

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

**Aplikace systémové dynamiky na vliv reklamy na
sociálních sítích na objednávky výrobků**

Tomáš Knopp

© 2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tomáš Knopp

Systémové inženýrství

Název práce

Aplikace systémové dynamiky na vliv reklamy na sociálních sítích na objednávky výrobků

Název anglicky

Application of system dynamics to analyse the influence of advertising on social networks on product orders

Cíle práce

Cílem práce je za pomoci simulačního modelu na principech systémové dynamiky vyhodnotit účinnost vlivu reklamy na sociálních sítích. Model bude obsahovat důležité proměnné a umožní uživateli testovat dopady na objednávky výrobku od vybrané firmy.

Metodika

- Studium odborné literatury
- Získání dat od vybrané firmy
- Sestavení smyčkového diagramu
- Vytvoření simulačního modelu
- Testování modelu
- Porovnání simulace s realitou
- Interpretace výsledků

Doporučený rozsah práce

30-40 stran

Klíčová slova

systémová dynamika, počítačová simulace, scénáře, objednávky zákazníků, diagram stavů a toků

Doporučené zdroje informací

MEADOWS, Donella H.; WRIGHT, Diana. *Thinking in systems : a primer*. White River Junction, Vt.: Chelsea Green Pub., 2008. ISBN 978-1-60358-055-7.

STERMAN, John. *Business dynamics : systems thinking and modeling for a complex world*. Boston: McGraw-Hill, 2000. ISBN 007238915.

ŠUSTA. M. *Průvodce systémovým myšlením*. Praha: Proverbs, 2016. ISBN 9788026076025

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Jan Rydval, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 22. 12. 2023

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 2. 2024

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 12. 02. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Aplikace systémové dynamiky na vliv reklamy na sociálních sítích na objednávky výrobků" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.3.2024

Poděkování

Chci především poděkovat vedoucímu práce panu Ing. Janu Rydvalovi Ph.D., který mi svými dobře mířenými radami pomohl s vypracováním této práce i přesto, že byl mým vedoucím jen krátce. Děkuji i panu doc. Ing. Igorovi Krejčímu, Ph.D., který byl vedoucím na začátku. V neposlední řadě chci také poděkovat rodině a blízkým přátelům za jejich podporu.

Aplikace systémové dynamiky na vliv reklamy na sociálních sítích na objednávky výrobků

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá aplikací systémové dynamiky k analýze vlivu reklamy na sociálních sítích na objednávky v menší restauraci. Práce se zaměřuje na modelování dynamiky interakcí mezi reklamními kampaněmi na sociálních sítích a následným chováním spotřebitelů. Teoretická část práce se zabývá popisem systémové dynamiky, kde jsou popsány její začátky a následný vývoj. Dále se zaměřuje na popis základních pojmů v systémové dynamice. Ukazuje rozdíl mezi systémovým a lineárním myšlením. V teoretické části jsou také prezentovány nástroje dostupné v rámci systémové dynamiky a dále jsou vysvětleny struktury, které se v praxi často objevují v komplexnějších modelech. V praktické části se následně zkoumají vlivy jednotlivých proměnných, a to, jak ovlivňují počty sledujících a počty interakcí na sociální síti na profilu menšího restauračního zařízení. Jsou sledovány zejména vlivy počtu sledujících na počty lajků a komentářů a vliv vynaložených finančních prostředků na reklamu na sociální síti ve formě placených příspěvků. Při testování bylo potřeba kalibrovat exponenty pomocí Powellovi optimalizace a byly zjišťovány vlivy na jednotlivé proměnné. Poté byly vytvořeny jednotlivé scénáře. Model i scénáře byly vytvořeny v programu Vensim PLE.

Klíčová slova: diagram stavů a toků, modelování vývoje počtu sledujících a lajků, modelování vlivů, počítačová simulace, scénáře, systémová dynamika, systémové myšlení

Application of system dynamics to analyse the influence of advertising on social networks on product orders

Abstract

The bachelor thesis deals with the application of system dynamics to analyze the impact of social media advertising on orders in a small restaurant. The thesis focuses on modeling the dynamics of interactions between social media advertising campaigns and subsequent consumer behavior. The theoretical part of the thesis deals with the description of system dynamics, where its beginnings and subsequent development are described. It also focuses on the description of basic concepts in system dynamics. It shows the difference between systemic and linear thinking. The theoretical part also presents the tools available in system dynamics and explains the structures that often appear in practice in more complex models. The practical part then examines the effects of each variable, and how they affect the number of followers and the number of social network interactions on the profile of a smaller restaurant. In particular, the effects of the number of followers on the number of likes and comments and the effect of the amount of money spent on social network advertising in the form of paid posts are investigated. The testing involved calibrating the exponents using Powell's optimization and the effects on each variable were investigated. Then, individual scenarios were created. The model and scenarios were created in Vensim PLE.

Keywords: stock and flow diagram, followers and likes modelling, effect modelling, computer simulation, scenarios, system dynamics, systems thinking

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Cíl práce a metodika	11
2.1 Cíl práce	11
2.2 Metodika práce	11
3 Teoretická část.....	13
3.1 Systémová dynamika.....	13
3.1.1 Historie systémové dynamiky	13
3.1.2 Systém.....	14
3.1.3 Klasifikace systému	14
3.1.4 Základní pojmy	16
3.1.5 Systémové myšlení	17
3.1.6 Nástroje systémové dynamiky	17
3.2 Archetypy chování	22
3.2.1 Exponenciální růst a pokles	22
3.2.2 S-křivka.....	23
3.2.3 Oscilace.....	24
3.3 Archetypy struktury.....	24
3.3.1 Meze růstu.....	25
3.3.2 Úspěch úspěšným.....	25
3.3.3 Erodující cíle	26
3.3.4 Nápravy, které se vymstí.....	26
3.4 Reklama na sociálních sítích	27
3.4.1 Definice sociální sítě	27
3.4.2 Dělení sociálních sítí.....	27
3.4.3 Reklama	28
3.5 Modelace vlivů a Powellova optimalizace	30
4 Vlastní práce	31
4.1 Rychlé občerstvení na Palmovce.....	31
4.2 Popis problému a cíle	31
4.3 Vstupní data.....	32
4.4 Příčinně smyčkový diagram	33
4.4.1 Posilující smyčky	33
4.4.2 Vyvažující smyčky.....	35
4.5 Diagram stavů a toků.....	35
4.5.1 Modelový počet sledujících	36
4.5.2 Pokladna.....	37

4.6	Testování modelu	40
5	Výsledky a diskuse	43
5.1	Scénáře	45
5.1.1	První scénář – snížení výdajů na reklamu	45
5.1.2	Druhý scénář – zvýšení výdajů na reklamu	45
6	Závěr.....	47
7	Seznam použitých zdrojů	48
8	Seznam obrázků, tabulek	50
8.1	Seznam obrázků	50
8.2	Seznam tabulek	50
8.3	Seznam rovnic	50

1 Úvod

Systemová dynamika, odvětví systémového myšlení, vznikla v 50. letech 20. století pod vedením Jaye W. Forrestera a postupně se stala klíčovým nástrojem pro analýzu a modelování dynamiky složitých systémů. Své myšlenky a poznatky o systémovém myšlení popsal například v knižním titulu „World Dynamics“, ve kterém se zabývá tématy, jako je růst populace, spotřeba přírodních zdrojů, ekonomický rozvoj a změny klimatu. Vývoj systémové dynamiky byl ovlivněn potřebou porozumění a řešení problémů v oblasti průmyslové výroby, ekonomie a managementu.

V průběhu let se systémová dynamika stala důležitým nástrojem pro modelování komplexních problémů, které nelze přesně popsat pomocí tradičních lineárních metod. Přestože se v USA systémová dynamika používala už v minulém století na většinu manažerských problémů a pomáhala v celkovém rozhodování manažerů, v Čechách není tolik známá. Systémová dynamika nemusí sloužit jen jako podpora rozhodování ve velkých korporátních společnostech, ale může pomoci s rozhodováním manažera malého podniku, konkrétněji rychlého občerstvení, jako v případě této práce. Provozní malých podniků mohou využívat systémovou dynamiku v oblastech, které jsou pro ně klíčové. Lze díky modelu odhadnout, kdy bude největší nápor zákazníků a jakým způsobem řídit zásoby ve skladu, to znamená pokrýt poptávku a zbytečně nevyhazovat zkažené suroviny. Pomůže to také odhadnout kdy si najmout pomocný personál a kdy je to naopak zbytečné.

Proto se v teoretické části autor zabývá bližším seznámením čtenářů se základy systémové dynamiky. Její základní nástroje – příčinně smyčkový diagram a diagram stavů a toků pomáhají pochopit složitější problémy. Základní struktury a zároveň vlastní model s jednotlivými scénáři je vytvořen v programu Vensim.

Praktická část se zaměřuje na konkrétní aplikaci systémové dynamiky na sledování vlivu reklamy na sociálních sítích na prodej výrobků. Kombinace teoretických konceptů a simulačních nástrojů nám umožňuje nahlédnout do těchto interakcí a poskytuje nám prostředky k vyhodnocení účinnosti reklamních strategií v digitálním prostoru.

Protože sociální sítě ovlivňují život většiny lidí ať už vědomě či nevědomě, rozhodl se autor spojit právě toto téma s oborem gastronomie, se kterým má zkušenosti díky rodině a známým, kteří v něm podnikají.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem práce je za pomoci simulačního modelu na principech systémové dynamiky vyhodnotit účinnost vlivu reklamy na sociálních sítích. Pro splnění hlavního cíle práce je potřeba dosáhnout i několika dílčích cílů práce, jimiž jsou:

Popis a analýza problémové situace – před tím, než můžeme simulovat vliv reklamy na prodeje, je potřeba vytvořit předpokládané vztahy mezi sociálními sítěmi a ekonomikou podniku.

Tvorba příčinně smyčkového diagramu – to nám pomůže při sestavení příčinně smyčkového diagramu, který nám dá povědomí o složitějších vazbách v systému.

Tvorba diagramu stavů a toků – ze smyčkového diagramu se pak snáze tvoří právě testovaný model v formě diagramu stavů a toků. Díky němu pak můžeme simulovat chování.

Testování modelu – po sestavení diagramu začíná první kolo testování, které určí, jak je model přesný. Poté se pomocí Powellovi optimalizace model nastaví tak, aby jeho chování co nejvíce napodobovalo chování reálné situace.

Po testování a vyladění modelu se vytvoří různé typy scénářů, které nám demonstrují, jak jednotlivé zásahy ovlivní celou strukturu.

2.2 Metodika práce

Studium odborné literatury z principů systémového myšlení a systémové dynamiky nám přinese základní znalosti potřebné k vytvoření simulačního modelu. Bylo nutné nastudovat i internetové články, které se zaměřovaly na sociální sítě a tvorbu reklamních a marketingových kampaní.

Pro simulaci je potřeba získat data, aby mohl být náš model srovnatelný s opravdovými údaji. Proto jsem s provozním vybraného podniku zaznamenával data, která se dala v jejich podmínkách a s jejich nástroji měřit a získávat. Jedná se o počet sledujících, komentářů, lajků, příspěvků a taky příjmy a výdaje v Kč za jednotlivé měsíce Tyto informace budou sloužit jako vstupní data pro naše modelování a simulace a umožní nám lépe reflektovat skutečné podmínky a proměnné.

S pomocí provozního restaurace rychlého občerstvení se sestavil příčinně smyčkový diagram, který pomohl získat lepší vhled do celkového fungování. Diagram zobrazuje

vybrané proměnné a vztahy důležité pro práci. Přesnější popis diagramu je v další části práce.

Na základě příčinně smyčkového diagramu se poté tvoří v programu Vensim PLE už testovaný model ve formě diagramu stavů a toků, kde jsou jednotlivé proměnné a vazby převedené do rovnic a stavové proměnné se vyjadřují formou určitého integrálu. Poté se model testuje a probíhají poslední úpravy modelu tak, aby model co nejvíce odrážel realitu. Tady se právě dostáváme do prvního porovnání modelovaných výpočtů a těch reálných, které jsme zaznamenali s provozním restaurace. Dále je pak model kalibrován pomocí Powellovy optimalizace, aby věrohodněji odrážel zaznamenanou realitu, ta je zaznamenána ve formě časových řad sledovaných proměnných, jimiž jsou: Počet sledujících (osoby), počet komentářů (ks), počet lajků (ks), počet příspěvků (ks), příjmy (kč) a výdaje (kč).

V závěrečné fázi se navrhnu možné scénáře, které mají za úkol nastítnit situace, ve kterých se může podnik vyskytnout a v grafech uvidíme vliv na sledované hodnoty. A úplně na konec zhodnotíme výsledky z provedené simulace a porovnání s realitou, tedy jak model odpovídá skutečnosti. Podle výsledků a scénářů pak jsme schopni formulovat závěry a doporučení pro efektivnější využití reklamy na sociálních sítích.

3 Teoretická část

3.1 Systémová dynamika

3.1.1 Historie systémové dynamiky

Systémová dynamika je podle Stermana (Sterman, 2000) metoda vedoucí ke zlepšení studia komplexních systémů. Je to metoda pro vývoj manažerských řídicích simulátorů, často simulačních modelů, které nám pomáhají pochopit dynamickou komplexitu, porozumět zdrojům resistance vůči navrhovaným politikám, a navrhnout politiky efektivnější.

Podle Lanea (Lane, 2007) lze za zakladatele systémové dynamiky považovat profesora J. W. Forrester, který přednášel na Massachusetts Institute of Technology (MIT). Jeho cílem bylo propojit své znalosti ekonomie a techniky. Proto se přesunul na Sloan school of management, kde pracoval na projektu, který se zabýval příčinami výkyvů v produkci, zaměstnanosti a zisku mezinárodní společnosti General Electric Company (GE). Důvod tohoto projektu byl stále se opakující problém s velkým množstvím zakázek najednou a poté propuštění zaměstnanců pro nedostatek práce. J. W. Forrester se tedy podrobně zaměřil na systém a zjistil, že problém není kvůli hospodářským cyklům, jak tvrdil management podniku. Problém spočíval právě v managementu, který zasahoval do systému a udržoval zásoby na určité úrovni. To mělo za následek překvapivé účinky. Zásahy měly za úkol minimalizovat kolísání produkce, ztrátám a nezaměstnanosti, jenže působily úplně opačně. Proto pomocí zpětných vazeb nakreslil model podniku, který tomuto zamezoval. Pro efektivnější fungování jeho kolegové vytvořili první programovací jazyky systémové dynamiky: SIMPLE a DYNAMO. Díky zkušenostem z projektu v GE napsal J. W. Forrester svou knihu „Industrial Dynamics“ (Forrester, 1961). Poté se systémová dynamika začala řešit většinu korporátních a manažerských problémů. Ale Forrester se zaměřil na obecnější problémy, a to sice na rozvoj a obnovu města.

Projekt na obnovu a rozvoj města Boston podle Lanea (Lane, 2007) začal, když se bývalý starosta John F. Collins rozhodl znovu nekandidovat, ale začal pracovat na MIT. Kde spolu tvořili model města a jeho problémů. Se spojenými zkušenostmi se řízením města a systémové dynamiky spolu Forrester a Collins sestavili model funkčního města. Díky tomu se objasnily problémy, proč stavění domů pro chudé nepomáhá chudobě, ale naopak jí ještě

prohlubuje. Myšlenky z této práce jsou zachyceny v knize „Urban Dynamics“. Studie i kniha byla hojně kritizována i když analýzy ukázaly, že je model velmi přesný.

Lane (Lane, 2007) v textu také zmiňuje, že v roce 1970 byl Forrester pozván do Bernu kvůli účasti na schůzce Římského klubu. Řešilo se, jestli systémová dynamika může být použita na větší porozumění problému nazvaném jako „the predicament of mankind“ (problém lidstva). Jde o celosvětovou krizi, vznikající vyčerpáváním zdrojů, rostoucí populací. Byl vyzván, jestli by dokázal sestavit model, zachycující tento problém. Souhlasil a vytvořil model, který popsal v knize „World Dynamics“. Na tomto základě, i přes veškerou kritiku, vznikla spousta dalších populárních studií. Asi nejznámější je kniha „The Limits to Growth“.

3.1.2 **Systém**

Podle Meadows (Meadows & Wright, 2008) existuje několik oblastí systémového výzkumu a různé definice systému. Systém je množina prvků, které jsou účelně organizovány a propojeny do struktury. Tato struktura je zdrojem charakteristického chování, které směřuje k dosažení nějakého cíle nebo naplnění.

Systém je konečná množina prvků spojená konečnou množinou vazeb mezi prvky. Prvky jsou účelně uspořádány a spojeny do jednotné struktury. Ta pak vykazuje určité chování, směřující k dosažení určitého cíle. V systému jsou důležité i zpětné vazby, které nám pomáhají provádět rozhodnutí. (Krejčí & Kvasnička, 2014)

Podle Šusty (Šusta, 2016) je systémem množina prvků a jejich vztahů, které nelze odebrat nebo přidat, aniž by se změnilo jeho chování.

3.1.3 **Klasifikace systému**

Při úplně volném pojetí základní definice někteří autoři rozlišují:

Uzavřený systém – Systém, který pro zachování své existence nepotřebuje interakci s vnějším okolím. Pokud se nezmění výchozí stav nebo vlastnosti prvků, systém vždy dojde do stejného cílového stavu. Jsou to obvykle mechanické a fyzikální systémy.

Otevřený systém – Naproti tomu je systém, který pro zachování své existence musí interagovat se svým okolím. Může dosáhnout identického cílového stavu z různých výchozích pozic odlišnými způsoby. Je zde obtížná opakovatelnost výsledků, například biologické a sociální experimenty.

Statický systém – stav systému zůstává stejný. To znamená, že jejich stav se nezávisle na čase vůbec nezmění. Příkladem jsou třeba stavby a geografické prvky, protože zpravidla zůstávají ve stejném stavu bez významných změn po dlouhou dobu.

Dynamický systém – to je systém, jehož vlastnosti nebo chování se mění v průběhu času. V závislosti na čase se vyvíjí nebo mění. Může vykazovat různé druhy dynamiky – oscilaci, růst, degradaci nebo chaotické chování. Je to například ekonomika, počasí nebo rostlinný systém.

Podle Kennetha Bouldinga (Boulding, 1956) je rozdělení systémů na

Fyzikální systémy, což jsou základní stavební prvky pro všechny vyšší typy systémů, shluky atomů v molekulách, seskládané atomy v krystalech. Bez jejich statických vazeb by nebyl žádný systém ani žádná dynamika.

Mechanické systémy, uváděné taky jako clockworks – hodinový strojek, tedy jednoduché stroje, které se točí pořád ve stejném vzorci nutných pohybů. Například sluneční soustava je skvělý příklad takového systému.

Kybernetické nebo také kontrolní systémy jsou už složitější, snaží se o uchování rovnováhy v určitých mezích. Boulding (Boulding, 1956) používá připodobnění k termostatu, který má nastavenou určitou teplotu a tu zařídí.

Otevřené systémy jsou jednoduché organismy. V těchto systémech už začíná život, proto mají přezdívku „cell“ (angl. buňky). Takové systémy musí mít základní vlastnosti – přizpůsobení chování k prostředí tak aby přežily.

Genetické systémy jsou naopak složitější, mají své subsystémy se specifickými funkcemi (kořeny a listy u rostlin). Jejich vlastností je schopnost evoluce a reprodukce.

Živočichové disponují ještě vyšší mírou genetické informace. Jsou schopní se nejen přizpůsobit okolí, ale také ho aktivně ovlivňovat.

Člověk oproti předchozím systémům má navíc vědomí vlastní existence, schopnost myšlení a záměrného jednání.

V sociálních systémech lidé vystupují v pozici rolí podle jejich zájmů a potřeb. Je to pořád nejsložitější úroveň systému, kterou dokážeme pochopit.

Klasifikace je uzavřena transcendentálními systémy, ty totiž přesahují lidské chápání, ale přesto vykazují systémové vlastnosti.

3.1.4 Základní pojmy

Základní kámen systémové dynamiky tvoří **system**. Jak už bylo zmíněno, systém má několik definicí. Komplexní systémy mají, ale několik charakteristik, které je odlišují od jednodušších systémů.

Někteří autoři jako Šusta (Šusta, 2016), Krejčí (Krejčí & Kvasnička, 2014) tvrdí, že mezi klíčové charakteristiky těchto systémů patří složitá struktura vazeb. Komplexní systémy se skládají z velkého množství interagujících prvků nebo komponent, které mohou být jednotlivci, části nebo jednotky s různými vlastnostmi a rolí.

Prvky v komplexních systémech jsou propojeny vzájemnými vazbami. Akce mají vliv na sebe samé, působením na jedno místo se mění podmínky, a tedy i potřeba na stejném místě působit.

Další ze znaků je **emergence**, tedy to že systém vykazuje chování nebo funkci, které nemůže produkovat žádný z jeho prvků. Tyto emergentní vlastnosti jsou důsledkem kolektivních interakcí mezi prvky systému.

Schopnost reagovat na odchylku a vyvíjet se v čase v reakci na změny v prostředí je dána adaptabilitou systému. S tím souvisí i schopnost vytvářet strukturu, měnit ji, učit se a přizpůsobovat. Ne vždy je to žádoucí.

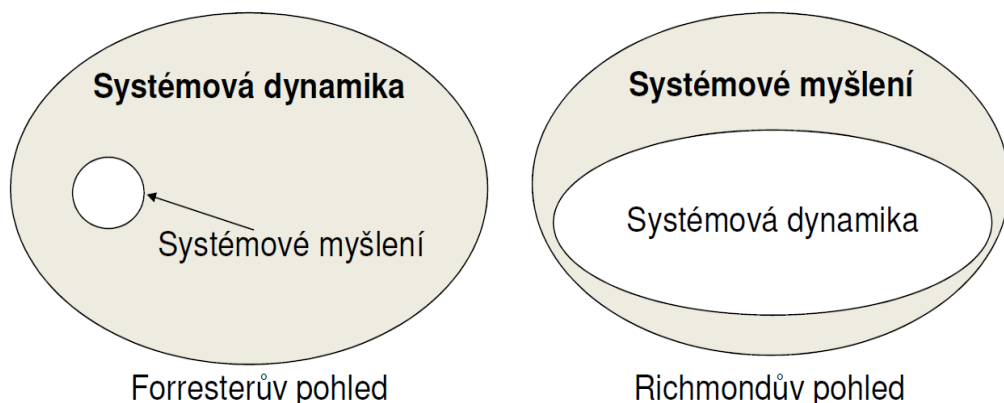
Zpětnovazební smyčky jsou podle Stermana (Sterman, 2000) klíčovým pojmem v systémovém myšlení a systémové dynamice. Jsou to mechanismy, ve kterých výstup nebo stav systému je přiveden zpět do systému jako vstup, čímž vytváří cyklus zpětné vazby. Tato zpětnovazební smyčka umožňuje systému reagovat na změny ve svém prostředí a upravovat své chování tak, aby dosáhl určitého cíle nebo udržoval určitý stav. Porozumění zpětnovazebním smyčkám je důležité pro analýzu a modelování chování komplexních systémů a je základem systémového myšlení a systémové dynamiky.

Simulace v systémové dynamice umožňuje zkoumat různé scénáře a podmínky, které ovlivňují chování systému, a poskytuje nástroj pro testování různých strategií a politik pro řízení a zlepšování systémů v reálném světě.

Politika je podle Šusty (Šusta, 2016) v systémové dynamice se týká formulování a implementace strategií, opatření a rozhodnutí pro řízení komplexních systémů. Systémová dynamika poskytuje rámec pro analýzu a modelování politik, které mohou ovlivnit chování systémů v čase.

3.1.5 Systémové myšlení

Na systémové myšlení můžeme najít několik definicí. Každý autor na tuto disciplínu systémové vědy nahlížel po svém.

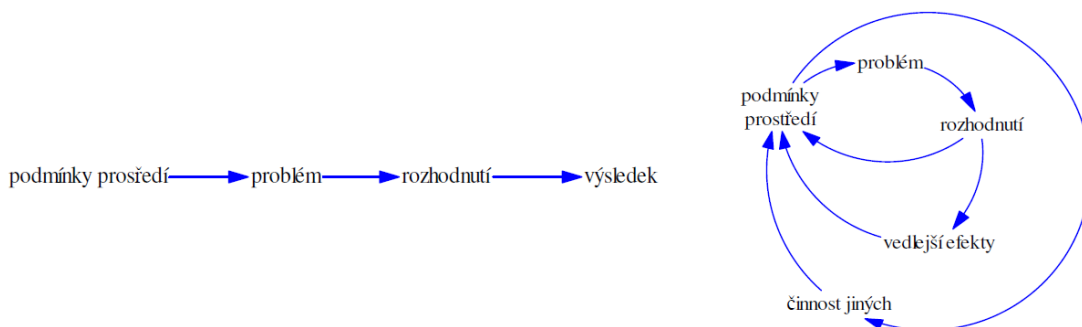


Obrázek 1 Systémová dynamika a systémové myšlení; zdroj: (Krejčí & Kvasnička, 2014)

Forrester bere systémové myšlení jen jako malou součást systémové dynamiky, protože hlavní je podle něj modelování a simulace.

Naopak Richmond (Richmond, 1994) říká, že díky systémovému myšlení máme možnost více porozumět struktuře problému a poté ho snáze modelovat.

Jedno je ale jisté, systémové myšlení oproti lineárnímu myšlení blíže ukazuje reálný stav věci. Lineární myšlení je vždy jen část systému, která postrádá komplexnost a chybí jí vazby s ostatními prvky.



Obrázek 2 Lineární a systémové myšlení; zdroj: (Krejčí & Kvasnička, 2014)

3.1.6 Nástroje systémové dynamiky

Tvoření samotného modelu většinou začíná v hlavě člověka, který má za úkol problém vyřešit. Takový mentální model, je tvořen subjektivně na základě osobních zážitků a

zkušeností, díky tomu nemusí být úplně přesný. Model je většinou chybný a je těžké ho měnit. (Šusta, 2016)

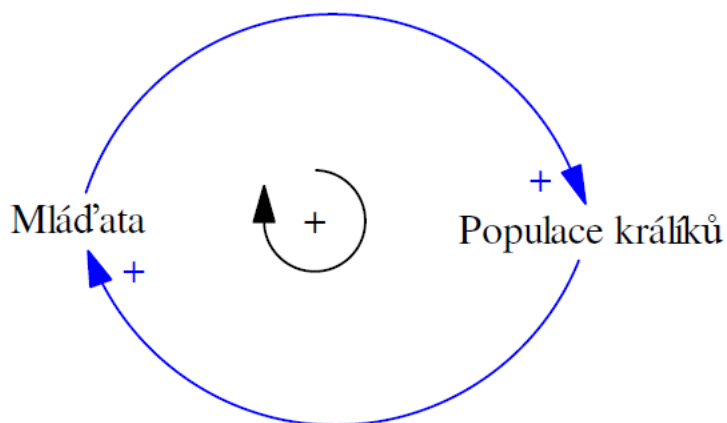
Díky systémovému myšlení, jenž je podle Forrestera součástí systémové dynamiky, se můžeme na model podívat s větším nadhledem a uvědomit si existence a důležitosti prvků. To pak promítneme v příčinně smyčkovém diagramu.

Příčinně smyčkové diagramy jsou podle Stermana (Sterman, 2000), anglicky Causal Loop Diagram (CLD), důležitý nástroj k vizualizaci vztahů mezi různými prvky v systému. Díky nim jsme schopni analyzovat možné příčiny a důsledky určitých jevů nebo událostí a určovat, jakým způsobem tyto vztahy budou ovlivňovat dynamiku systému. Principem diagramu je identifikovat a znázornit zpětné vazby mezi proměnnými pomocí šipek a označit je pozitivními (+) nebo negativními (-) v závislosti, jejich vlivu na druhou proměnnou. V případě kladných (+) vazeb se při zvýšení jedné proměnné, zvyšuje i ta druhá a naopak. A samozřejmě záporné (-) zpětné vazby naznačují, že zvýšení jedné proměnné naopak snižuje druhou proměnnou a obráceně. Díky tomu nám tedy vznikají dva hlavní typy zpětnovazebných smyček – sebesilující a vyvažující smyčka. V modelu můžeme najít ještě smyčku, která označuje zpoždění, znázorňuje jí šipka s dvojitým přeškrtnutím.

SYMBOLICKÉ VYJÁDRĚNÍ	INTERPRETACE	MATEMATICKÁ FORMULACE
	Za jinak neměnných okolností při růstu x roste y nad úroveň, na které by bylo v případě konstantního x . V případě, že y je stavová proměnná (akumulace): x přibývá k y .	$\frac{\partial y}{\partial x} > 0$ $y = \int_{T_0}^T x dt + y_{T_0}$
	Za jinak neměnných okolností při růstu x klesá y pod úroveň, na které by bylo v případě konstantního x . V případě, že y je stavová proměnná (akumulace): x ubývá z y .	$\frac{\partial y}{\partial x} < 0$ $y = \int_{T_0}^T -x dt + y_{T_0}$
	Značka zpoždění	
	Sebesilující/positivní smyčka	
	Vyvažující/negativní/cílhledající smyčka	

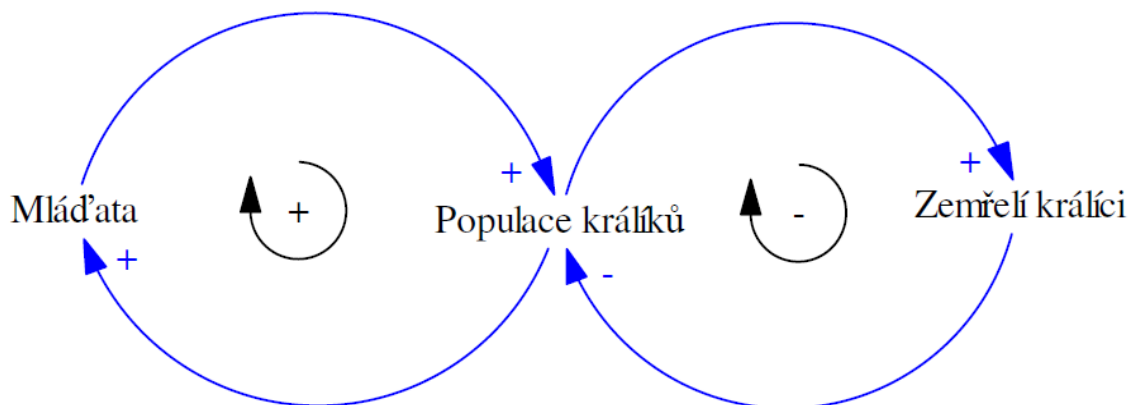
Obrázek 3 Vyjádření vazeb v diagramech; zdroj: (Sterman, 2000)

Tato smyčka se v diagramu (Krejčí & Kvasnička, 2014) označuje písmenem R (z angličtiny „reinforcing“ - posilující). Má tendenci zesilovat navzájem propojené prvky. Většinou nastává rychlý až exponenciální růst a ten způsobuje nestabilitu systému. Příklady z reálného světa, pokud se v ekonomice šíří zpráva o určité investiční příležitosti, může to vést k nárůstu zájmu investorů, a to zvýší cenu daného aktiva. To zase zvětší zájem a díky tomu se opět zvýší cena. Horší scénář může nastat, když se začne šířit špatná zpráva o určitém aktivu. Investoři se začnou bát a prodávat aktivum a tím se snižuje jeho cena. Ta zase vyvolá větší paniku a více lidí stáhne své peníze, tím vyvolávají spirálu, která může končit bankrotem nebo krizí.



Obrázek 4 Sebeposilující smyčka; zdroj: (Krejčí & Kvasnička, 2014)

Vyvažující smyčka na rozdíl od posilující smyčky, která zvyšuje změny v modelu, vyvažující smyčka tlumí změny a snaží se udržet systém v rovnováze. Funguje tak, že jakákoliv změna v systému vyvolá opačnou reakci působící proti této změně a snaží se vrátit do rovnováhy. To udržuje stabilitu systému a hodnoty v přijatelných mezích. Jako příklad z reálného světa může být třeba mechanismus nabídky a poptávky na trhu. Pokud cena zboží nebo služby stoupne nad rovnovážnou úroveň, většinou to vede ke snížení poptávky a kvůli tomu se sníží cena zpět k rovnovážné úrovni. Naopak když cena klesne pod tuto úroveň, může to vést k nárůstu poptávky, díky které pak cena vystřeluje zpět.

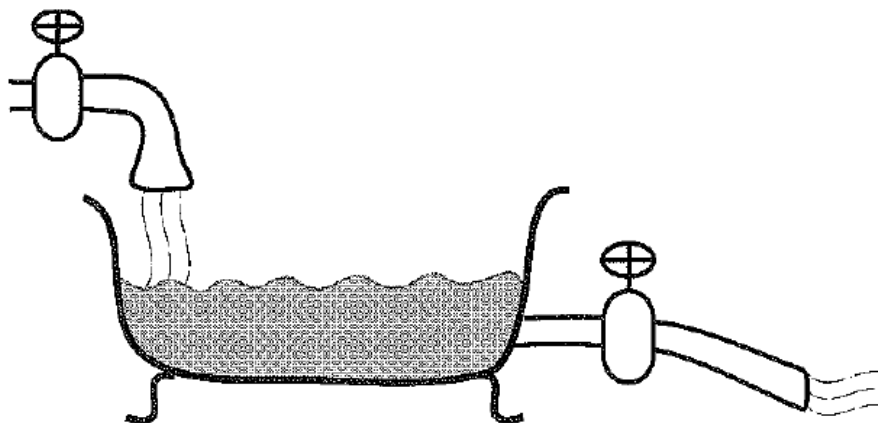


Obrázek 5 Vyvažující smyčka; zdroj: (Krejčí & Kvasnička, 2014)

Smyčkový diagram velmi dobře znázorní určitý problém a pomůže nám se v něm pomocí zpětných vazeb lépe orientovat. Má ale své omezení. To sice že nám nedokáže vytvořit simulaci, která ukazuje, jak model funguje v číslech.

V **diagramu stavů a toků** jsou čtyři základní prvky (Obrázek 7).

Akumulace (Stock) - může být nazvána také jako stavová proměnná nebo zásoba. V knize Business Dynamics (Sterman, 2000) je znázorněna jako vana, která má nějaký přítok a odtok. Ty způsobují, že se vana napouští, vypouští nebo zůstává na stejné hladině.

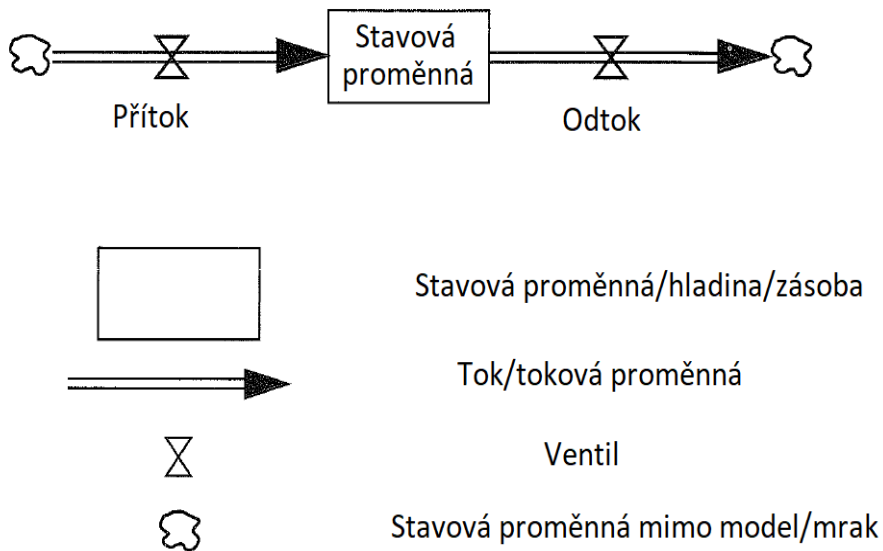


Obrázek 6 Vana SFD; zdroj: (Sterman, 2000)

Tok (Flow) - jak je popsáno výše slouží k přítoku a odtoku. Symbolizují je kohouty na vodu. V případě modelace v programu Vensim jsou znázorněny dvojitou šipkou, regulovanou ventilem, v případě přítoku z mraku do akumulace a v případě odtoku z akumulace do mraku. Ten zde plní funkci stavové proměnné v okolí, tzn. mimo model na který se zaměřujeme. (Sterman, 2000)

Proměnná – nebo taky pomocná proměnná je proměnná, která není přímo ovlivňována vnějšími vstupy ani přímo neovlivňuje výstupy systému. Pomáhá jako prostředek k vytvoření vazby mezi jinými proměnnými a vytvoření složitějších vztahů v modelu.

Informační, příčinná vazba tvoří vazby a přenáší informace mezi proměnnými. Díky nim můžeme vytvářet modely a simulace. (Šusta, 2016)



Obrázek 7 Značky v Stock and Flow diagramu; zdroj: (Sterman, 2000)

Matematické formulace stavové a tokové proměnné jsou:

$$Stav(t) = \int_{t_0}^t [Vstup(t) - Výstup(t)]dt + Stav(t_0) \quad (1)$$

Rovnice 1 Rovnice stavové proměnné; zdroj: (Krejčí & Kvasnička, 2014)

$$\begin{aligned} Vstup(t) &= f(Stav_t, U_t, C) \\ Výstup(t) &= g(Stav_t, U_t, C) \end{aligned} \quad (2)$$

Rovnice 2 Rovnice tokových proměnných; zdroj: (Krejčí & Kvasnička, 2014)

Kde:

U – exogenní proměnné

C – parametry/ konstanty

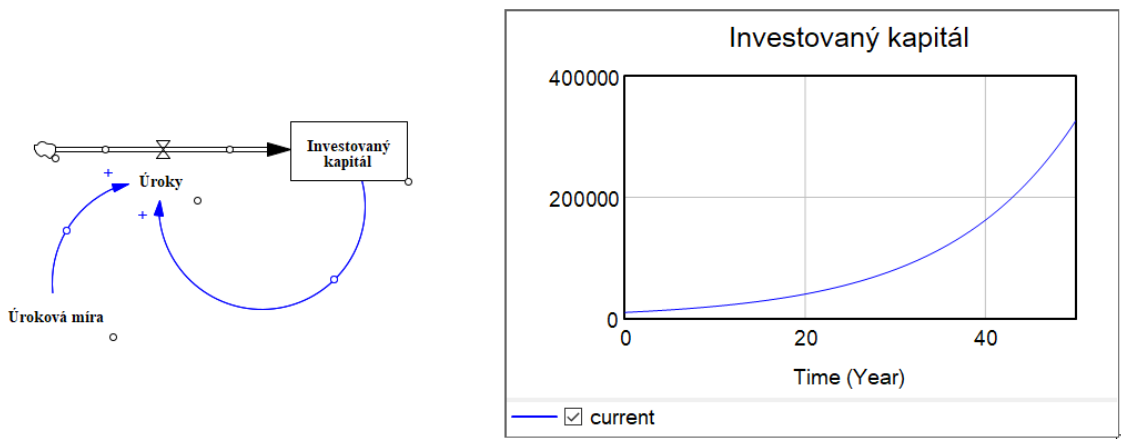
3.2 Archetypy chování

Při zkoumání složitých systémů si podle Šusty (Šusta, 2016) můžeme všimnout, že často mají podobné stavební bloky, které spolu spolupracují. Tyto bloky mohou vést k podobnému chování systému. Můžeme využít již existujících bloků a přizpůsobit je trochu pro naše specifické potřeby. Existuje spousta různých takových bloků, ale pro začátek můžeme zmínit například exponenciální růst, exponenciální pokles, s-křivka a oscilace.

Když mluvíme o archetypech chování, jde o nástroje, které nám pomáhají pochopit, jak fungují složité systémy. Tyto archetypy zachycují vzory chování, které se opakují v mnoha různých situacích. Často se zdánlivě složité problémy dají vysvětlit pomocí těchto jednoduchých vzorů.

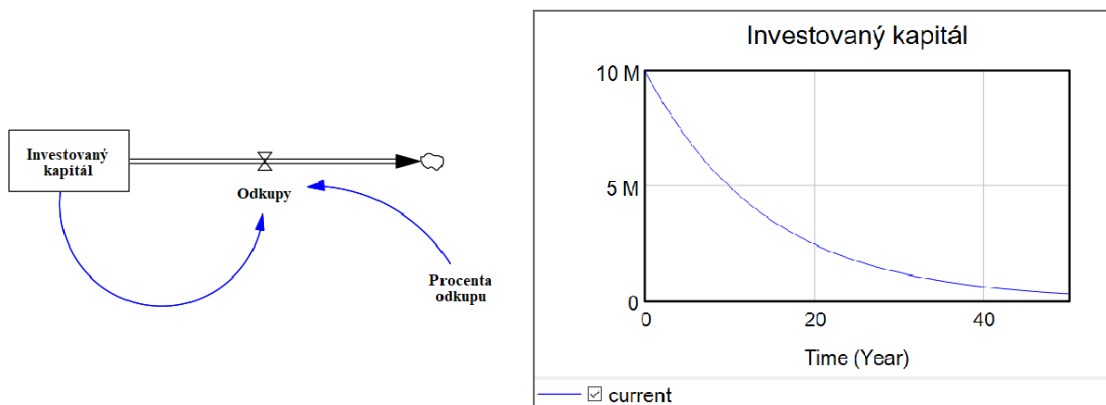
3.2.1 Exponenciální růst a pokles

Exponenciální růst (Obrázek 8) je základní archetyp v oblasti systémové dynamiky. Šusta (Šusta, 2016) tvrdí, že exponenciální růst vychází z principu sebesilující zpětnovazební smyčky, kde rostoucí hodnota jedné proměnné způsobuje ještě větší nárůst dalších proměnných v rámci této uzavřené smyčky. Tento jev je dobře v kumulování úroků z investovaného kapitálu, které vyvolávají exponenciální růst. Realita však často zahrnuje vyvažující zpětnovazební smyčku, která tento proces stabilizuje. Chování v takových smyčkách je ovlivňováno dominantní smyčkou, která se může v průběhu času měnit, vytvářející tak složitější struktury, jako jsou oscilace nebo S-křivka. Sebesilující smyčky přirozeně vedou k exponenciálnímu růstu, když stavová proměnná má schopnost zvyšovat se sama o sobě. Tento růst je neustále urychlován, protože čím více něčeho je, tím více toho přibývá. Dalším příkladem může být růst populace, kde více jedinců znamená více narozených jedinců, což vede ke stále větší populaci.



Obrázek 8 Exponenciální růst; zdroj: vlastní práce

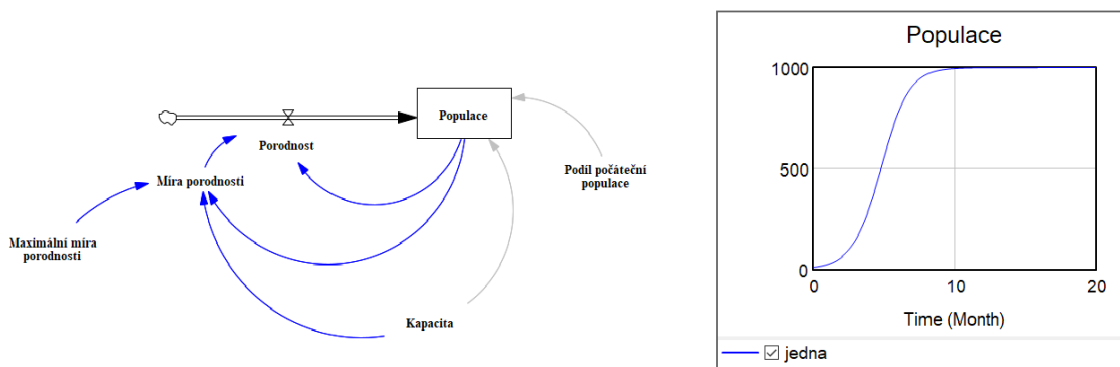
Exponenciální pokles (Obrázek 9) je úplným opakem růstu. Tedy do stavové proměnné nic nepřitéká anebo jen malé množství, na druhou stranu odtok je velký. Příkladem můžeme znovu brát investovaný kapitál a z něj čerpanou roční rentu.



Obrázek 9 Exponenciální pokles; zdroj: vlastní práce

3.2.2 S-křivka

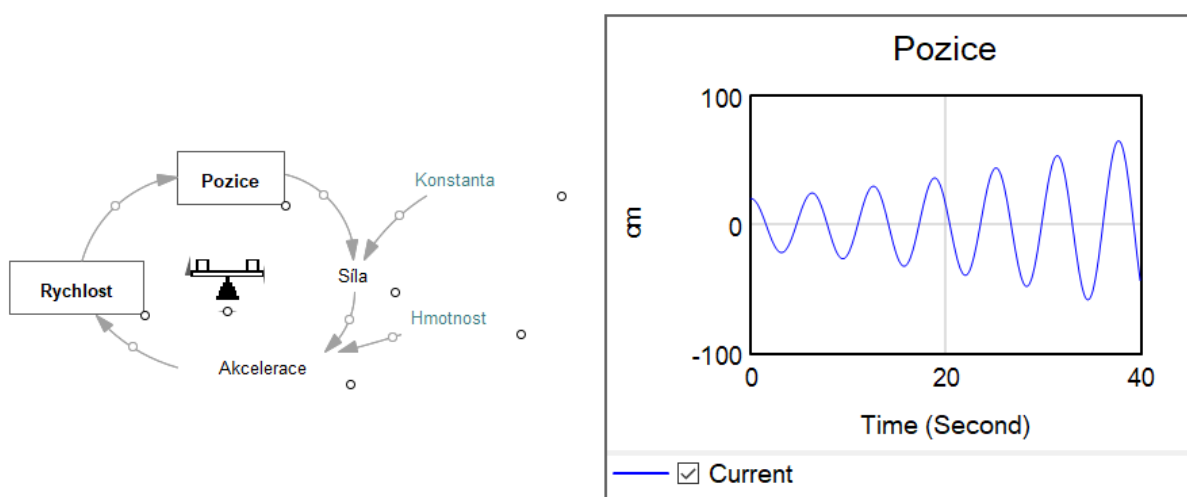
Sterman (Sterman, 2000) tvrdí, že žádná reálná veličina neroste do nebe. To znamená, že jedno nebo více omezení růst nebo pokles určitě zastaví. To můžeme vidět v grafech, které jsou zpočátku exponenciální, ale postupně růst hodnot zpomaluje, dokud nedosáhne rovnovážné úrovně. Tvar křivky poté připomíná protáhlé písmeno „S“, proto se tomuto archetypu říká právě S-křivka nebo logistický růst. Takové chování je důkazem změny dominance zpětnovazebních smyček. Když jedna smyčka dominuje nad druhou, má větší vliv na chování systému. Znázornění tohoto archetypu (Obrázek 10)



Obrázek 10 Logistický růst; zdroj: (Krejčí & Kvasnička, 2014)

3.2.3 Oscilace

Dalším základním prvkem dynamických systémů je cyklický pohyb (Obrázek 11). Systém neustále osciluje mezi jedním a druhým stavem, přičemž se snaží dosáhnout svého cíle. Během cyklu se stav systému střídavě přibližuje a vzdaluje od svého cíle či rovnovážného stavu. Tento oscilační jev je často způsoben časovým zpožděním v negativní smyčce, které způsobuje, že nápravná opatření pokračují i poté, co je cíl dosažen. Tento cyklický proces nutí systém k opakovaným korekcím a vytváří dynamiku směřující k novým cílům.



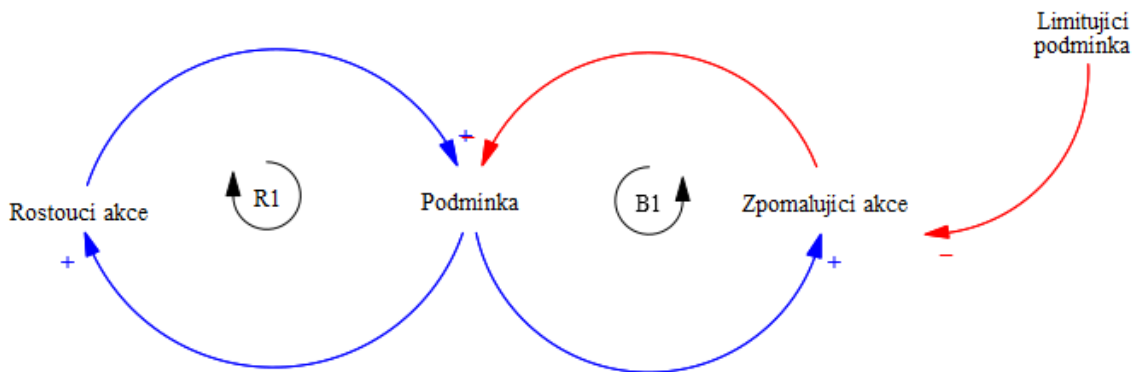
Obrázek 11 Oscilace; zdroj: (Vensim)

3.3 Archetypy struktury

Šusta (Šusta, 2016) říká, že základní struktury, které vznikají jako odpověď na rozhodování manažerů a vykazují typické vzory chování jsou tyto:

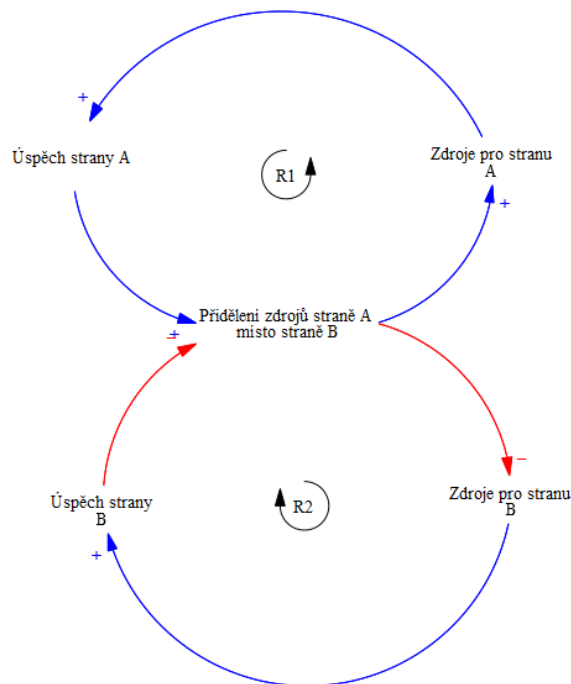
3.3.1 Meze růstu

Tento archetyp (Obrázek 12) popisuje situace, ve kterých existuje fyzický limit, který omezuje růst určitého systému. V rámci systémové dynamiky se často používá k modelování situací, ve kterých růst určité proměnné je omezen fyzickými, ekonomickými nebo environmentálními faktory. Tento archetyp pomáhá analytikům porozumět, jak se systém bude vyvíjet v dlouhodobém horizontu a jaké faktory mohou omezit jeho růst či dokonce způsobit jeho kolaps.



Obrázek 12 Meze růstu; zdroj: (Šusta, 2016)

3.3.2 Úspěch úspěšným

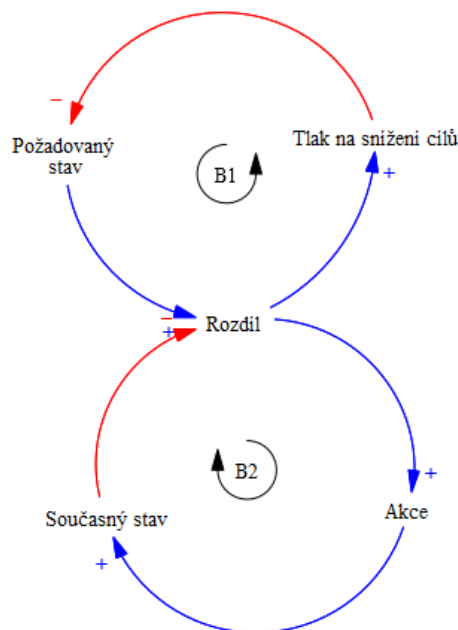


Obrázek 13 Úspěch úspěšným; zdroj: (Šusta, 2016)

Základní myšlenka tohoto archetypu (Obrázek 13) je následující: když jednotlivé prvky nebo subjekty v systému dosahují úspěchu, mohou tím vytvářet pozitivní zpětnou vazbu, která jim pomáhá dosahovat ještě většího úspěchu. Tento cyklus může vést k růstu a posílení těchto prvků, což zase posiluje celkový úspěch systému. Příklady tohoto archetypu lze nalézt například v podnikatelském prostředí, kde úspěšné společnosti mají tendenci získávat více zákazníků, více zdrojů a větší tržní podíl díky své reputaci a dobře fungujícím mechanismům. Znamená to ale posílení jednoho systému na úkor ostatních.

3.3.3 Erodující cíle

Tento archetyp (Obrázek 14) je často spojen s organizacemi, projekty nebo společenskými systémy. Základní myšlenka tohoto archetypu je následující: když jsou cíle vytvořeny, mohou být často vystaveny různým tlakům a změnám v okolním prostředí. Tyto tlaky mohou způsobit, že původní cíle se postupně upravují, kompromitují nebo dokonce ztrácejí svou původní podstatu.

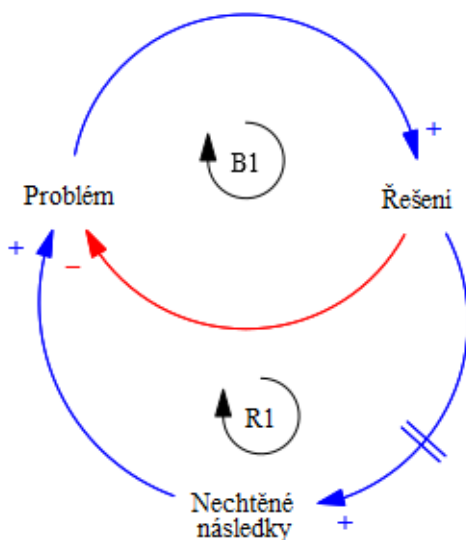


Obrázek 14 Erodující cíle; zdroj: (Šusta, 2016)

3.3.4 Nápravy, které se vymstí

Základní myšlenka tohoto archetypu (Obrázek 15) je, že pokusy o nápravu problémů mohou mít nepředvídatelné a negativní vedlejší účinky, které mohou vést k dalším

problémům nebo eskalaci původní situace. Tento jev může být způsoben nedostatečným porozuměním systému, nekomplexními řešeními nebo krátkodobým myšlením. Viz



Obrázek 15 Nápravy, které se vymstí; zdroj: (Šusta, 2016)

3.4 Reklama na sociálních sítích

3.4.1 Definice sociální sítě

Sociální síť je podle portálu Nebojteseinternetu.cz, který administruje správce národní domény CZ.NIC (CZ.NIC), místo na internetu, kde můžeme s ostatními lidmi sdílet informace, fotografie, videa či své pocity. Díky těmto sítím se lidé mohou něčemu přiučit, mohou si navzájem pomoci, mohou se vyslechnout nebo se také seznámit. Jedná se o virtuální prostor, kde spolu komunikují dva nebo více uživatelů internetu. Každá sociální síť požaduje před použitím založení takzvaného profilu. Jedná se o registraci na určité internetové stránce, na námi vybrané sociální síti. První sociální síť se objevila již v roce 1997. Jednalo se o projekt Sixdegrees.com, který tehdy nabízel možnost vytvořit si profil a propojit se s přáteli. Služba sice svůj provoz ukončila v roce 2001, ale právě funkce tohoto projektu definovaly základ, který mají sociální sítě dodnes společný. Dle odhadů existuje zhruba 200 sociálních sítí, které využívá až 46 % celosvětové populace.

3.4.2 Dělení sociálních sítí

Můžeme je dělit na sítě pro zábavu, popřípadě osobní sítě a potom na profesní nebo firemní sítě. Už z názvu se dá odvodit k čemu budou sloužit. V dnešní době se sociální sítě

mezi sebou předhánějí o nejlepší prostředí, že i na osobních sítích jsou i firemní profily. Takže například člověk prezentuje příspěvky z osobního života a poté na tom samém profilu prezentuje svůj podnik nebo svoje služby.

Dělit se dají také podle toho, jakou mají jednotlivé sítě strukturu, na sítě pro networking, kde primární účel je interakce uživatelských účtů to znamená komunikace s určitým člověkem nebo skupinou a jejich vzájemné propojování. Jako nejznámější síť určitě můžeme zmínit Facebook.

V dnešní době se asi největší oblíbenosti těší obsahově založené sítě. Z názvu je patrné, že primárně budou založené na sdílení obsahu, tedy fotografií a videí. Instagram, YouTube a TikTok kralují této kategorii v počtu uživatelů.

Poslední skupina je tvořena blogy nebo lépe diskusními fóry, které jsou orientované na komunitu lidí, kteří mají stejnou zálibu. Čtenáři mohli zaznamenat velké pozdvižení v roce 2020 kdy se na Redditu, což je asi nejznámější platforma, začala zaměřovat skupina lidí na akcie americké společnosti GameStop. Lidé z této skupiny se rozrostli tak rychle a začali akcie společnosti kupovat v takovém množství až nakonec donutili velké investiční fondy, aby své pozice uzavřely s obrovskou ztrátou.

3.4.3 Reklama

Kvůli tomu, že sociální sítě používá většina populace, je prezentování dostupné všem uživatelům. Je tedy logické, že většina podniků má své profily na sociálních sítích, kde sdílí příspěvky o novinkách nebo různých akcích. Každá sociální síť má vlastní algoritmus, podle kterého doporučuje uživateli jednotlivé příspěvky. (Facebook, 2024)

Na sociální síti Instagram (Instagram, 2024) jsou zobrazení, lajky a komentáře důležitými ukazateli interakce uživatelů s obsahem, ale jako hlavní ukazatel úspěšnosti je vnímán spíše počet sledujících. Jak už je z názvu patrné, je to počet uživatelů, sledující konkrétní profil. Ukazatel úspěšnosti se bere proto, že čím vyšší je počet sledujících, tím větší je potenciál dosáhnout širšího publika.

Zobrazení jsou jednoduché číslo, které ukazuje, kolikrát byl určitý příspěvek zobrazen. To zahrnuje jak zobrazení v zpravodajském kanálu, tak i v případě, že uživatel přejde na konkrétní profil a prohlíží si jednotlivé příspěvky.

Lajky jsou způsob, jak vyjádřit souhlas nebo potěšení z obsahu příspěvku. Uživatelé mohou kliknout na srdíčko pod fotografií nebo videem, což znamená, že se jim obsah líbí.

Lajky jsou důležitým prvkem interakce a mohou sloužit jako ukazatel popularity nebo zajímavosti obsahu.

Komentáře umožňují uživatelům vyjádřit své názory, reakce nebo dotazy k obsahu. Uživatelé mohou psát komentáře přímo pod příspěvkem a komunikovat tak s autorem nebo s ostatními uživateli. Komentáře jsou důležitým způsobem interakce a umožňují vytvoření diskusí a komunitního prostředí kolem určitého obsahu.

Zobrazení, lajky, komentáře a počet sledujících jsou klíčové metriky, které poskytují informace o tom, jak dobře je obsah na Instagramu přijímán a jak velký dosah má mezi uživateli. Proto je sledování důležité pro tvůrce obsahu a firmy, které využívají k propagaci svých produktů a služeb reklamu právě na Instagramu.

Příspěvky od autorů se v první řadě zobrazují sledujícím daného profilu. Na to, jestli se příspěvek zobrazí i nesledujícímu uživateli mají vliv nejen výše zmíněné metriky jako zobrazení, lajky, komentáře, ale taky na tom, jaké příspěvky si nesledující uživatel nejčastěji prohlíží. Propagovat svoje služby na Instagramu se může i bezplatně, kde se nejvíce projeví právě to, jak je autor oblíbený. Jestli se zrovna trefí svými příspěvky do nálady uživatelů a budou na příspěvky reagovat.

Jako nejvíce zobrazované typy příspěvků v dnešní době můžeme považovat Reels a Stories. Reels mají formát krátkého videa, které plynule přejde do dalšího. To znamená, že uživatel může sledovat pořad na něco nového, aniž by musel něco hledat. Stories můžou být krátká videa anebo fotky, které jsou vidět hned na první stránce Instagramu. Jako první se zobrazují Stories od sledovaných profilů.

Naopak při investování do profilu, se příspěvky zobrazují primárně uživatelům podle určitého filtru. Například lidem ve věku 18-45, v oblasti Praha 8. Placená propagace pomáhá zvětšit dosah na uživatele, kterým by se jinak příspěvek nezobrazil. (Socials, 2024) To lze vidět nejvíce v Reels nebo ve Stories, kdy se uživateli zobrazí příspěvek od autora, kterého nesleduje, ale splňuje filtr nastavený od autora propagovaného příspěvku. Investovat se může do propagace jednotlivých Reels, Stories, klasických příspěvků na profilu. Cena se pohybuje od nižších desítek korun až po tisíce korun za den. I zde funguje čím víc platím, tím více lidem se příspěvky zobrazí. (Instagram, 2024)

Do toho, jestli bude reklama úspěšná vstupuje několik dalších faktorů, které ale nejsou tak snadno měřitelné nebo zjistitelné. Jsou to například použité typy příspěvků kratší videa můžou být doporučovanější než delší nebo fotky s jedním hashtagem (klíčovým slovem) budou méně prohlížené jako fotky s více hashtagy.

3.5 Modelace vlivů a Powellova optimalizace

V případě, kdy nelze s přesností určit některé proměnné, lze podle Stermana (Sterman, 2000) použít jednotlivé vlivy proměnných. Příklad použití vlivu je, že při průměrné teplotě 15 °C si chodí průměrně zaplavat 100 lidí, když se teplota zvýší nad průměr, zvýší se tím i počet lidí, kteří si půjdou zaplavat. Naopak při teplotě nižší než průměr se počet lidí, kteří se jdou zaplavat sníží. Vlivy jsou modelovány jako podíl modelované hodnoty a průměrné hodnoty umocněné na exponent. Exponent vyjadřuje sílu, respektive pružnost vlivu. Při hodnotě exponentu 1 to znamená že, změní-li se proměnná X působící na Y o 1 %, změní se o 1 % i proměnná Y, na kterou působí právě X.

$$\left(\frac{\text{Modelový počet lajků}}{\text{Průměrný počet lajků}}\right)^{\text{exponent vlivu lajků na počet sledujících}} \quad (3)$$

Rovnice 3 Rovnice vlivu; zdroj vlastní práce

Hlavním cílem Powellovy optimalizace je najít optimální řešení, které minimalizuje ztráty a zlepšuje výkonnost. Metoda se často používá v různých odvětvích, včetně výroby, logistiky, marketingu a řízení projektů. Powellova optimalizace nalezne optimální řadu parametrů, která minimalizuje chybu vhodnosti modelu vzhledem k reálným datům. (Wakeland & Homer, 2022)

4 Vlastní práce

4.1 Rychlé občerstvení na Palmovce

Model je tvořen z problému jednoho rychlého občerstvení v části Prahy Libeň – na Palmovce. Libeň je tradiční pražskou čtvrtí, která z větší části leží v městském obvodu Praha 8. První písemná zmínka o ní byla v roce 1363 a teprve v roce 1901 se Libeň připojila k Praze.

Náš podnik je jen pár let starý, jenže dlouhodobě nemá žádného stálého provozovatele. Různá občerstvení se zde střídala jako na „běžícím páse“. Jednu dobu zde byla velká poptávka, kvůli zastávce tramvaje, která byla přímo před vchodem. Potom co se zastávka přestěhovala o 50 metrů dále, jako by občerstvení přestalo existovat. Nebylo dostatečně výrazné, proto museli majitelé vchod zviditelnit a přidali různé barevné cedule.

Vnitřní prostory podniku byly malé, maximální kapacita byla přibližně 15 lidí. Většina lidí využívala spíš objednávky s sebou. K tomu využívali služby od Dáme Jídlo, dnes už foodora, a Wolt. Jsou to služby zákazníkům, kteří nechtějí nebo nemají možnost si jídlo sami vyzvednout. Kurýři z těchto společností vyzvednou jídlo v restauraci a přivezou ho až přímo k zákazníkovi. Dopravu platí většinou zákazník, ale využití sítě kurýrů si zaplatí i samotná restaurace, ta platí společně 20-30 % z ceny objednávky.

Jak už jsem zmínil, podnik měl různé majitele, a tudíž i různá občerstvení. Data, která v modelu používám jsou z doby kdy podnik fungoval hlavně jako pizzerie. A provozoval to člověk, který se účastnil reality show na televizi Nova Fun. Jednu dobu byla jedním z nejvíce sledovaných pořadů. I díky tomu měl větší popularitu na sociálních sítích než obyčejná pizzerie a dávalo mu smysl propagovat to právě skrz svůj profil.

4.2 Popis problému a cíle

Výše bylo nastíněno, s čím se sledovaný podnik potýká. Hlavním problémem určitě byly nárazové vlny zákazníků. Abych to přiblížil, tak šlo o to, že provozní nedokázal odhadnout kolik lidí do jeho občerstvení přijde. Takže nevěděl, kolik surovin bude muset nakoupit a připravit, aby dokázal uspokojit poptávku. Protože jeden týden měl co dělat, aby zvládl nižší stovky objednávek a další týden se naopak nudil při pouhých desítkách objednávek.

Rozhodl se proto využít svoje účinkování v televizi a začal na tom stavět svůj marketing na sociálních sítích. Reklama spočívala v najmutí specialisty, natočení několika reklamních spotů a zaplacení platformě Instagram program na větší zobrazování příspěvků uživatelům v okolí podniku. K tomu ještě přidával sám ve volném čase na profil různé neplacené příspěvky s informacemi o nejnovějších nabídkách a akcích.

Cíl této reklamy byl tedy prostý. Zvýšit povědomí u lidí v okolí Palmovky o jeho rychlém občerstvení s vynikající pizzou a speciálními nabídkami tak, aby měl stále dostatek objednávek, aby se mu vyplatilo najmout si pomocnou sílu a mohl dále rozvíjet podnik. Jelikož k přesnému vyhodnocení účinnosti reklamy je potřeba delší časová řada a více známých proměnných, a my máme možnost sledovat jen data v tabulce **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, jimiž jsou *Příjmy*, *Výdaje*, *Počty sledujících*, *Počty příspěvků*, *Počty lajků* a *Počty komentářů*, je cílem vytvořit model, který by dokázal určit trend, kterým se budou vyvíjet hodnoty jednotlivých proměnných. .

4.3 Vstupní data

Jelikož byla reklama směřovaná na sociální síť, zaměřil jsem se hlavně na sbírání dat o počtech sledujících (osoby), komentářů (kusů), „lajků“ (kusů) a příspěvků (kusů) za jednotlivé měsíce. Data o počtu zobrazení, což je určitě také důležitý ukazatel jsem nedokázal získat kvůli nedokonalosti nástroje na sledování interakcí uživatelů na sociální síti Instagram a kvůli tomu, že je provozní jinak nesledoval. Aby bylo možné nějak dokázat účinnost reklamy, použil jsem příjmy (kč) a výdaje (kč) za jednotlivé měsíce. Všechna data jsem získal s pomocí provozního sledovaného občerstvení, umožnil mi tedy získat data jak z profilu na Instagramu, tak údaje přímo z jejich kasy o příjmech a výdajích. Přesná čísla z období leden–květen 2023 jsou v tabulce Tabulka 1.

Sledovaná data	Příjmy	Výdaje	Počty sledujících	Počty příspěvků	Počty lajků	Počty komentářů
Leden	49751	55461	1311	13	1351	64
Únor	52342	48007	2124	5	831	24
Březen	68886	53118	2571	8	2401	51
Duben	78944	56969	3526	4	1893	32
Květen	57513	47074	3719	3	913	18

Tabulka 1 Naměřená data; zdroj: vlastní práce

V tabulce 2 lze vidět proměnné modelu, se kterými se porovnávají reálná data. Tyto hodnoty jsou kalibrovány Powellovou optimalizací, aby co nejlépe odpovídali reálným hodnotám.

Sledovaná data model	Příjmy model	Výdaje model	Počty sledujících model	Počty příspěvků model	Počty lajků model	Počty komentářů model
Leden	45919,90	49207,7	1311	6,1703	1299,24	36,2505
Únor	50915,50	41242,4	1720,62	5,0198	875,523	31,8855
Březen	66981,20	56269,5	3102,13	7,217	1753,36	39,9603
Duben	77364,90	68067,6	4260,86	9,02	2683,22	45,8871
Květen	71005,20	47809,3	4410,94	5,96588	1218,16	35,499

Tabulka 2 Modelová data po kalibraci; zdroj: vlastní práce

4.4 Příčinně smyčkový diagram

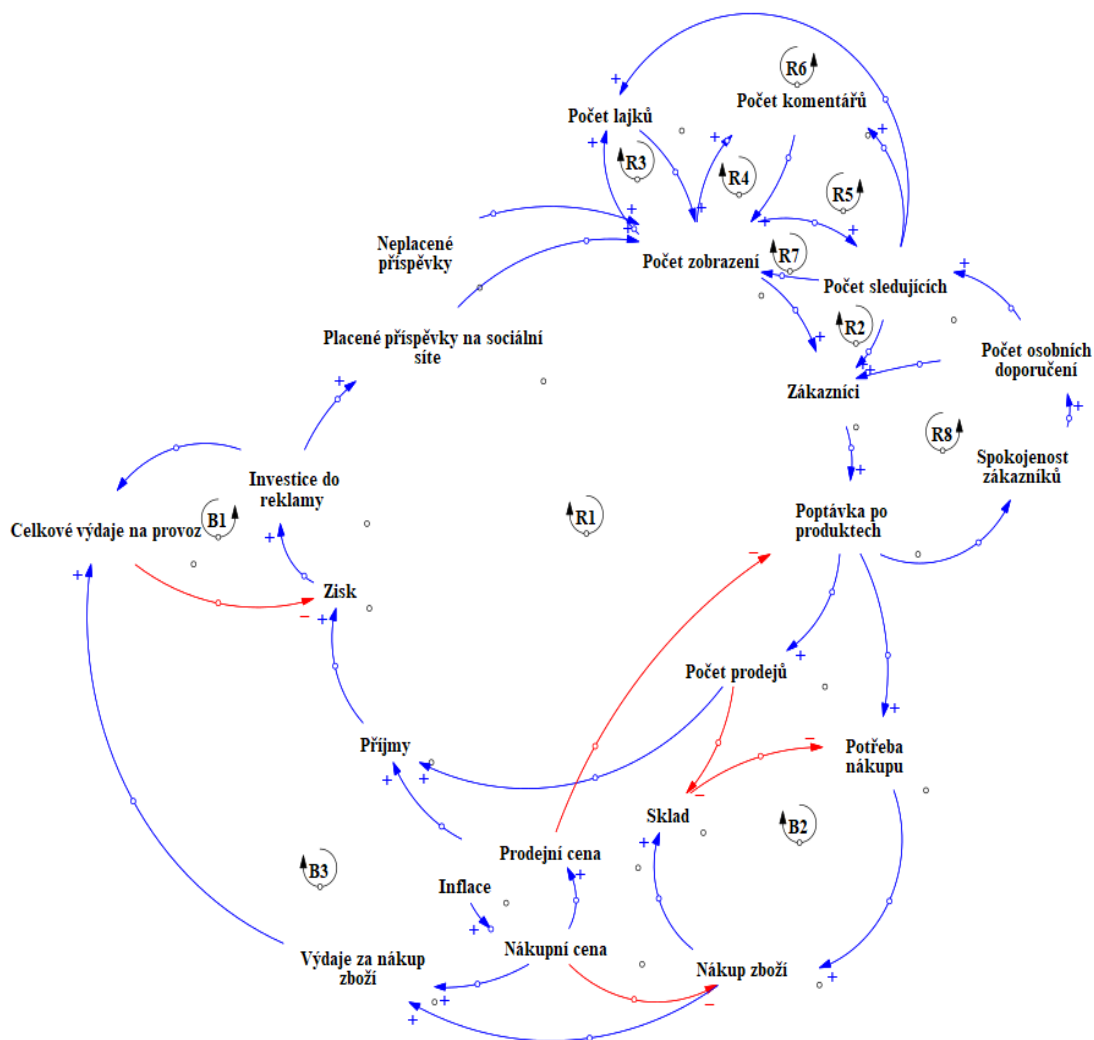
Jak už je zmíněno v teoretické části, příčinně smyčkový diagram neboli CLD je důležitý krok v tvorbě modelů systémové dynamiky. Dívá se na problém komplexně a pomáhá nám pochopit celkovou strukturu modelovaného problému.

Obrázek 16 zobrazuje CLD, které je vytvořené v programu Vensim PLE. Představuje velmi zjednodušený model vlivu reklamy na počty sledujících, zobrazení, lajků, komentářů. V příčinně smyčkovém diagramu jsou zakomponovány pouze základní ekonomické procesy podniku s rychlým oběrem, jako jsou příjmy, výdaje, prodeje výrobku a nákupy zboží. Do finálního diagramu stavů a toků, ve kterém poté provádíme simulace, nebyly modelovány všechny proměnné, protože se zaměřujeme pouze na část modelu, týkající se počtu sledujících, jejich interakcí a poté jednoduchou ekonomiku podniku.

4.4.1 Posilující smyčky

R1 – Základ modelu tvoří tato smyčka, která vyjadřuje investice a plynoucí příjmy z nich. Pokud zvýšíme investice do placených příspěvků na sociálních sítích (*Placené příspěvky na sociální sítě*), měl by se tím zvýšit *Počet zobrazení*. Dá se předpokládat, že čím více lidí uvidí příspěvky, tím více lidem se budou líbit naše produkty a stanou se *Zákazníky*, díky tomu se zvýší *Poptávka po produktech* a tím víc bude *Prodejů*. Zvýšené počty prodejů by měly zvýšit *Příjmy*, které pak zvýší *Zisk*. A poté můžeme zvýšit *Investice* do příspěvků.

R2 – Tato sebeposilující smyčka doplňuje první smyčku a říká, že čím více lidí si zobrazí příspěvky na sociálních sítích (*Počet zobrazení*), tím více se jich může stát sledujícími (*Počet sledujících*) a poté *Zákazníci*.



Obrázek 16 CLD modelu s nejvýznamnějšími smyčkami; zdroj: vlastní práce

R3 – Úplně základní sebeposilující smyčka. Čím více lidí uvidí příspěvek (*Počet zobrazení*), dá se předpokládat, že tím více lidem se bude líbit a dají mu „lajk“ (*Počet lajků*) a zase čím víc lidí dá „lajk“ tím populárnější příspěvek bude a zobrazí se více lidem.

R4 – Opět stejný případ jako smyčka R3 zvětšující se zobrazení příspěvku (*Počet zobrazení*), by mělo zvýšit *Počet komentářů* a díky tomu příspěvek uvidí více lidí.

R5 – Smyčka říkájící že vyšší *Počet sledujících* by měl zvyšovat *Počty komentářů* a zvyšující se počty komentářů předpokládáme, že zvyšuje počet zobrazení

R6 – Podobná zpětnovazební smyčka zvyšující *Počet zobrazení* má zvyšovat *Počet sledujících*, ten zvyšuje počet „lajků“, které potom zvyšují *Počet zobrazení*.

R7 – Zvyšující se *Počty sledujících* mají zvýši *Počty zobrazení* a ty opět zvýši počty sledujících.

R8 – Zde předpokládáme, že nám *Počet sledujících* zvyšuje počty *Zákazníků*. Ty poptávají více produktů (*Poptávka po produktech*) tím pádem můžeme mít více spokojených zákazníků (*Spokojenost zákazníků*), kteří budou doporučovat sociální síť (*Počet osobních doporučení*) anebo přímo návštěvu restaurace svým známým.

4.4.2 Vyvažující smyčky

B1 – První z vyvažujících smyček nám redukuje *Zisk* kvůli celkovým provozním výdajům (*Celkové výdaje na provoz*) a *Investicím do reklamy* na sociálních sítích. Celkové provozní výdaje jsou součtem výdajů za jednotlivé suroviny (*Výdaje za nákup zboží*), platby za energie a další služby nezbytné pro chod restaurace. V modelu nejsou detailně rozebírány, protože nejsou důležité pro zkoumanou část modelu.

B2 – Předpokládáme, že další smyčka drží v rovnováze zásoby ve *Skladu* a nákupy dalších surovin. Je v modelu zmíněna kvůli celkovému pochopení systému a má za úkol starat se o to, aby na skladu bylo jen takové množství surovin, které je možné zpracovat a prodat bez zbytečného vyhazování zkažených potravin.

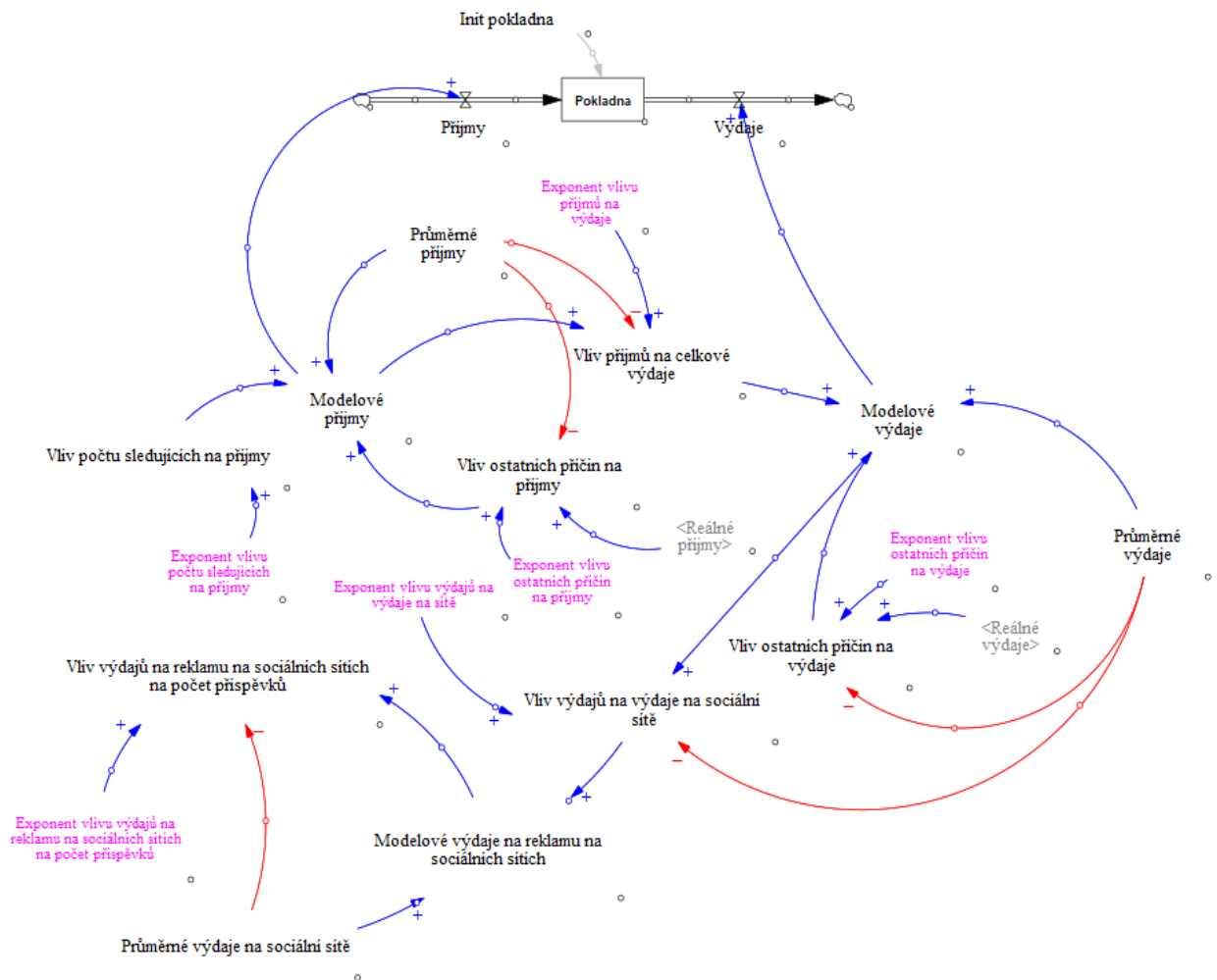
B3 – Poslední z vyvažujících smyček je složená z nejvíce prvků. Hlavní proměnnou tvoří *Celkové výdaje na provoz*, které snižují *Zisk* a čím menší je *Zisk*, tím menší poté bude *Investice do reklamy*, respektive méně *Placených příspěvků na sociálních sítích*. Čím méně peněz bude možné investovat do reklamy, tím méně lidem se naše příspěvky zobrazí (*Počet zobrazení*) a oslovíme tedy méně potenciální *Zákazníků*. To sníží *Poptávku po produktech* tím pádem i samotnou potřebu nakupovat další suroviny (*Potřeba nákupu*). Když se bude utrácet méně peněz za suroviny, budou výdaje za *Nákup zboží* menší a díky tomu se sníží i *Celkové výdaje na provoz*.

4.5 Diagram stavů a toků

Podle struktury příčinně smyčkového diagramu, se ustanovily stavové, tokové a zbylé proměnné z modelované oblasti vlivů reklamy, v sestaveném diagramu stavů a toků (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**), ve kterém se prováděli prvotní simulace. Pro ostatní části nebylo možné získat data, a proto nejsou modelovány. Kvůli krátké časové řadě získaných dat ze sledovaného podniku rychlého občerstvení na Palmovce je jen 5 časových kroků. Pizzerie totiž reklamu na sociálních sítích držela jen 5 měsíců. Jelikož nebyly známy

Proměnná ovlivňující tokové proměnné je *Rozdíl*, což je rozdíl pomocné proměnné *CALK Počet sledujících* a stavové proměnné *Modelový počet sledujících* a podle toho, jestli je rozdíl kladný nebo záporný se přičítají, respektive odečítají sledující od stavové proměnné. Proměnná *CALK Počet sledujících* je takový agregátor všech vlivů této části modelu a určuje právě modelovaný počet sledujících. Předpokládáme, že vlivy, které se zde kumulují, začínají od *Modelového počtu příspěvků*, mají vliv na počet komentářů, na počet lajků a na počet sledujících. Poté předpokládáme, že počty komentářů a lajků by měly mít vliv na počty sledujících.

4.5.2 Pokladna

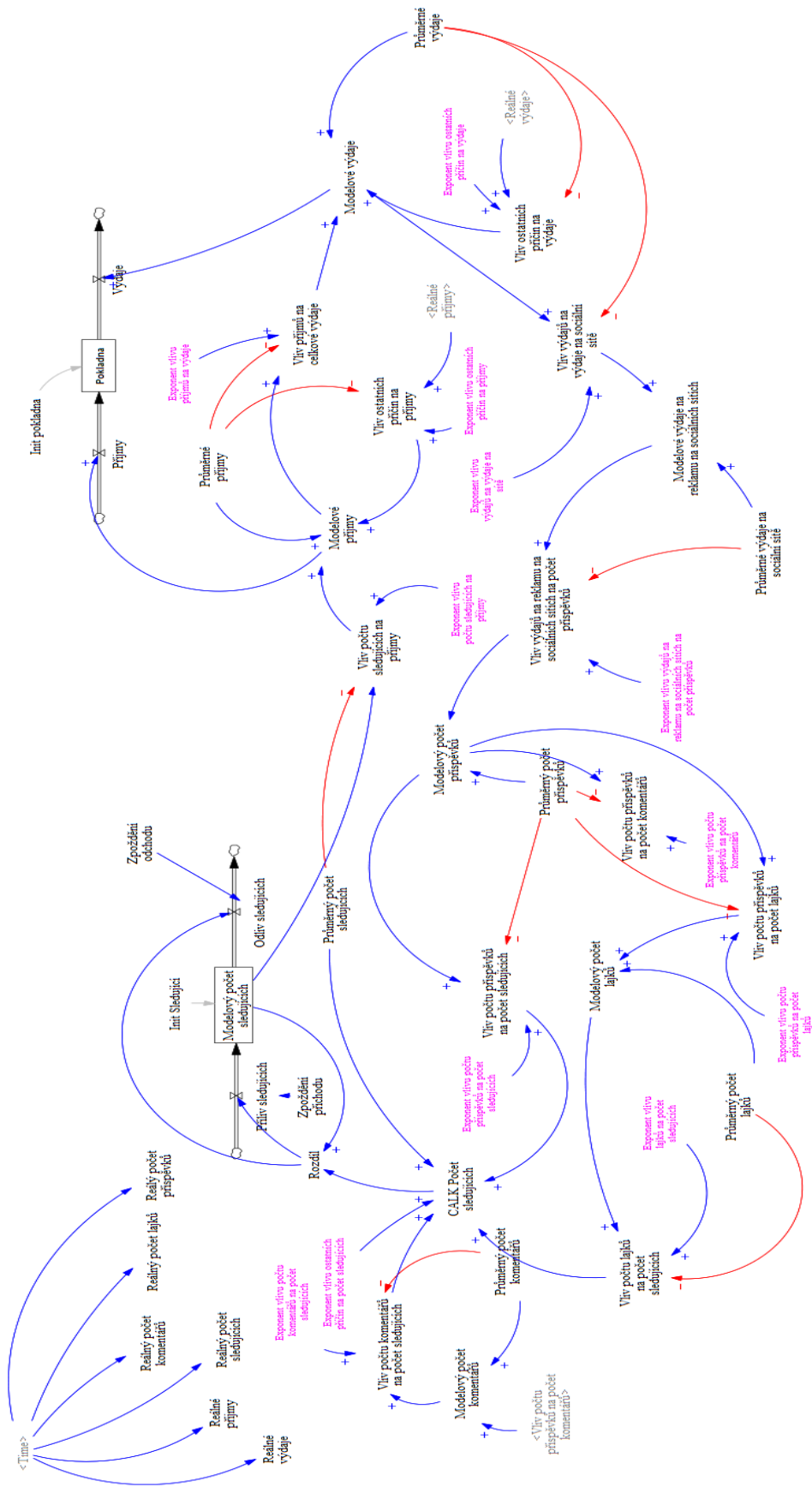


Obrázek 18 Druhá část modelu; zdroj: vlastní práce

Další část modelu je ekonomická část (Obrázek 18), tedy příjmy a výdaje. Na proměnnou *Modelované příjmy* působí dva vlivy, *Vliv počtu sledujících na příjmy* a *Vliv ostatních příčin na příjmy*. Podle nich se počítá právě modelovaný příjem tokové proměnné. Toková proměnná *Výdaje* dostává hodnoty z *Modelovaných výdajů*, na kterou působí *Vliv příjmů na celkové výdaje* a *Vliv ostatních příčin na celkové výdaje*. Zde se předpokládá, že čím větší budou příjmy, tím budou větší výdaje. A poté se dostáváme k proměnné *Modelované výdaje na reklamu na sociálních sítích*, na kterou předpokládáme, že by měl působit *Vliv výdajů na výdaje na reklamu na sociální síť*. Tyto proměnné se pak promítnou v *Modelovaném počtu příspěvků* z předchozí části.

Obrázek (Obrázek 19) zobrazuje celou strukturu modelu, se kterým pracujeme. Oproti již popisovaným částem jsou zde přidány reálně naměřené hodnoty proměnných. Jsou zde kvůli tomu, aby bylo možné v grafech zobrazovat vedle sebe modelované, a právě ty reálné.

Je zde vidět i propojení již zmíněné ekonomické části modelu a části modelu, která se zaměřuje na monitorování počtu sledujících a jejich interakcí. Konkrétně se propojuje proměnná *Vliv výdajů na výdaje na reklamu na sociální síť* s proměnnou *Modelový počet příspěvků*.



Obrázek 19 Kompletní diagram stavů a toků; zdroj vlastní práce

4.6 Testování modelu

Při samotném testování bylo potřeba ověřit logičnost správnosti konstrukce modelu pomocí provozního pizzerie a poté ošetřit exponenty vlivů, protože nejsou známé, a přitom jsou to stěžejní proměnné celého modelu. Jejich význam dělá totiž síla vlivu, respektive pružnost čili elasticita daných proměnných. Při prvním testování byla použita hodnota 0,5 pro všechny exponenty, což znamená že, pokud se proměnná změní o 1 % změní se její vliv na další proměnnou o 0,5 %. A pro zpoždění byla nastavena hodnota 1, tedy změna proměnné se projeví se zpožděním jednoho časového kroku, protože zpoždění nesmí být menší než časový krok simulace.

Aby se model zpřesnil, byla použita Powellova optimalizace, protože ručně kalibrovat 12 exponentů a vyzkoušet všechny různé kombinace není reálné. Wakeland (Wakeland & Homer, 2022) uvádí, že Powellova optimalizace se používá k hledání optimální sady parametrů, která minimalizuje chybu modelu v porovnání s historickými daty nebo v tomto případě reálnými daty časových řad, které jsem zaznamenal. Tato optimalizace slouží k optimalizaci parametrů v simulačních modelech nebo jiných matematických modelech s cílem dosáhnout co nejpřesnějších výsledků. Obrázek 20 zobrazuje průběh proměnných v modelu s exponenty na hodnotě 0,5. Hlavní sledovaná proměnná *Počet sledujících* se dostala na hodnotu 2004, velký rozdíl oproti reálné hodnotě 3719.

Pro zlepšení přesnosti modelu, a tedy pro přiblížení se k reálným číslům byla použita míra chybovosti MAPE „Mean Absolute Percentage Error“. Vyjadřuje průměrné procento rozdílu mezi skutečnými a predikovanými hodnotami.

Vzorec pro MAPE:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| * 100 \quad (4)$$

Rovnice 4 Mean Absolute Percentage Error; zdroj: vlastní práce

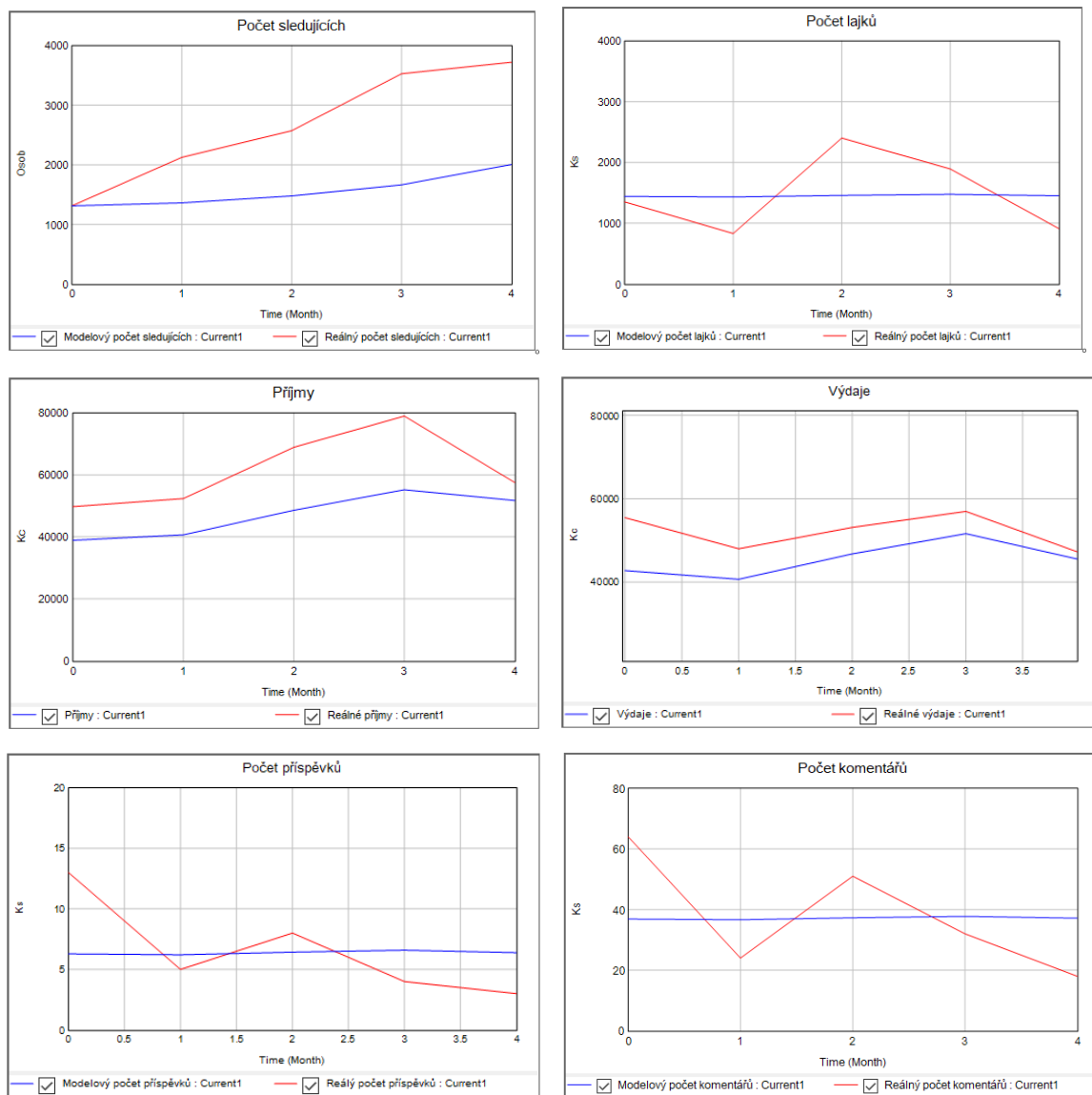
Kde:

A_t je skutečná hodnota v čase t

F_t je predikovaná hodnota v čase t

n je celkový počet pozorování

V níže uvedené tabulce (Tabulka 3) je vidět, že přesnost modelovaných proměnných s exponenty nastavenými na 0,5 je velmi nepřesná. Jediná vcelku přijatelná je proměnná *Výdaje*, která pro náš model není až tak důležitá.



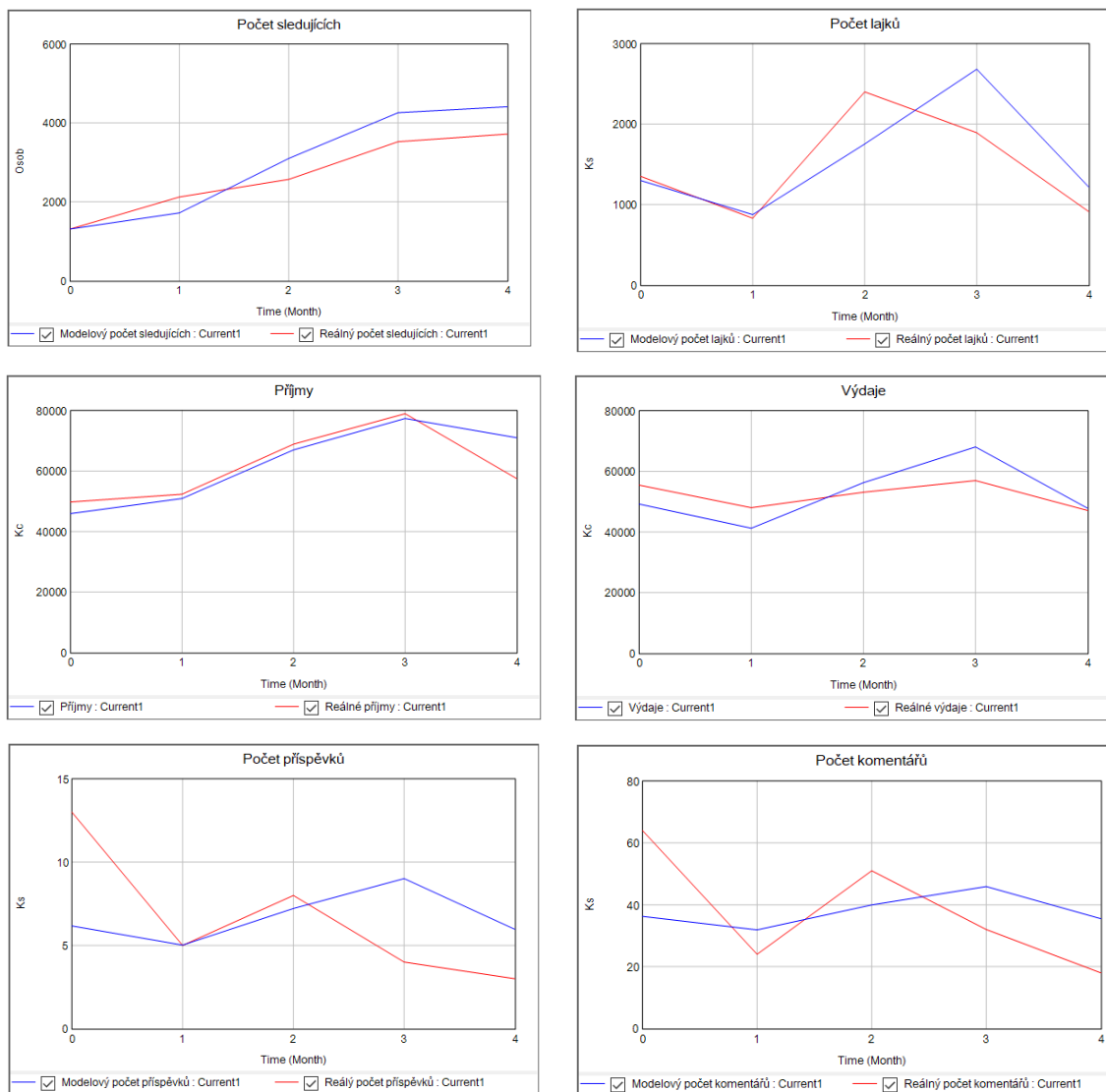
Obrázek 20 Grafy proměnných při exponentu 0,5; zdroj: vlastní práce

Modelovaná a reálná proměnná	Počet sledujících	Počet příspěvků	Počet lajků	Počet komentářů	Příjmy	Výdaje
MAPE	35,49 %	54,52 %	39,91 %	49,27 %	22,76 %	12,6 %

Tabulka 3 Přesnost MAPE pro exponent 0,5; zdroj: vlastní práce

Upravené hodnoty exponentů Powellovou optimalizací (Tabulka 5) dokázaly model zpřesnit a výsledky už více odpovídaly realitě u proměnných, které v našem modelu byly

nejdůležitější. Proměnná *Počet sledujících* se zlepšila na hodnotu 4410 oproti 5086 v předchozím testování. Viz Obrázek 21



Obrázek 21 Grafy proměnných po kalibraci; zdroj: vlastní práce

Proměnné *Počet lajků*, *Počet sledujících*, *Příjmy* a *Výdaje* jsou považovány za přijatelně přesné, a naopak u proměnné *Počet komentářů* a *Počet příspěvků* je přesnost nedostačující. V tabulce níže jsou přesně zapsané hodnoty MAPE a je vidět, že se model oproti předchozímu testování zpřesnil, ale pořád v něm figurují faktory, které nejsme schopni určit. To je pravděpodobně z důvodu krátké časové řady a vlivu ostatních příčin.

Modelovaná a reálná proměnná	Počet sledujících	Počet příspěvků	Počet lajků	Počet komentářů	Příjmy	Výdaje
MAPE	15,82 %	57,39 %	22,27 %	47,70 %	7,73 %	10,47 %

Tabulka 4 MAPE pro kalibrované exponenty; zdroj: vlastní práce

5 Výsledky a diskuse

V tabulce (Tabulka 5) jsou zaznamenány jednotlivé exponenty po optimalizaci, jejich popis a hodnoty. Celkově bylo provedeno 3119 simulací, než se dosáhlo optimálních hodnot, díky kterým se staly důležité proměnné přesnějšími a jejich průběh se více přiblížil k reálným hodnotám.

Tabulka exponentů		
Název	Hodnota	Popis
Exponent vlivu lajků na počet sledujících	0,429261	Síla vlivu lajků působící na počet sledujících
Exponent vlivu ostatních příčin na příjem	0,306095	Síla vlivu ostatních příčin působící na příjem
Exponent vlivu ostatních příčin na počet sledujících	0,470972	Síla vlivu ostatních příčin působící na počet sledujících
Exponent vlivu ostatních příčin na výdaje	1,60926	Síla vlivu ostatních příčin působící na výdaje
Exponent vlivu počtu komentářů na počet sledujících	4,22092	Síla vlivu komentářů působící na sledujících
Exponent vlivu počtu příspěvků na počet komentářů	0,621736	Síla vlivu příspěvků působící na komentáře
Exponent vlivu počtu příspěvků na počet lajků	1,91278	Síla vlivu příspěvků působící na lajky
Exponent vlivu počtu příspěvků na počet sledujících	1,44912	Síla vlivu příspěvků působící na sledující
Exponent vlivu počtu sledujících na příjmy	0,322655	Síla vlivu sledujících působící na příjmy
Exponent vlivu příjmů na výdaje	0,539225	Síla vlivu příjmů působící na výdaje
Exponent vlivu výdajů na reklamu na sociálních sítích na počet příspěvků	0,811782	Síla vlivu výdajů působící na reklamu
Exponent vlivu výdajů na výdaje na reklamu na sociálních sítích	1,43955	Síla vlivu výdajů na reklamu působící na příspěvky
Zpoždění odchodu	1,00878	Délka času odchodu sledujících
Zpoždění příchodu	9,874	Délka času příchodu sledujících
Počet provedených simulací	3119	Celkový počet provedených simulací dosahující optimální hodnoty

Tabulka 5 Hodnoty exponentů; zdroj: vlastní práce

Z tabulky je patrné, že nejsilnější vliv byl Powellovou optimalizací přisouzen počtu komentářů na počet sledujících. Pružnost 4,2 znamená, že při změně počtu komentářů o jedno procento, se změní počet sledujících o 4,2 %. Druhý nejsilnější vliv byl zjištěn u exponentu vlivu počtu příspěvků na počet lajků. Elasticita zde je 1,9. U obou vlivů dává smysl jejich vyšší hodnota vzhledem k fungování sociální sítě v praxi. Tedy platí, že větší počet příspěvků vyústí ve větší počet komentářů, protože je velká pravděpodobnost, že u

více příspěvků napíše komentář jeden a ten samý uživatel. A komentáře mají největší vliv z toho důvodu, že díky většímu počtu komentářů u příspěvku se poté samotný příspěvek zobrazí více lidem. Algoritmus na sociální síti doporučuje právě příspěvky s větším počtem komentářů.

Naopak jeden z nejmenších vlivů je přiřazen k vlivu počtu sledujících na příjmy. To je s největší pravděpodobností z důvodu nedostatečných dat. Nejde jednoznačně říct kolik sledujících se stalo zákazníky, a tedy vliv na příjmy mají faktory, které neumíme v modelu jednoznačně určit. Právě zde jsou vidět slabiny modelu.

Model se soustředí na počty sledujících, protože je to hlavní ukazatel úspěšnosti profilu na sociálních sítích. Při testování MAPE, bylo vidět, že proměnná modelový počet sledujících, je vcelku přesná, tedy přibližuje se hodnotami k reálným hodnotám.

Naopak zásadní slabina modelu je určitě ve vlivu výdajů na sociální síť a počty příspěvků. Pravděpodobně zde vstupuje do modelu vliv ostatních příčin, které nejsme schopni určit.

Simulovaný model je spíše teoretický a má své slabiny, aby se dal plně použít v praxi, je potřeba aby pozorovaný podnik držel marketingovou strategii delší dobu než jen 5 měsíců. Slabina modelu je také v tom, že stále existují vlivy, které nebylo možné určit. Vlivy, které poptávku po občerstvení zvedají nebo snižují jako například roční období, společenské akce v okolí. Model se dívá na problém jen z jednoho úhlu pohledu – vlivy proměnných. A vlivy byly použity, protože se snažíme podchytit strašně měkký problém, jako jsou socioekonomické interakce tvrdým přístupem systémové dynamiky, což je složité. Vytvořili jsme tedy velmi těžkou konstrukci modelu.

Určitě by mohl být model přesnější, kdyby byly zaznamenána důležitá data ze sociálních sítí, jako je počet zobrazení příspěvků, počet lidí, kteří si zobrazili příspěvek a poté přišli do restaurace. A období 12 měsíců a určení dalších vlivů by vylepšilo model na použití v praxi.

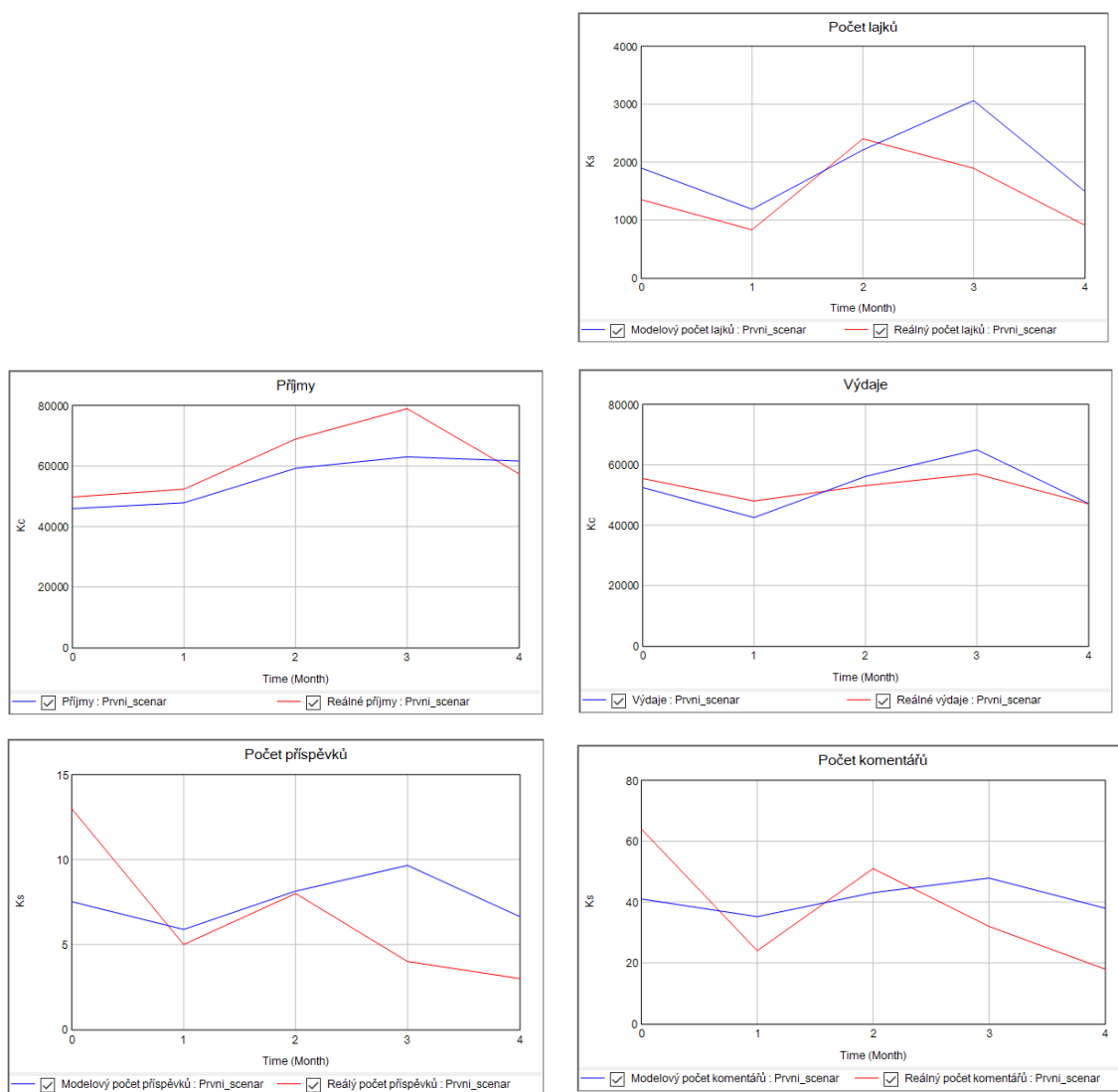
Jak už bylo zmíněno model je zaměřený na určité proměnné, u kterých dokáže vcelku přesně předpovědět průběh hodnot. Další přednost je určitě snadné simulování scénářů a zároveň možnost aplikovat na jiný podnik stejného charakteru.

5.1 Scénáře

Po kalibraci proměnných modelu se testovali scénáře, ve kterých bylo testováno, jak se změní hodnoty hlavní proměnné – *Počet sledujících* při změně výdajů. První scénář sníží výdaje o 10 % a druhý scénář naopak o 10 % výdaje na navýší.

5.1.1 První scénář – snížení výdajů na reklamu

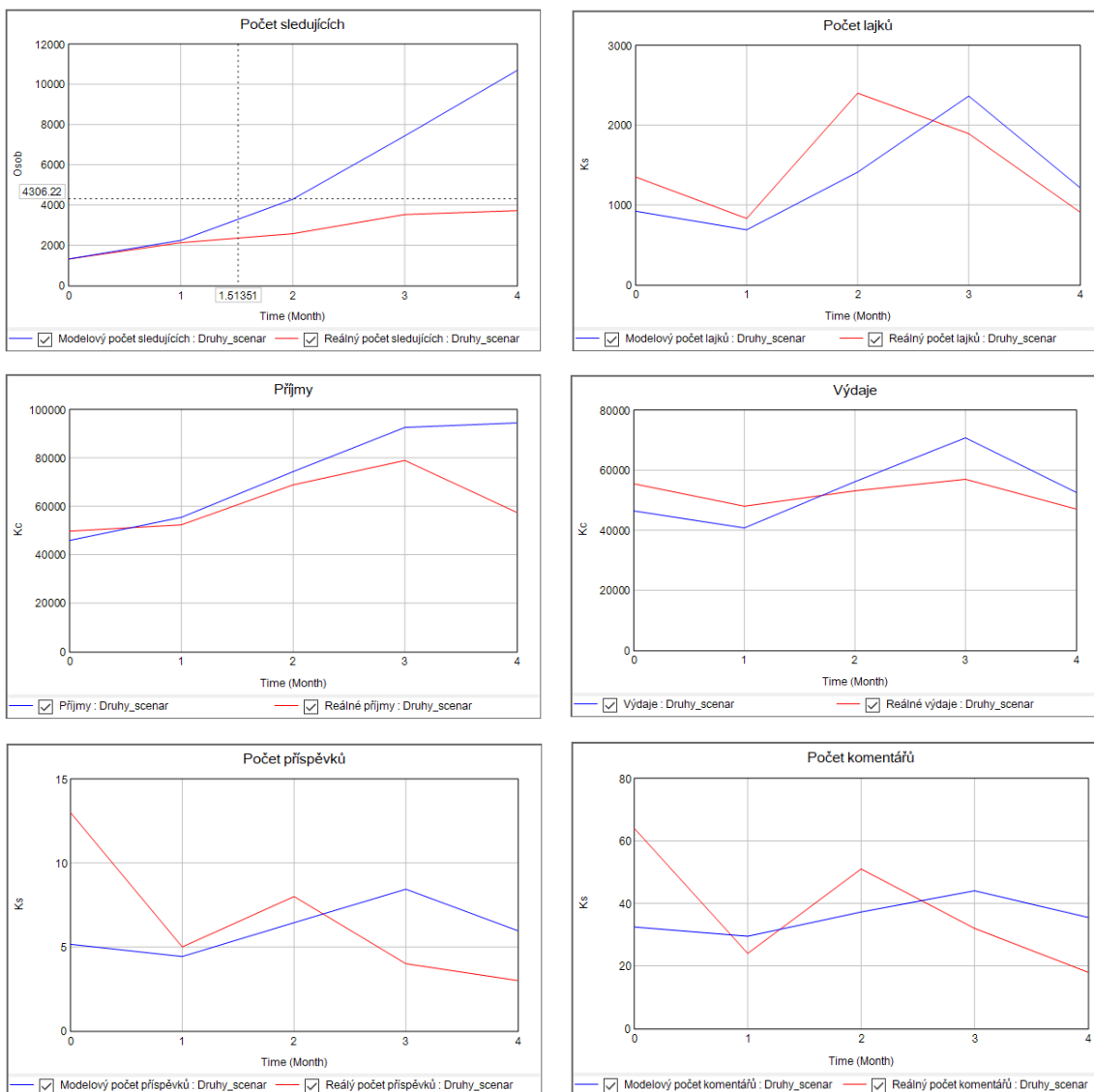
V případě prvního scénáře, tedy snížení výdajů o 10 %, se snížily *Modelové počty sledujících* na 2843. V případě proměnných *Příjmy* a *Výdaje* se hodnoty také snížily, jak jsme očekávali. U proměnných *Počet lajků*, *Počet komentářů* a *Počet příspěvků* se zobrazuje jedna ze slabín modelu. Při menším počtu sledujícím, očekáváme menší počty lajků, komentářů a příspěvků, hodnoty těchto proměnných jsou ale vyšší. Průběh hodnot je zaznamenán na obrázku (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**).



Obrázek 22 Průběh proměnných v 1. scénáři; zdroj: vlastní práce

5.1.2 Druhý scénář – zvýšení výdajů na reklamu

Druhý scénář, a tedy zvýšení výdajů o 10 %, ovlivnil proměnnou *Počet sledujících* a zvýšil hodnotu na 10685. Proměnné *Příjmy* a *Výdaje* zareagovali očekávaným způsobem a jejich hodnoty se zvýšily. Slabina, která byla vidět v prvním scénáři, se projevila i tady. U proměnných *Počet lajků*, *komentářů*, *příspěvků* se hodnoty snížily, i když jsme očekávali, že se naopak zvýší. Viz Obrázek 23



Obrázek 23 Průběh proměnných v 2. scénáři; zdroj: vlastní práce

6 Závěr

Bakalářská práce se zabývá využití systémové dynamiky pro simulaci vlivu účinnosti reklamy na sociálních sítích na prodej rychlého občerstvení v podniku na Palmovce. V teoretické části byla popisována systémová dynamika, její vznik a vývoj. V této části byly také vysvětleny základní pojmy systémové dynamiky. Představený zde byl také příčinně smyčkový diagram a diagram stavů a toků, tyto diagramy jsou potřebné ke správnému modelování a simulaci. V další kapitole jsou ukázány základní archetypy chování, jenž tvoří základ složitějších systémů. Poslední úsek teoretické části se věnuje popisu sociálních sítí, interakcím na nich a také fungování reklamy.

V praktické části autor popisuje sledovaný podnik. Představuje problém, na který se zaměřuje a jednotlivé cíle. V další kapitole je vysvětleno, jaká vstupní data byla použita a jak byla získána. Na základě těchto dat je sestaven příčinně smyčkový diagram sloužící k zobrazení komplexní struktury a ujasnění zpětných vazeb v modelu. Hlavní část práce tvoří diagram stavů a toků se zobrazením jednotlivých vlivů a modelovaných proměnných. Diagram byl tvořen v programu Vensim PLE, kde byla následně provedena první simulace a testování.

Při testování byla zjištěna velká nepřesnost modelu. Proto byla provedena Powellova optimalizace a hodnoty exponentů se upravily. Optimalizovaný model byl podroben testu střední absolutní procentní chyby odhadu (MAPE). Test potvrdil přijatelnou přesnost u proměnných, které byly pro model klíčové. Poté byly vytvořeny scénáře, které ovlivňovaly množství peněz jdoucích na reklamu na sociální sítě. První scénář snížení výdajů snížilo celkové počty sledujících a příjmy z tržeb. Druhý scénář naopak zvýšil výdaje a díky tomu se zvýšily počty sledujících, a tedy i celkové příjmy.

7 Seznam použitých zdrojů

Boulding, K. E. 1956. "General Systems Theory – The Skeleton of Science. Management Science." Management Science 2, no. 3: 197-208 [Online] ISSN 15265501 (PDF) [cit. 28 únor 2024] Dostupné z <http://www.jstor.org/stable/2627132>.

CZ.NIC, 2024. Sociální síť: Nebojte se internetu. [Online] Dostupné z <https://www.nebojteseinternetu.cz/page/3396/socialni-site/> [cit. 23 únor 2024].

Facebook, 2024. Meta reklamy – Oslovte zákazníky online reklamami na Facebooku, Instagramu, Messengeru a WhatsAppu. [Online] Dostupný z <https://www.facebook.com/business/ads> [cit. 6 březen 2024].

Forrester, J., 1961. Industrial Dynamics. MIT Nakladatelství MIT Press. 464 s. ISBN 978-0262060035

Instagram, 2024. Propagujte instagramové příspěvky, ať lidé na vaši firmu přijdou [Online] Dostupný z <https://business.instagram.com/boost-instagram-posts/understanding-ad-insights> [cit. 6 březen 2024].

Krejčí, I. & Kvasnička, R., 2014. Systémová dynamika I. 2. vyd. Praha: Nakladatelství Česká zemědělská univerzita v Praze. 67 s. ISBN 978-80-213-2478-7

Lane, D. C. 2007a. The Power of the Bond Between Cause and Effect: Jay Wright Forrester and the field of system dynamics. System Dynamics Review 23(2-3): 95-118 [Online] Dostupné z <https://systemdynamics.org/wp-content/uploads/assets/jay-w-forrester/JWForresterBio.pdf> [cit. 25 leden 2024].

Meadows, D. H. & Wright, D., 2008. Thinking in Systems: a primer. 1. vyd. White River Junction: Nakladatelství Chelsea Green Publishing. 235 s. ISBN 978-1-84407-726-7

Richmond, B., 1994. Systems thinking/system dynamics: Let's just get on with it. System Dynamics Review [online]. 10(2-3), 135-157 [cit. 2022-01-29]. ISSN 08837066. Dostupné z: doi:10.1002 /sdr.4260100204

Socials, 2024. Jak nastavit reklamu na Instagramu [Online] Dostupné z <https://www.socials.cz/cs/reklama-na-instagramu/> [cit. 6 březen 2024].

Sterman, J., 2000. Business dynamics : system thinking and modeling for a complex world. Boston: McGraw-Hill. ISBN 007238915

Šusta, M., 2016. Průvodce systémovým myšlením. 2. vyd. Praha: Nakladatelství Proverbs, a.s. 136 s. ISBN 978-80-906462-0-9

Vensim, 2024. Oscillation [Online] Dostupné z <https://www.vensim.com/documentation/21385.html> [cit. 28 únor 2024].

Wakeland, W. & Homer, J., 2022. Addressing Parameter Uncertainty in a Health Policy Simulation Model Using Monte Carlo Sensitivity Methods. Systems 2022, 10, 225.

Dostupné z <https://doi.org/10.3390/systems10060225>

8 Seznam obrázků, tabulek

8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 Systémová dynamika a systémové myšlení; zdroj: (Krejčí & Kvasnička, 2014)	17
Obrázek 2 Lineární a systémové myšlení; zdroj: (Krejčí & Kvasnička, 2014)	17
Obrázek 3 Vyjádření vazeb v diagramech; zdroj: (Sterman, 2000)	18
Obrázek 4 Sebeposilující smyčka; zdroj: (Krejčí & Kvasnička, 2014)	19
Obrázek 5 Vyvažující smyčka; zdroj: (Krejčí & Kvasnička, 2014)	20
Obrázek 6 Vana SFD; zdroj: (Sterman, 2000)	20
Obrázek 7 Značky v Stock and Flow diagramu; zdroj: (Sterman, 2000)	21
Obrázek 8 Exponenciální růst; zdroj: vlastní práce	23
Obrázek 9 Exponenciální pokles; zdroj: vlastní práce	23
Obrázek 10 Logistický růst; zdroj: (Krejčí & Kvasnička, 2014)	24
Obrázek 11 Oscilace; zdroj: (Vensim)	24
Obrázek 12 Meze růstu; zdroj: (Šusta, 2016)	25
Obrázek 13 Úspěch úspěšným; zdroj: (Šusta, 2016)	25
Obrázek 14 Erodující cíle; zdroj: (Šusta, 2016)	26
Obrázek 15 Nápravy, které se vymstí; zdroj: (Šusta, 2016)	27
Obrázek 16 CLD modelu s nejvýznamnějšími smyčkami; zdroj: vlastní práce	34
Obrázek 17 První část modelu; zdroj: vlastní práce	36
Obrázek 18 Druhá část modelu; zdroj: vlastní práce	37
Obrázek 19 Kompletní simulovaný model; zdroj: vlastní práce	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 20 Grafy proměnných při exponentu 0,5; zdroj: vlastní práce	41
Obrázek 21 Grafy proměnných po kalibraci; zdroj: vlastní práce	42
Obrázek 22 Grafy proměnných pro 1.scénář; zdroj vlastní práce	Chyba! Záložka není definována.

8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 Naměřená data; zdroj: vlastní práce	32
Tabulka 2 Modelová data po kalibraci; zdroj: vlastní práce	33
Tabulka 3 Přesnost MAPE pro exponent 0,5; zdroj: vlastní práce	41
Tabulka 4 MAPE pro kalibrované exponenty; zdroj: vlastní práce	42
Tabulka 5 Hodnoty exponentů; zdroj: vlastní práce	43

8.3 Seznam rovnic

Rovnice 1 Rovnice stavové proměnné; zdroj: (Krejčí & Kvasnička, 2014)	21
Rovnice 2 Rovnice tokových proměnných; zdroj: (Krejčí & Kvasnička, 2014)	21
Rovnice 3 Rovnice vlivu; zdroj vlastní práce	30
Rovnice 4 Mean Absolute Percentage Error; zdroj: vlastní práce	40