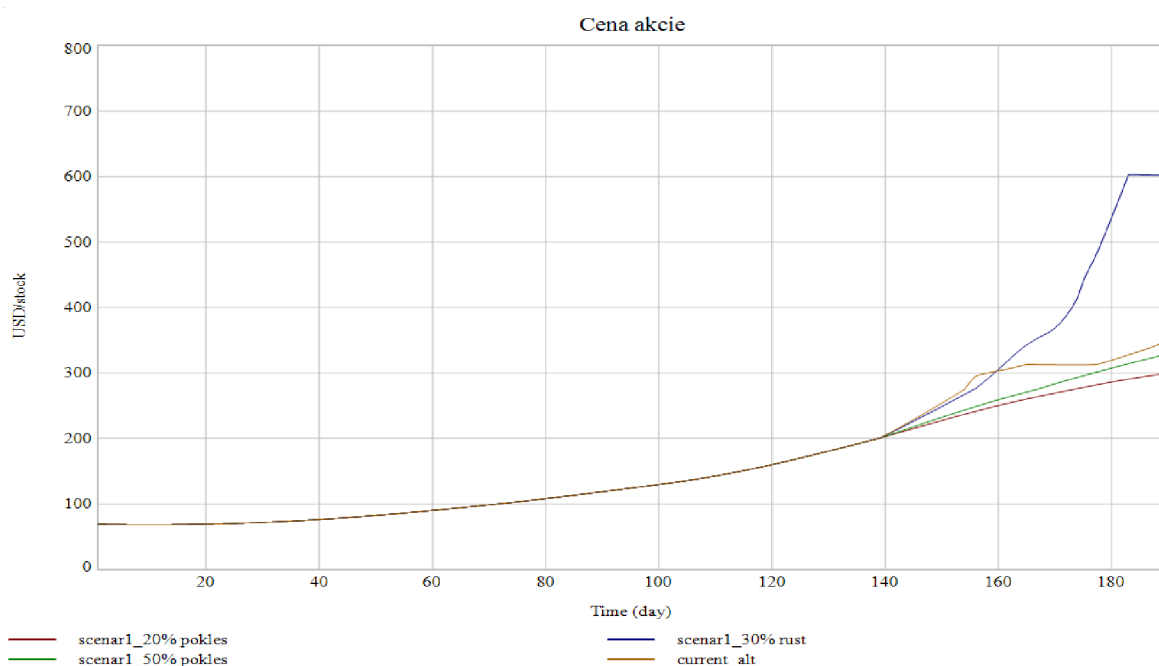
Zdroj: vlastní zpracování

5.1 Scénář 1

Graf 3 je výstupem simulace při změně proměnné *Změna míry šíření v médiích*. Při nárůstu hodnoty o 30 % je zde patrné zesílení exponenciální křivky, která se vyrovnává při dosažení 600 USD/stock. Nárůst mediálního pokrytí může vést k rychlému zvýšení ceny akcie, tento vývoj je typický pro boom a euforickou fázi bubliny. V tomto případě investoři mohou zvážit realizaci zisků před tím, než dojde k prasknutí bubliny. Nadměrný optimismus a investice mohou vést k nestabilitě bubliny.

Při poklesu o 20 % a 50 % je vidět mírní, plynulý nárůst křivky. Pokud se sníží množství informací šířených médii o akcích, dojde k pomalejšímu nárůstu ceny akcie. Z tohoto důvodu může bublina růst pomaleji a může být více udržitelná, což eliminuje dramatický vývoj prasknutí bubliny. Investoři mohou zvážit zadržení akcií nebo pozvolný nákup při poklesu propagace v médiích. Je třeba opatrnosti i s ohledem na další indikátory na trhu.

Graf 3: Scénář 1 - Změna míry šíření v médiích



Zdroj: vlastní zpracování

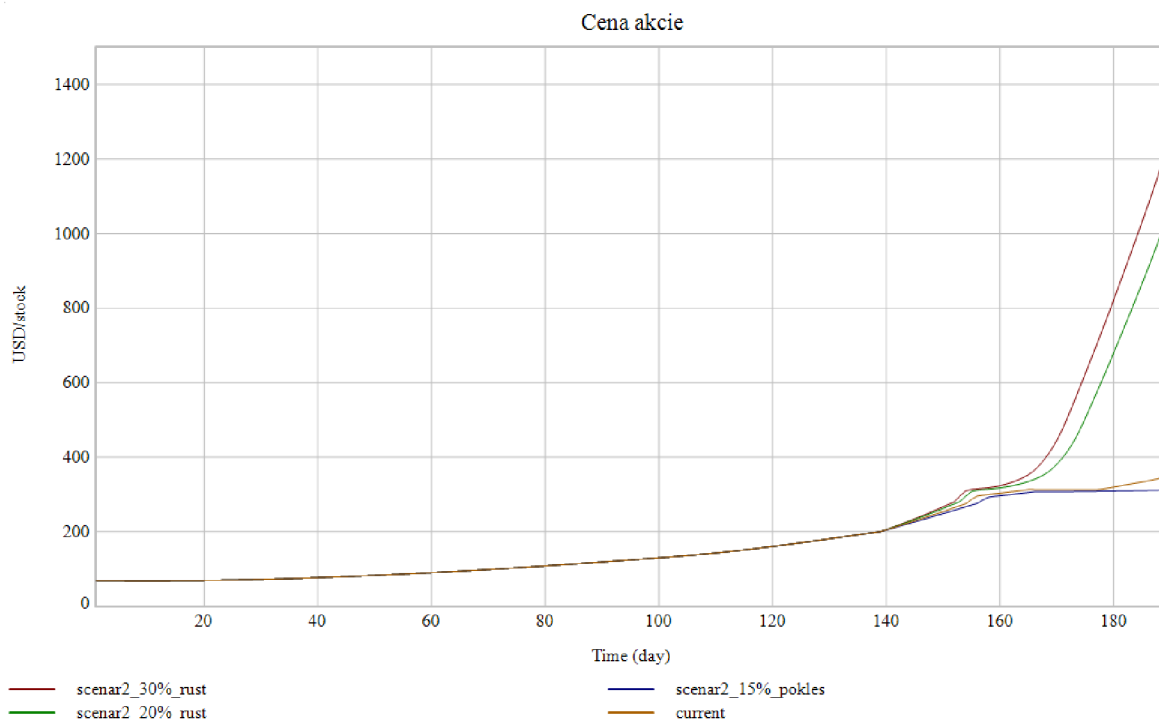
5.2 Scénář 2

Pokles proměnné *Změny míry stádního instinktu* o 15 % ukazuje na Grafu 4, že mírnější reakce na stádní chování vede k pomalejšímu růstu cen akcií, než je současný trend. Trh se vyvíjí stabilněji, s menší pravděpodobností vytvoření bubliny. Investoři musí zvážit dlouhodobější investiční strategii.

Při zvýšení proměnné *Změny míry stádního instinktu* o 20 % v daném případě dochází k prudkému nárůstu ceny akcie. Tímto se zesiluje působení finanční bubliny. Investoři musí být opatrní a přemýšlet o prodeji svých akcií, aby zajistili zisky co nejdříve. Při zvýšení proměnné *Změny míry stádního instinktu* o 30 % hodnot stádního instinktu se ukazuje ještě výraznější navýšení hodnot proměnné *Ceny akcie*, které upozorňuje

na riziko bubliny. Existuje zde vysoká šance, že takto prudký růst není udržitelný a je následován korekcí ceny akcie nebo prasknutím bubliny. V tomto scénáři je nutná opatrnost a monitorování. Investor musí reagovat na aktuální podmínky tohoto scénáře a realizovat zisky před tím, než bublina praskne.

Graf 4: Scénář 2 - Změna míry stádního instinktu

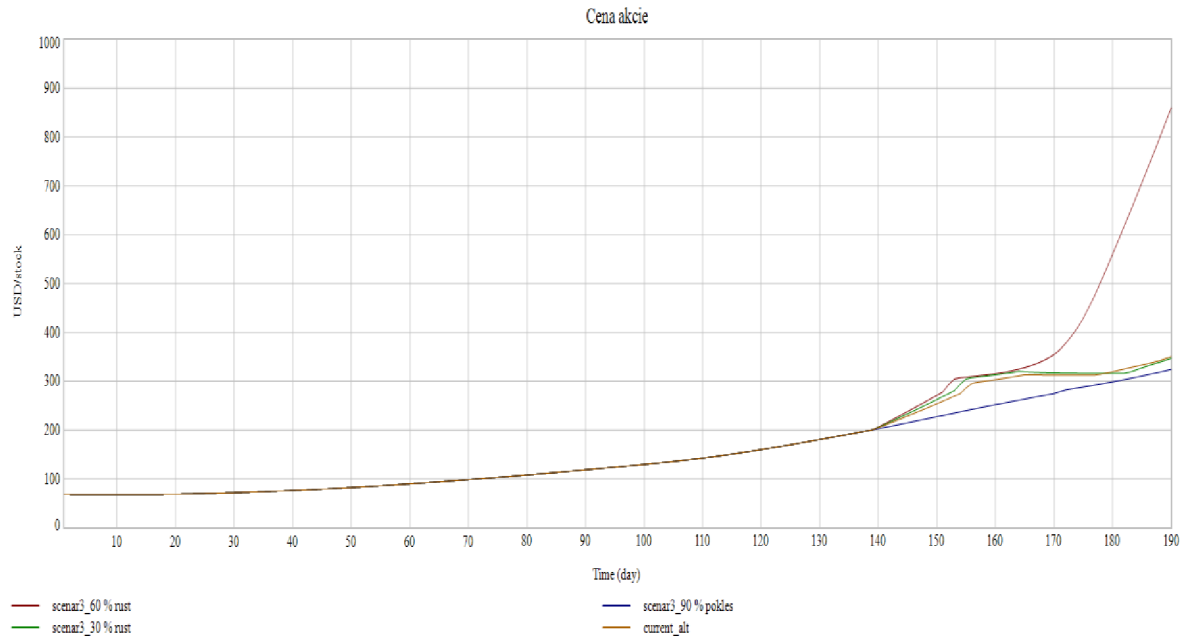


Zdroj: vlastní zpracování

5.3 Scénář 3

Pokles hodnoty proměnné *Init cash DM* o 90 % naznačuje méně spekulativní chování na trhu, toto může znamenat nižší riziko a možnost pro profesionální investory zvážit dlouhodobější a stabilnější investiční příležitosti. 30% nárůst není tak zřetelný. Zatímco nárůst o 60 % signalizuje větší účast nezkušených investorů (veřejnosti), což vede k vytváření bubliny. Investoři se musí chovat obdobně dle doporučení ve výše uvedených scénářích.

Graf 5: Scénář 3 - změna množství peněz u investorů ze strany Dumb money

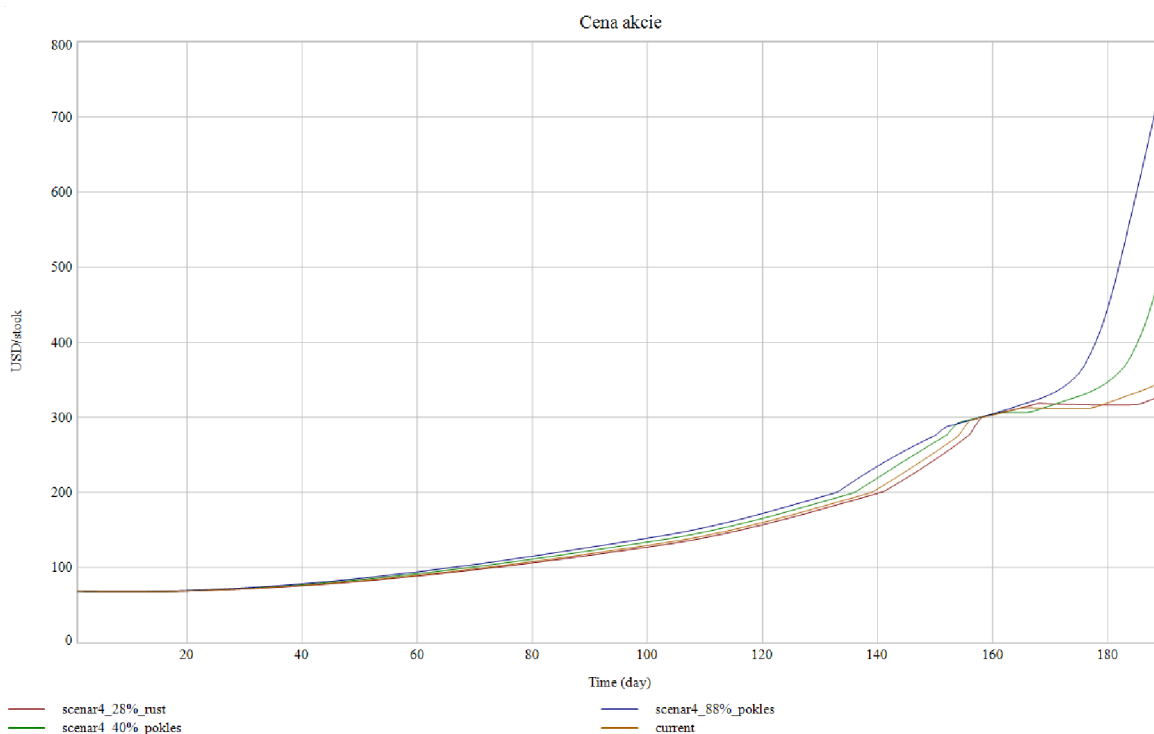


Zdroj: vlastní zpracování

5.4 Scénář 4

Pokles proměnné *Míry spekulace* o 88 % ilustruje situaci, kdy se drtivá většina investorů se nesnaží spekulovat proti tržnímu trendu. Větší počet investorů se snaží akcie koupit, čímž narůstá poptávka a z toho důvodu roste i cena akcie, viz Graf 6. Nárůst proměnné *Míry spekulace* o 28 % ukazuje téměř identické hodnoty původních hodnot, z toho vyplývá slabší vliv na výstupní proměnnou. Tento scénář zobrazuje situaci, že trh dosáhne fáze Euforie a *Cena akcií* může vymknout kontrole. V tomto případě musí investoři zvláště být obezřetní a musí zvážit realizaci zisků a diverzifikaci svého portfolia.

Graf 6: Scénář 3 – změna míry spekulace



Zdroj: vlastní zpracování

5.5 Shrnutí doporučení

Z výše prozkoumaných scénářů lze stanovit doporučení, že při orientaci ve složitém světě finančních trhů je podstatné pro úspěch investorů Smart money v prvních třech fázích vývoje mikrobubliny, více pochopení než jen sledování aktuálních trendů. Je nezbytné se zaměřit na komplexní analýzy (fundamentální, technickou, kvantitativní a další), které zahrnují široké spektrum indikátorů (P/E, CashFlow, Return on Invested Capital, Average basic shares outstanding, čistý zisk firmy, bankovní úrokové sazby a další). Se strukturovaným přístupem profesionální investoři (Hedge fondy, institucionální) mohou lépe navigovat dynamiku trhu a využít příležitosti, které se objeví během vývoje finanční bubliny.

Z výše prozkoumaných scénářů lze stanovit doporučení i pro neprofesionální investory (Dumb money), při orientaci ve složitém světě finančních trhů vyžaduje investování pouze těch peněz, které si mohou dovolit ztratit. Investoři se musí soustředit na diverzifikaci svého portfolia k minimalizaci rizik. Důležité je se vyvarovat emocionálního obchodování, morálního hazardu a stádního chování. Lepším krokem pro investice je cesta dlouhodobější investiční strategie. Nelze zapomenout ani na vzdělávání v oblasti finanční

gramotnosti pro porozumění problematice finančního trhu, pro větší šanci maximalizovat zisk.

Strategie, která zohledňuje riziko, diverzifikaci, vzdělání a další faktory, je klíčem k dlouhodobému úspěchu a finančnímu růstu na trhu. Toto umožňuje orientovat se ve vývoji mikrobubliny s větší jistotou a sebevědomím nejen zkušeným investorům, ale i neprofesionálům.

6 Závěr

Závěrečná diplomová práce se zabývá aplikací systémové dynamiky pro analýzu vzniku mikrobubliny zvoleného podniku na finančním trhu. Tato práce poskytuje náhled na fenomén finančních mikrobublin, jejich vznik a vývoj. Dle zadání diplomové práce je hlavním cílem vysvětlit tuto problematiku pomocí nástrojů systémové dynamiky. Z toho vyplývá stanovení dílčího cíle modelu, kterým je vytvoření funkčního simulačního modelu. Simulační model se zaměřuje na analýzu dynamiky a expanze finanční bubliny v první třech fázích jejího růstu, kde je nezbytné zachytit tok ceny akcií na finančním trhu. Z toho vyplývá druhý dílčí cíl, což je identifikace tržních faktorů, které jsou charakteristické pro tuto problematiku.

Diplomová práce byla rozdělena do několika částí, jako jsou Teoretická východiska, Vlastní práce a Výsledky a diskuse.

Teoretická část byla napsána na základě literární rešerše. První část diplomové práce poskytuje podrobnější přehled o pojetí mikrobublin (popis, charakteristika), její klasifikaci, příčiny a důsledky vzniku a vývoje. Druhá část diplomové práce byla věnována vědní disciplíně, tj. Systémové dynamice. Začátek této teoretické části popisuje základní pojmy, jako je: systém, komplexnost, systémový přístup, systémové myšlení. Dále byly popsány nástroje systémové dynamiky, mezi které patří příčinně smyčkový diagram a digram stavů a toků. Z teoretického pohledu bylo podrobně popsáno testování modelu pro zjištění funkčnosti modelu.

Ve Vlastní práci bylo znázorněno praktické užití modelu na základě vybraného podniku. Prvním krokem byla definice problému, cíle modelu a aplikace nástrojů systémové dynamiky na téma finanční mikrobubliny. CLD zobrazuje celkový pohled na vývoj mikrobubliny na finančním trhu. CLD byl sestaven na základě teoretických východisek – 5 fází růstu finanční bubliny (viz kapitola 3.1.2.3). Model prostřednictvím SFD byl v důsledku jeho rozsáhlosti sestaven pouze na základě prvních třech fází vývoje finanční bubliny (Skrytá fáze, Boom a Euforie). Byly znázorněny 4 hlavní sub-diagramy (proces nákupů a prodejů investorů ze stran Hedge fondů, Bank a ostatních institucionálních investorů, Dumb money a proces tvorby ceny akcie). Pro ověření funkčnosti modelu bylo provedeno jeho testování, kdy byla propočtena celková procentuální chyba odhadu (MAPE). Její hodnota činila 21,16024 %, což dle Lewisa (1982, s. 40) je přijatelná hodnota. Také byl

vypočten koeficient determinace (R^2), jehož hodnota dle výpočtu činila 0,89646. Výpočty definují, že *Cena akcie* v modelu téměř odpovídá reálně hodnotě na trhu. Po provedení Units Check testu v software Vensim DSS nebyla nalezena žádná chyba. Proto model lze hodnotit za funkční. Byla provedena analýza citlivosti – simulace Monte-Carlo, která umožňuje interaktivní znázornění vlivu změněných parametrů vstupních proměnných na výstupní proměnné.

Závěrečným bodem této diplomové práce je kapitola Výsledky a diskuse, kde byly analyzovány s komentářem postupy s doporučením pro zlepšení jednotlivých scénářů pro Smart money a Dumb money. Úspěchem dobré orientace v této problematice u profesionálních investorů je důkladné porozumění a využití komplexních analýz zahrnujících široké spektrum indikátorů. Pro neprofesionální investory je stanoveno, že klíčovým bodem je investovat pouze peníze, které si mohou dovolit ztratit. Doporučením pro investory Dumb money je rozvoj finanční gramotnosti a eliminace emocionálního obchodování. Tato aplikovaná doporučení minimalizují rizika a zvyšují šanci na úspěch.

Model byl založen na velkém množství citlivých dat, kalibrace byla provedena nejen s pomocí Powellové optimalizace i na základě expertního odhadu, což bylo aktuálně pro tento model vyhovující (viz výsledky testování modelu v kapitole 4.2.3), slabosti tohoto modelu by mohly být zeleně označené konstanty na Obrázku 5. Pro vylepšení simulačního modelu existuje možnost nakalibrovat tyto konstanty také pomocí Powellové optimalizace.

Případné rozšíření modelu o další dvě fáze (Výběr zisku a Panika) je využitelné za předpokladu začlenění fundamentální a technické analýzy ve spolupráci se silnějším investorem, ekonomem či finančníkem. Dalším možným směrem rozšíření je modelace technik systémové dynamiky o další proměnné a interakce, které mohou lépe odrážet realitu finančních trhů.

Hlavním přínosem této práce je, že je možno pomocí nástrojů systémové dynamiky vysvětlit problematiku finanční mikrobubliny. Aplikaci systémové dynamiky na problematiku finanční mikrobubliny umožnila identifikovat klíčové faktory (míra šíření v médiích, míra stádního instinktu, míra spekulace a další), které mohou sloužit jako varovné signály pro investory.

Finanční bublina je výsledkem složité interakce mnoha faktorů, včetně psychologických aspektů investorů, tržních struktur a externích ekonomických podmínek. Modelování pomocí systémové dynamiky poskytl užitečný nástroj pro analýzu vzniku, vývoje a růstu finanční bubliny, výstup, jak mohou různé faktory ovlivnit dynamiku finančního trhu. Tento model je možno využít ke vzdělávání neprofesionálních investorů pro kompletní přehled a orientaci v této problematice. Model je také využitelný pro začínající investory pro detailnější přehled a průzkum problematiky bublin na finančním trhu.

7 Seznam použitých zdrojů

A blog covering news on Marc Faber.[online]. 2009 [cit. 2023-11-15]. Dostupné z: <https://www.marcfabersblog.com/>

ALLEN, F & GORTON, G. Review of Economic Studies. Churning bubbles. [online]. 1993, vol. 60, issue 4, 813–836 s. [cit. 2023-5-4]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/restud/article-abstract/60/4/813/1573097ISSN_0034-6527>. ISSN 0034-6527.

BELLINGER, Gene, SCOTT, Fortmann 2013. Beyond connecting the dots. [online]. [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: <http://beyondconnectingthedots.com>.

BLANCHARD, Oliver J. a WATSON, Mark W. BUBBLES, RATIONAL EXPECTATIONS AND FINANCIAL MARKETS Bubbles, Rational Expectations and Financial Markets. Cambridge: NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH, 1982. 28 s. [cit. 2023-05-03]. Dostupné z : <<https://www.nber.org/papers/w0945>>

BORDO, Michael, D. and JEANNE, Olivier. INTERNATIONAL MONETARY FUND. Monetary Policy and Asset Prices: Does: “Benign Neglect“ Make Sense. 2002. 27 s. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <<https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2016/12/30/Monetary-Policy-and-Asset-Prices-Does-Benign-Neglect-Make-Sense-16073>>

BRUNNERMEIER, M.K. 2016. Bubbles. Banking crises. Perspective from The New Palgrave Dictionary. London: Palgrave Macmillan. 28–36 s. ISBN 978-1-349-55413-6.

CHIRKOVA, E. V. 2010. Анатолия финансового пузыря (Anatomie finanční bubliny). Moskva: Keys. 262 s. ISBN 978-5-91848-001-4.

CNBS, Consumer News and Business Channel: Nobel Prize winner Robert Shiller explains how bitcoin resembles past market bubbles [online]. 2017. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://www.cnbc.com/2017/09/06/economist-robert-shiller-explains-how-bitcoin-resembles-past-bubbles.html>

COYLE, Robert. 1996. System dynamic modelling: a practical approach. London: Chapman and Hall. 432 s. ISBN 978-0-412-61710-2.

EIFLER, Mark, A. 2016. The California Gold Rush: The Stampede that Changed the World. New York: Routledge. 217 s. ISBN: 978-0-415-73184-3.

FESTINGER, Leon. 1957. Theory of Cognitive Dissonance. Stanford, California: Stanford University Press. 297 s. ISBN: 978-0-80-470911-8.

FORRESTER, Jay W. 1991. System Dynamics and the Lessons of 35 Years. [online]. Boston: Springer US. 35 s. [cit. 2023-09-15]. Dostupné z: <https://citeseerx.ist.psu.edu/pdf/028dfdc2c3ed50992fa33c0445d5fdfa5b58c2e2>

FORRESTER, Jay Wright. 1995. The beginning of system dynamics [online]. New York: The McKinsey Quarterly. issue 4.[cit. 2023-09-15]. Dostupné z: <https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/ourinsights/the-beginning-of-system-dynamics>

FORRESTER, Jay Wright. System Dynamics Review. 14 „obvious truths“. [online]. 1987a, vol. 3, issue 2, 156-159 s. [cit. 2023-10-25]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sdr.4260030207>. ISSN 1099-1727.

FRENCH, Douglas, E. 2009. Early Speculative Bubbles and Increases in the Supply of Money, Second Edition. Auburn, Alabama: Ludwig von Mises Institute. 134 s. ISBN 978-1-933550-44-2.

FROOT, K. A., & OBSTFELD, M. Intrinsic bubbles: The case of stock prices. Cambridge: NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH, 1989. 45 s. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.nber.org/papers/w3091>

GARBER, Peter, M. Journal of Economic Perspectives. Famous First Bubbles. [online]. 1990, vol. 4, issue 2, 35-54 s. [cit. 2023-10-25]. Dostupné z: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.4.2.35>. ISSN 0895-3309.

GIILS, Alanna, KRULL, Laura M. COVID-19 Remote Learning Transition in Spring 2020: Class Structures, Student Perceptions, and Inequality in College Courses. SAGE journals. [online]. October 2020, vol. 48, issue 4. [cit. 2023-10-25]. ISSN: 1939862X. Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0092055X20954263>

HINDLS, Richard. 2007. Statistika pro ekonomy. 8. vyd. Praha: Professional Publishing. 415 s. ISBN 978-80-86946-43-6.

HINES, Jim, HOUSE, Jody. *System Dynamics Review*. The source of poor policy: controlling learning drift and premature consensus in human organizations [online]. 2001, vol. 17, issue 1, 3-32 s. [cit. 2023-10-27]. Dostupné z: <<https://www.semanticscholar.org/paper/The-source-of-poor-policy%3A-controlling-learning-and-Hines-House/638228da83f0356c92e611f08dc36167286258e6?p2df>>. ISSN 0883-7066.

HOATSON, M., JAIRETH, Subhash, JAQUE, A. Lynton. *Ore Geology Reviews*. Nickel sulfide deposits in Australia: Characteristics, resources, and potential. [online]. 2006, vol. 29, issues 3-4, s. 177-241. [cit. 2023-11-15]. Dostupné z: <<https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2006.05.002>>. ISSN 0169-1368.

HOBBSAWM, Eric. 1996. *The Age of Revolution 1789-1848*. New York: Vintage Books. 356 s. ISBN: 0-679-77253-7.

HOLLOWAY, Matthew, ELORANTA, Jari. *Investigaciones de Historia Económica - Economic History Research*. "Stability breeds instability?" A Minskian analysis of the crisis of the Asian Tigers in the 1990s. [online]. 2014, vol. 10, issue 2, 115-126 s. [cit. 2023-10-25]. Dostupné z: <<https://doi.org/10.1016/j.ihe.2014.02.001>>. ISSN 1698-6989.

KHAIR Ummul a kol., *Journal of Physics: Conference Series*. Forecasting Error Calculation with Mean Absolute Deviation and Mean Absolute Percentage Error. [online]. 2017, č. 930. [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/930/1/012002>>. ISSN 1742-6596.

KINDLEBERGER, Charles P. a ALIBER, Robert Z. 2005. *Manias, panics and crashes: A history of financial crises, fifth edition*. London: Palgrave Macmillan. 309 s. ISBN 978-1-4039-3651-6.

KONOVALOVA, Mariya a KUZMINA Olga. 2019. 201912. *Экономические Науки (Ekonomické vědy)*. Č. 181, 26-30 s. DOI 10.14451/1.181.

KREJČÍ, Igor, KVASNIČKA, Roman. 2014. *Systémová dynamika I*. Praha: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta. 67 s. ISBN 978-80-213-2478-7.

LE BON, Gustave. 2016. *Psychologie davu*. 4. vyd. Praha: Portál. 175 s. ISBN 978-80-262-1028-3.

LEI V., NOUSSAIR C., PLOTT C. *Econometrica*. Nonspeculative bubbles in experimental asset markets: Lack of common knowledge of rationality vs. actual irrationality. [online]. 2001, vol. 69, issue 4, 831-859 s. [cit. 2023-5-4]. Dostupné z : <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1468-0262.00222>>. ISSN 1468-0262.

LEWIS, Colin David. 1982. *Industrial and business forecasting methods*. London: Butterworths. 143 s. ISBN-13: 978-0408005593.

LOWENSTEIN, Roger. 2004. *Origins of the Crash: The Great Bubble and Its Undoing*. New York : The Penguin Press. 270 s. ISBN 1-59420-003-3.

MAHADEVAN, Renuka, SUARDI, Sandy. *Japan and the World Economy. A dynamic analysis of the impact of uncertainty on import- and/or export-led growth: The experience of Japan and the Asian Tigers*. [online]. 2008, vol. 20, issue 2, 155-174 s. [cit. 2023-10-25]. Dostupné z: <<https://doi.org/10.1016/j.japwor.2006.10.001>>. ISSN 0922-1425.

MASHAYEKHI, Ali N. GHILI, Sohei. *System Dynamics Review. System Dynamics Problem Definition as an Evolutionary Process Using Ambiguity Concept*. [online]. 2010, vol. 28, issue 2, 22 s-s. [cit. 2023-10-25]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/242723099_System_Dynamics_Problem_Definition_as_an_Evolutionary_Process_Using_Ambiguity_Concept>. ISSN 0883-7066.

Mauleshova, Míra. 2022. *Diplomová práce. Analýza ekonomicko-ekologického systému Aralského jezera*. [online]. Praha. ČZU, PEF, Katedra systémového inženýrství, s. 124. PDF formát. Dostupné z: https://is.czu.cz/auth/zp/portal_zp.pl

MEADOWS, Donella H., MEADOWS, Dennis L., RANDERS Jorgen, BEHRENS W. William III, 1972. *The Limits to growth. A report for the club of Rome's project on the predikament of mankind*. New York: Universe Books. 338 s. ISBN: 0-87663-165-0.

MEADOWS, Donella. 2008. *Thinking in Systems. A Primer*. White River Junction: Chelsea Green Publishing Company. 218 s. ISBN 978-1-60358-055-7.

MERA, Koichi, RENAUD, Bertrand. 2000. *Asia's financial crisis and the role of real estate*. New York: Routledge. 298 s. ISBN 978-0-765-60642-6.

MILDEOVÁ, Stanislava, VOJTKO, Viktor. 2006. *Manažerské simulace dynamických procesu*. Praha: Oeconomica. 1. vyd., 106 s. ISBN 80-245-1055-3.

MINSKY, Hyman, P. 2008. Stabilizing an Unstable Economy. New York: McGraw Hill 395 s. ISBN: 978- 0-07-159299-4.

NASDAQ, Inc., official website. [online]. [cit. 2024-3-24]. Dostupné z: <https://www.nasdaq.com/market-activity/stocks/zm>

NEAL, Larry, SCHUBERT, Eric. The First Rational Bubbles: A New Look at the Mississippi and South Sea Schemes. Urbana-Champaign: University of Illinois, College of Commerce and Business Administration, Bureau of Economic and Business Research, 1985. 44 s. [cit. 2023-10-25]. Dostupné z: <<https://www.ideals.illinois.edu/items/29223>>

NEAL, Larry. 1990. The Rise of Financial Capitalism: International Capital Markets in the Age of Reason. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 278 s. ISBN: 0-521-45738-6.

QIAN, Junhui. SSRN Electronic Journal. The 2015 Stock Panic of China. [online]. 2016, 14 s. [cit. 2023-11-15]. Dostupné z: <https://papers.ssrn.com/sol3/Delivery.cfm/SSRN_ID3522955_code918237.pdf?abstractid=2795543&mirid=1&type=2>

SENGE, Peter.M. 2009. Pátá disciplína. Teorie a praxe učící organizace. Praha: Management press, 440 s. ISBN 978-80-7261-162-1.

SHEFRIN, Hersh. 2007. Beyond Greed and Fear: Understanding Behavioral Finance and the Psychology of Investing. New York: Oxford University Press. 368. ISBN: 978-0-195-30421-3.

SHILLER, Robert. 2015 Irrational exuberance. Revised and expanded third edition. New Jersey: Princeton university press and Oxfordshire: Princeton university press. 390 s. ISBN 978-0-691-16626-1.

SORNETTE, Didier. 2003. Why Stock Markets Crash: Critical Events in Complex Financial Systems. Princeton: Princeton University Press. 49 s. ISBN: 0-691-09630-9.

SORNETTE, Didier, DEMOS, Guilherme, ZHANG, Qun, CAUWELS, Peter, FILIMONOV, Vladimir, ZHANG, Qunzhi. SSRN Electronic Journal. Real-time prediction and post-mortem analysis of the Shanghai 2015 stock market bubble and crash. [online]. 2015, 15-31 s. [cit. 2023-11-13]. Dostupné z: <https://papers.ssrn.com/sol3/Delivery.cfm/SSRN_ID2693634_code623849.pdf?abstractid=2693634&mirid=1&type=2>.

STERMAN, John. 2000. Business dynamics: systems thinking and modelling for a complex world. Boston: McGraw-Hill. 981 s. ISBN 00-723-1135-5.

ŠUSTA, Marek, 2015. Průvodce systémovým myšlením. Praha: Proverbs, 136 s. ISBN 978-80-260-7602-5.

THE GLOOM BOOM & DOOM, investment newsletter. [online]. 1990. [cit. 2023-11-15]. Dostupné z: <https://www.gloomboomdoom.com/>

U.S. Securities and Exchange Commission, official website. [online]. [cit. 2024-3-24]. Dostupné z: <https://www.sec.gov/about/reports-publications/investor-publications/margin-borrowing-money-pay-stocks>

VAUGHT, David. 2007. After the Gold Rush: Tarnished Dreams in the Sacramento Valley. Baltimor: The Johns Hopkins University Press, 310 s. ISBN: 978-0-8018-8497-9.

VENNIX, Jac, A.M. 1996. Group Model Building : Facilitating Team Learning Using System Dynamics. Chichester: J. Wiley, 297 s. ISBN 978-0-471-95355-5.

VENTANA Systems, Inc. Vensim Help. [online]. [cit. 2024-3-24]. Dostupné z: <http://www.vensim.com/documentation/index.html>

VINCENZI, De Clara, et al. Consequences of COVID-19 on Employees in Remote Working: Challenges, Risks and Opportunities An Evidence-Based Literature Review.

International Journal of Environmental Research and Public Health. [online]. September 2022, vol. 19, issue 18. [cit. 2024-03-24]. ISSN: 1660-4601 Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/18/11672>

WEITERT Christian, Analysis of Investor Behavior in an Artificial Stock Market. [online]. 2007. [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: <https://proceedings.systemdynamics.org/2007/proceed/papers/WEITE454.pdf>

ZOOM Video Communications, Inc., official website. [online]. [cit. 2024-3-24]. Dostupné z: <https://zoom.us/>

ZUCKERMAN Gregory. 2009. The greatest trade ever: the behind-the-scenes story of how John Paulson defied Wall Street and made financial history. New York: Broadway Books. 339 s. ISBN: 978-0-385-52991-4.

8 Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk

8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1: Otevřený a uzavřený diagramy	28
Obrázek 2: Grafické znázornění stavů a toků	32
Obrázek 3: Interpretace hodnot ukazatele MAPE	34
Obrázek 4: Příčinně smyčkový diagram – celek	38
Obrázek 5: Příčinně smyčkový sub-diagram – Skrytá fáze – nárůst důvěry	39
Obrázek 6: Skrytá fáze – nárůst důvěry, Boom – Nárůst ceny a úvěrová expanze	41
Obrázek 7: Skrytá fáze – nárůst důvěry, Boom – Nárůst ceny a úvěrová expanze, Euforie nebo "teorie většího blázna"	43
Obrázek 8: Skrytá fáze – nárůst důvěry, Výběr zisku	45
Obrázek 9: Panika – kolaps	47
Obrázek 10: Diagram stavů a toků – celek	50
Obrázek 11: Sub-diagram HF	52
Obrázek 12: Sub-diagram BOII	54
Obrázek 13: Sub-diagram DM	56
Obrázek 14: Sub-diagram Cena akcie	57

8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1: Klasifikace finanční bubliny	15
Tabulka 2: Výzkumné směry finančních bublin	17
Tabulka 3: Obecné vlastnosti systému způsobující dynamickou komplexnost	27
Tabulka 4: Vztah systémové dynamiky a systémového myšlení	29
Tabulka 5: Prvky příčinně smyčkového diagramu	31
Tabulka 6: Citlivostní analýza – Cena akcie	60
Tabulka 7: Scénáře	62

8.3 Seznam grafů

Graf 1: Životní cyklus finanční bubliny	21
Graf 2: Vývoj Ceny akcie (simulace vs skutečnost)	59
Graf 3: Scénář 1 - Změna míry šíření v médiích	63
Graf 4: Scénář 2 - Změna míry stádního instinktu	64
Graf 5: Scénář 3 - změna množství peněz u investorů ze strany Dumb money	65
Graf 6: Scénář 3 – změna míry spekulace	66

8.4 Seznam rovnic

Rovnice (1)	32
Rovnice (2)	33

Rovnice (3).....	33
Rovnice (4).....	34
Rovnice (5).....	34
Rovnice (6).....	34

Přílohy

A. Seznam vzorků v diagramu stavů a toků

A. Seznam vzorků v diagramu stavů a toků

$BOII\ celkem = RAMP(BOII\ ve\ SF / 100, 1, 101) + RAMP(BOII\ v\ Boom / 52, 102, 154)$

$BOII\ v\ Boom = 15$

$BOII\ ve\ SF = 3$

$Cash\ BOI = INTEG (Vklad\ BOII - Půjčení - Výběr\ BOII, Init\ Cash\ BOI)$

$Cash\ DM = INTEG (Půjčení + Vklad\ DM - Množství\ peněz\ po\ půjčce, Init\ Cash\ DM)$

$Cash\ HF = INTEG (Vklad\ HF - Výběr\ HF, Init\ Cash\ HF)$

$Celková\ nabídka = Objednávky\ na\ prodej\ ze\ strany\ HF + Objednávky\ na\ prodej\ ze\ strany\ BOII + Objednávky\ na\ prodej\ ze\ strany\ DM + Nově\ nabízené\ firmou\ akcie$

$Celková\ nabídka\ za\ minulý\ den = DELAY\ FIXED (Celková\ nabídka, 1, 1)$

$Celková\ poptávka = Objednávky\ na\ nákup\ ze\ strany\ HF + Objednávky\ na\ nákup\ ze\ strany\ BOII + Objednávky\ na\ nákup\ ze\ strany\ DM$

$Celková\ poptávka\ za\ minulý\ den = DELAY\ FIXED (Celková\ poptávka, 1, 1)$

$Cena\ akcie = INTEG (Změna\ ceny\ akcie, 68.72)$

$DM\ celkem = (RAMP(DM\ v\ Boom, 125, 155) + RAMP(DM\ v\ Euforii, 156, 202))$

$DM\ v\ Boom = 10$

$DM\ v\ Euforii = 1000$

$Fundamentální\ hodnota = 34.35 + RAMP(0.1, 1, 202)$

$HF\ celkem = RAMP(HF\ ve\ SF / 100, 1, 101) + RAMP(HF\ v\ Boom / 52, 102, 154)$

$HF\ v\ Boom = 7$

$HF\ ve\ SF = 5$

$Init\ Cash\ BOII = 1e+09$

$Init\ Cash\ DM = 105000$

$Init\ Cash\ HF = 1e+12$

Jeden den = 1

Koeficient cenové přizpůsobivosti = 0.0077

Koeficient šíření informací v médiích 1 = 0.97606

Koeficient šíření informací v médiích 2 = 1.51134

Koeficient šíření informací v médiích 3 = 0.910104

*Majetek DM = Cash DM + Cena akcie * Počet akcie za DM*

Míra spekulace = 0.082842

*Míra stádního instinktu = (Míra šíření informací v médiích * Reakce na šíření v édiích + Reakce na změnu ceny akcie(Změna ceny akcie za minulý den) + "Reakce na převis poptávky/nabídky") * Změna míry stádního instinktu*

*Míra šíření informací v médiích = (IF THEN ELSE(Cena akcie >= 200 :AND: Cena akcie < 275, 0.5, 0) + IF THEN ELSE(Cena akcie >= 275 :AND: Cena akcie < 465, 0.8, 0) + IF THEN ELSE(Cena akcie >= 465, 1, 0)) * Změna míry šíření informací v médiích*

Množství peněz po půjčce = IF THEN ELSE(Půjčení > 0, Cash DM / Jeden den + Půjčení, 0)

*Nákup BOII = max(IF THEN ELSE(Celková nabídka - Celková poptávka >= 0, Objednávky na nákup ze strany BOII, Objednávky na nákup ze strany BOII * ZIDZ(Celková nabídka, Celková poptávka)), 0)*

*Nákup DM = max(IF THEN ELSE(Celková nabídka - Celková poptávka >= 0, Objednávky na nákup ze strany DM, Objednávky na nákup ze strany DM * ZIDZ(Celková nabídka, Celková poptávka)), 0)*

*Nákup HF = max(IF THEN ELSE(Celková nabídka - Celková poptávka >= 0, Objednávky na nákup ze strany HF, Objednávky na nákup ze strany HF * ZIDZ(Celková nabídka, Celková poptávka)), 0)*

Nově nabízené firmou akcie = 20

*Objednávky na nákup ze strany BOII = max(IF THEN ELSE("poptávka/nabídka BOII" >= 0, (1 - Míra spekulace) * MIN(BOII celkem * "poptávka/nabídka BOII", (Cash BOII / Cena akcie) / Jeden den), Míra spekulace * MIN((-1) * "poptávka/nabídka BOII" * BOII celkem, Počet akcie za BOII / Jeden den)), 0)*

*Objednávky na nákup ze strany DM = max(IF THEN ELSE(DM celkem > 0, (1 - Míra spekulace) * ((Cash DM + Půjčené peníze za minulý den * Jeden den) / Cena akcie) * Míra šíření informací v médiích * Míra stádního instinktu / Jeden den, 0), 0)*

*"Objednávky na nákup ze strany HF = max(IF THEN ELSE("poptávka/nabídka HF" >= 0, (1 - Míra spekulace) * MIN(HF celkem * "poptávka/nabídka HF", (Cash HF / Cena akcie) / Jeden den), Míra spekulace * MIN((-1) * "poptávka/nabídka HF" * HF celkem, Počet akcie za HF / Jeden den)), 0)"*

*Objednávky na prodej ze strany BOII = max(IF THEN ELSE("poptávka/nabídka BOII" < 0, (1 - Míra spekulace) * MIN((-1) * "poptávka/nabídka BOII" * BOII celkem, Počet akcie za BOII / Jeden den), Míra spekulace * MIN(BOII celkem * "poptávka/nabídka BOII", (Cash BOII / Cena akcie) / Jeden den)), 0)*

*Objednávky na prodej ze strany DM = max(IF THEN ELSE(DM celkem > 0, IF THEN ELSE(Změna ceny akcie za minulý den < 0, MIN((-1) * Reakce na změnu ceny akcie (Změna ceny akcie za minulý den) * Počet akcie za DM / Jeden den, Počet akcie za DM / Jeden den), Míra spekulace * (Cash DM / Cena akcie) * Míra šíření informací v médiích * Míra stádního instinktu / Jeden den), 0), 0)*

*Objednávky na prodej ze strany HF = max(IF THEN ELSE("poptávka/nabídka HF" < 0, (1 - Míra spekulace) * MIN((-1) * "poptávka/nabídka HF" * HF celkem, Počet akcie za HF / Jeden den), Míra spekulace * MIN(HF celkem * "poptávka/nabídka HF", (Cash HF / Cena akcie) / Jeden den)), 0)*

Počet akcií za BOII = INTEG (Nákup BOII – Prodej BOII, 0)

Počet akcií za DM = INTEG (Nákup DM – Prodej DM, 0)

Počet akcií za HF = INTEG (Nákup HF – Prodej HF, 0)

Podmínka SEC = 0.5

"Poměr FH/CA" = *Fundamentální hodnota / Cena akcie*

"poptávka/nabídka BOII" = "Reakce na FH/CA" ("Poměr FH/CA")

"poptávka/nabídka HF" = "Reakce na FH/CA" ("Poměr FH/CA")

Prodej BOII = max(IF THEN ELSE(*Celková nabídka - Celková poptávka* <= 0, *Objednávky na prodej ze strany BOII*, *Objednávky na prodej ze strany BOII * ZIDZ(Celková poptávka, Celková nabídka)*), 0)

Prodej DM = max(IF THEN ELSE(*Celková nabídka - Celková poptávka* <= 0, *Objednávky na prodej ze strany DM*, *Objednávky na prodej ze strany DM * ZIDZ(Celková poptávka, Celková nabídka)*), 0)

Prodej HF = max(IF THEN ELSE(*Celková nabídka - Celková poptávka* <= 0, *Objednávky na prodej ze strany HF*, *Objednávky na prodej ze strany HF * ZIDZ(Celková poptávka, Celková nabídka)*), 0)

"Převis poptávky/nabídky" = *Celková poptávka – Celková nabídka*

Půjčené peníze = INTEG(*Množství peněz po půjčce - Výběr DM*, 0)

Půjčení = IF THEN ELSE(*Cash DM* > 0 :AND: *Cash DM / Jeden den* > *Objednávky na nákup ze strany DM * Cena akcie*, 0, 0) + IF THEN ELSE(*Cash DM* > 0 :AND: *Cash DM / Jeden den* < *Objednávky na nákup ze strany DM * Cena akcie*, MIN(*Podmínka SEC * Majetek DM / Jeden den*, *Cash BOII / Jeden den*), 0) + IF THEN ELSE(*Cash DM* < 0, MIN(*Podmínka SEC * Majetek DM / Jeden den*, *Cash BOII / Jeden den*), 0)

"Reakce na FH/CA" ([(-40,-10)-(0.959841,60)],(0,-40),(0.0855582,-35.1613),(0.133296,-24.6774),(0.161427,0.327784),(0.187409,7.93347),(0.212859,12.0161),(0.271145,19.3548),(0.35342,26.5323),(0.446244,31.7742),(0.531111,36.6129),(0.65576,42.6613),(0.77427,48.7032),(0.997881,59.7659))

"Reakce na převis poptávky/nabídky" = IF THEN ELSE((*Celková poptávka za minulý den - Celková nabídka za minulý den*) > 0, ZIDZ((*Celková poptávka za minulý den - Celková nabídka za minulý den*), *Celková poptávka za minulý den*), ZIDZ((*Celková poptávka za minulý den - Celková nabídka za minulý den*), *Celková nabídka za minulý den*))

Reakce na šíření v médiích = IF THEN ELSE(Míra šíření informací v médiích = 0.5, Koeficient šíření informací v médiích 1, 0) + IF THEN ELSE(Míra šíření informací v médiích = 0.8, Koeficient šíření informací v médiích 2, 0) + IF THEN ELSE(Míra šíření informací v médiích = 1, Koeficient šíření informací v médiích 3, 0)

Reakce na změnu ceny akcie ([[(0,0)-(137.097,1.15665)],(-99.7699,-0.516129),(-49.9419,-0.507692),(39.186,0.397802),(20.0581,0.195604),(0,0),(9.94186,0.195604),(19.8837,0.406593),(30,0.604396),(39.9419,0.806593),(49.9419,0.986813),(99.729,0.995968))

Souhrn všech otevřených objednávek nákupu a prodeje na trhu = INTEG (Nově nabízené firmou akcie + Prodej BOII + Prodej DM + Prodej HF – Nákup BOII – Nákup DM - Nákup HF, 20)

*Vklad DM = max(0, Prodej DM * Cena akcie)*

*Vklad BOII = Prodej BOII * Cena akcie*

*Vklad HF = Prodej HF * Cena akcie*

*Výběr BOII = Nákup BOII * Cena akcie*

*Výběr DM = MIN(Půjčené peníze/Jeden den, max(0, Cena akcie * Nákup DM))*

*Výběr HF = Nákup HF * Cena akcie*

*Změna ceny akcie = "Přehled poptávky/nabídky" * Koeficient cenové přizpůsobivosti*

Změna ceny akcie za minulý den = DELAY FIXED(Změna ceny akcie, 1, 0)

Změna míry stádního instinktu = 1

Změna míry šíření informací v médiích = 1