

Česká zemědělská univerzita v Praze
Provozně ekonomická fakulta
Katedra systémového inženýrství



Diplomová práce

**Peníze jako uchovatel hodnoty z pohledu systémové
dynamiky**

Grigorii Ganov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Grigorii Ganov

Systémové inženýrství

Název práce

Peníze jako uchovatel hodnoty z pohledu systémové dynamiky

Název anglicky

Money as a store of value from system dynamics point of view

Cíle práce

Cílem diplomové práce je vytvořit model systémové dynamiky, pomocí něhož bude možné navrhnout varianty adopce bitcoinu v závislosti na ceně a inflaci.

Díličními cíli práce jsou:

- 1) Vytvoření příčinně smyčkového diagramu jako podpory pro pochopení problému klesající kupní síly a nahrazování peněz na trhu.
- 2) Vytvoření diagramu stavů a toků dané problémové situace.
- 3) Zakomponování základních prvků bankovního systému, inflace a poznatků z oblasti adopce bitcoinu, Thiersův zákon a Veblenův efekt do modelu.
- 4) Simulace scénářů adopce bitcoinu a jejich vyhodnocení.

Metodika

Diplomová práce je dělena na teoretickou a praktickou část. Pro její vypracování je využito následujících kroků:

- Studium odborné literatury z oblasti systémové dynamiky a z oblasti teorie peněz a kryptoměn
- Sestavení příčinně smyčkového diagramu pro zachycení klíčových proměnných a zpětných vazeb
- Sestavení simulačního modelu pomocí diagramu stavů a toků
- Kalibrace modelu na reálná data
- Testování modelu
- Simulace scénářů a jejich porovnání
- Formulování závěrů a diskuse

Doporučený rozsah práce

60 – 80 stran

Klíčová slova

bitcoin, kryptoměna, měna, peníze, počítačová simulace, systémová dynamika

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

2023/24 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 31. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Peníze jako uchovatel hodnoty z pohledu systémové dynamiky“ jsem vypracoval 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 autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze datum odevzdání

31.03.2024

Poděkování

Děkuji Ing. Janu Rydvalovi, Ph.D., a doc. Ing. Igoru Krejčímu za pomoc, vedení a podporu při psaní této práce.

Peníze jako uchovatel hodnoty z pohledu systémové dynamiky

Abstrakt

V této diplomové práci byly pomocí nástrojů systémové dynamiky vytvořeny zjednodušené modely finančního systému USA se zohledněním teorie rakouského hospodářského cyklu a adopci bitcoinu s využitím teorie peněz, Thiersova zákona a Veblenova efektu.

Na základě údajů z Federálního rezervního systému USA byl sestaven model, který vysvětluje pokles kupní síly dolaru. Do tohoto modelu byly zahrnuty poslední dva hospodářské cykly, vliv internetové horečky a velké recese. Výsledkem je graf znázorňující ztrátu hodnoty úspor Američanů.

Na základě údajů z prvního modelu byl sestaven model adopce bitcoinu, který simuluje několik možností pro adopci do roku 2030. Model zohledňuje chování při přijímání technologií, chování s ohledem na Veblenovo zboží a chování při volbě peněz, kdy se bere v úvahu jejich kvalita.

Klíčová slova: bitcoin, kryptoměna, měna, peníze, počítačová simulace, systémová dynamika, diagram stavů a toků

Money as a store of value from system dynamics point of view

Abstract

In this thesis, the tools of system dynamics were used to create models of the US financial system including the Austrian business cycle theory and bitcoin adoption using the theory of money, Thiers law and Veblen good.

Using data from the US Federal Reserve, a model was built to explain the decline in the purchasing power of the dollar. The last two economic cycles, the dotcom bubble and the Great Financial Crisis were included in this model. The result was a graph showing the loss in value of Americans' savings.

Based on the data from the first model, a bitcoin adoption model was built to simulate several scenarios for bitcoin adoption by 2030. The model takes into account technology adoption behavior, behavior with respect to Veblen goods, and money choice behavior where the quality of money is taken into account.

Keywords: bitcoin, cryptocurrency, currency, money, computer simulation, system dynamics, stock and flow diagram

Obsah

1	ÚVOD	7
2	CÍL PRÁCE A METODIKA.....	8
2.1	CÍL PRÁCE	8
2.2	METODIKA	8
3	TEORETICKÁ VÝCHODISKA	10
3.1	EKONOMIKA	10
3.1.1	Peníze a jejich vlastnosti	10
3.1.2	Tvoření státních měn	11
3.1.3	Rakouská teorie hospodářského cyklu.....	12
3.1.4	Internetová horečka.....	15
3.1.5	Globální hospodářská krize	16
3.1.6	Cantillonův efekt.....	17
3.1.7	Greshamův zákon a Thiersův zákon	18
3.1.8	Veblenův efekt.....	19
3.2	BITCOIN	20
3.2.1	Elektronické vlastnictví	20
3.2.2	Pravidla a decentralizace	20
3.2.3	Blockchain	22
3.2.4	Nezměnitelnost blockchainu chráněná energií	23
3.3	SYSTÉMOVÁ DYNAMIKA	25
3.3.1	Základní pojmy	26
3.3.2	Systémové myšlení	27
3.3.3	Kauzalita a smyčky zpětné vazby	28
3.3.4	Příčinně smyčkové diagramy	31
3.3.5	Diagramy stavů a toků	32
3.3.6	Vybrané systémové archetypy a systémová zoo.....	33
4	VLASTNÍ PRÁCE	39
4.1	DIAGRAM KAUZÁLNÍCH SMYČEK.....	39
4.2	MODEL PENĚŽNÍCH ZÁSOB	43

4.3	MODEL ADOPCE BITCOINU.....	48
4.3.1	Adopce bitcoinu	49
4.3.2	Inflace	50
4.3.3	Cena bitcoinu	52
4.3.4	Kalibrace modelu	53
5	VÝSLEDKY.....	56
5.1	VARIANTY.....	56
5.1.1	Modelovaná inflace.....	56
5.1.2	Vysoká inflace	57
5.1.3	Nulová inflace.....	58
5.1.4	Deflace	59
5.1.5	Standardní inflace; BTC = 10 mil. \$.....	60
5.1.6	Standardní inflace; BTC = 100 tis. \$	61
5.2	DISKUSE	62
6	ZÁVĚR.....	64
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	65
8	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	68
8.1	SEZNAM OBRÁZKŮ	68
8.2	SEZNAM TABULEK.....	69

1 Úvod

V dnešním komplexním světě nacházejí nástroje systémové dynamiky stále větší uplatnění při popisu interakce člověka s technologií. Pomocí systémového myšlení je možné předvídat vývoj událostí i v tak složitém systému, jakým je lidská společnost. Systémové myšlení bude využito k porozumění naléhavému problému inflace, jeho příčin a řešení.

Inflace představuje jednoduchý jev zvyšování cen. Krátkodobě může vzniknout v důsledku anomálních dějů ovlivňujících trh, avšak na volném trhu se ceny krátkodobě vrátí na úroveň před anomálií *ceteris paribus*. Mnohem vlivnější a závažnější je trvale kladná inflace, která je důsledkem moderního měnového systému.

Přirozeným stavem lidského hospodářského systému je deflace, tj. pokles cen. Deflace je důsledkem lidského pokroku a úspory času a energie na vytváření stejných služeb a výrobků. Deflace může existovat pouze v ekonomice s tzv. tvrdými penězi.

Pojem *tvrdé peníze* označuje, zda to, co se používá jako peníze, je těžké vytvořit nebo získat. Příkladem takových peněz bylo po tisíce let zlato, které se těží velmi složitě. Taková těžba předurčuje vzácnost těžené suroviny (zlata) a to je také jedna z vlastností peněz, další budou popsány v práci.

V minulém století však technologie umožnily rychlou komunikaci, což dovolilo postavit bankovní systém na lidských slibech, neboť přenos hodnoty, který spočíval ve fyzickém přesunu zlata, byl stále nákladný.

A právě nyní lidstvo zažívá úpadek starého finančního a peněžního systému, jenž je způsoben výhradně neschopností lidské povahy nezneužívat lidskou důvěru na institucionální úrovni. Tento systém postupně převedl kvalitu peněz – jejich hodnotu – na kvantitu a průběžně vytvářel ekonomická kataklyzmata.

Nedávný objev však vedl k potenciálnímu počátku nového peněžního systému. Tímto objevem je způsob, jak přesouvat hodnotu rychlostí internetové komunikace bez nutnosti důvěřovat konkrétnímu aktérovi komunikace. Alternativu k měkkému dolaru nabízí bitcoin.

Tato práce zkoumá, jak a za jakých podmínek mohou občané USA zvolit bitcoin jako uchovatele hodnoty a omezit tím tuto úlohu u dolaru.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce je vytvořit model systémové dynamiky, na jehož základě bude možné navrhnout varianty adopce bitcoinu v závislosti na ceně a inflaci.

Díličními cíli práce jsou:

- 1) Vytvoření příčinně smyčkového diagramu jako podpory pro pochopení problému klesající kupní síly a nahrazování peněz na trhu.
- 2) Vytvoření diagramu stavů a toků dané problémové situace.
- 3) Zakomponování základních prvků bankovního systému, inflace a poznatků z oblasti adopce bitcoinu, Thiersova zákona a Veblenova efektu do modelu.
- 4) Simulace scénářů adopce bitcoinu a jejich vyhodnocení.

2.2 Metodika

Nejprve byla prostudována odborná literatura. K realizaci modelu byly využity znalosti z následujících oblastí: ekonomie a teorie peněz, bitcoin a jeho architektura, dynamika systému.

Z ekonomie jsou pro tuto práci důležité vlastnosti peněz a také to, co je ovlivňuje, dále pak princip, podle kterého si lidé vybírají peníze, je nutné znát strukturu moderního měnového systému USA a také vysvětlení cyklického chování tohoto systému pomocí rakouské teorie hospodářského cyklu.

Z hlediska systémové dynamiky bylo nutné využít kauzálně-smyčkový diagram, model zásob a toků a systémovou zoo s klasickými archetypy.

Dále byl na základě poznatků z těchto oblastí a pochopení logiky peněžních systémů a lidského chování při volbě peněz vytvořen kauzálně-smyčkový diagram. Jedná se o mentální model, jenž vysvětluje principy fungování simulace adopce bitcoinu, jak je chápe autor.

Následně byl vytvořen model zásob a toků. Za tímto účelem autor shromáždil data týkající se dvou oblastí: amerického peněžního systému a skutečných údajů o uživatelích bitcoinu. Na základě údajů o měnovém systému USA byl vytvořen a kalibrován model, který popisuje kupní sílu dolaru. Na základě tohoto modelu a údajů o uživatelích bitcoinu byl

vyvinut a kalibrován druhý model, jenž simuluje adopci bitcoinu. Spuštěním druhého modelu byl získán kontrolní výsledek. Změnou vstupních údajů a spuštěním modelu s těmito údaji byly generovány další varianty vývoje adopci bitcoinu. Výsledky byly podrobeny analýze a následně navrženy možnosti zlepšení modelu.

3 Teoretická východiska

3.1 Ekonomika

3.1.1 Peníze a jejich vlastnosti

Peníze jsou prastarý vynález lidstva, který vznikl přirozenou cestou z procesu směny jako produkt s vlastnostmi trvanlivosti, dělitelnosti a vzácnosti, jak to popisuje Adam Smith ve své známé knize *Bohatství národů* (2016).

Peníze jsou nástrojem řešení problému vzájemného vyrovnávání potřeb, neboť slouží jako meziplatidlo. S rozdělením práce se peníze staly nezbytnými pro fungování velkých trhů, jak upozorňuje Ludwig von Mises (2013) ve své knize *Teorie peněz a úvěru*.

Doktor Yamaguchi (2016) v knize *The Heads and Tails of Money Creation and its System Design Failures* uvádí, že moderní národohospodáři ale mají na peníze jiný názor. Podle nich nejsou peníze přirozeným jevem společnosti, ale jsou zákonným platidlem definovaným státem. Tato definice však funguje do doby, dokud peníze používané ve společnosti plní svou primární funkci nebo dokud stát může vynucovat dodržování zákona o zákonném platidle. Jinak si lidé zvolí jiné platidlo. Například v Rusku ve 13. století lidé používali hřivny (Spassky, 2024), což byly kovové slitky. Zákonné platidlo bylo ignorováno v Německu v roce 1920, když po první světové válce došlo ke znehodnocení německé marky a lidé byli nuceni používat jiné platební prostředky.

V této práci je použita definice rakouské ekonomické školy od Dr. Ammouse (2022). Peníze jsou předmětem, který plní následující funkce:

- 1) Prostředek směny – věc, kterou každý přijímá výměnou za výrobek nebo službu.
- 2) Uchování hodnoty v čase a prostoru – člověk pracoval a jeho práce byla v určitém okamžiku využita někým jiným; užitek z práce je pouze nepřímo závislý na čase a úsilí. Za dávku osoba obdržela peníze a zhruba stejný objem práce může využít později jiná osoba na jiném místě.
- 3) Měřítko ceny – hodnota některých výrobků nebo služeb není jednoznačná a peníze tuto nejednoznačnost řeší: spotřebitel porovnává peníze s výrobky nebo službami a sám se rozhoduje, kolik je ochoten utratit. Jedná se o to, kolik činí tržní cena zboží; nezávisí na výrobní ceně zboží nebo služby. Věc nebo dílo se stává zbožím nebo službou teprve tehdy, když je uzavřena transakce za cenu

jejich výroby nebo poskytnutí s přihlédnutím k přirážce. Do té doby je věc nebo dílo v očích kupujícího buď bezcenné, nebo neúměrně drahé.

Dr. Ammous (2022) také uvádí následující vlastnosti peněz:

- Přijatelnost – peníze jsou uznávány a přijímány všemi.
- Dělitelnost – peněžní jednotku lze pohodlně rozdělit na menší částky.
- Trvanlivost – jak dlouho si peněžní jednotka zachová svůj vzhled a vlastnosti.
- Homogenita – v případě kovů obsah stejné mince/slipu při porovnání. V případě neobchodovatelných peněz se peněžní jednotka shoduje se souborem standardů.
- Převoditelnost – hodnota pohybu v poměru k převáděné částce.
- Relativní vzácnost – schopnost peněz zajistit objem jednotek potřebný pro všechny požadované transakce, přičemž možnost zvýšení tohoto objemu je malá nebo žádná. Hrstka diamantů nestačí ani na zásobování malého města, přestože jsou vzácné. Písek, nebo dokonce měď jako peníze dnes také nejsou dobré, protože obojího je tolik a jsou tak snadno dostupné, že nemohou plnit funkci uchovávání hodnoty nebo měřítka ceny.

Vzácnost lze měřit v číslech: poměr zásoby k přílivu peněz je podílem množství všech peněz a množství peněz přicházejících do celku za určité období. V případě výpočtu v letech údaj udává počet let do zdvojnásobení peněžní částky při současném počtu ročních přírůstků.

3.1.2 Tvoření státních měn

Množství peněz v ekonomice ovlivňují nejen úvěry poskytované bankami firmám a jednotlivcům, které zvyšují peněžní zásobu, ale také deficity. Splácení úvěrů naopak množství peněz snižuje.

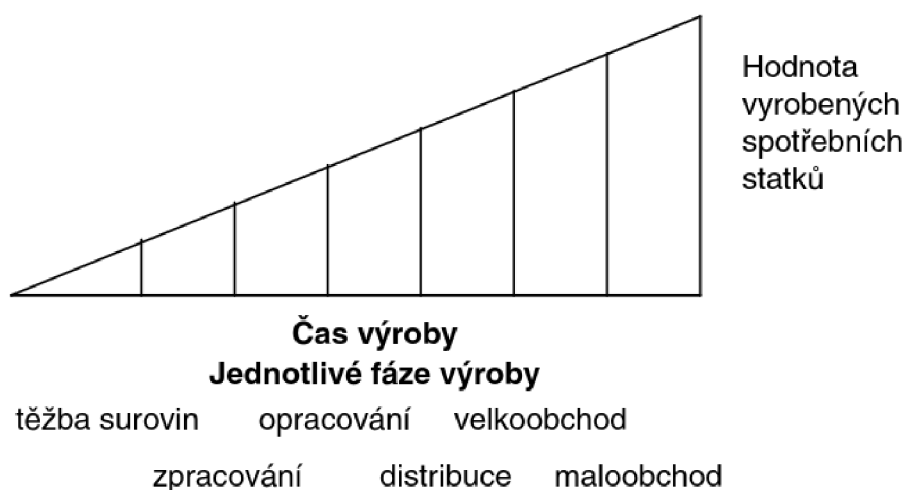
Na každý z těchto prvků je třeba se podívat zvlášť, protože jsou složité. Investiční úvěry sčítají obě pobídky k investování vynásobené velikostí půjček. Pobídka k investování je prvním krokem hospodářského cyklu, který je podrobně popsán v následujících kapitolách. Velikost úvěru je vyrovnávací proměnná, která je nutná pro kalibraci modelu. Údaje o deficitu představují hodnoty schodku federálního rozpočtu USA. Schodek je reprezentován zápornými hodnotami. Počáteční hodnota množství peněz je rovněž převzata z údajů Federálního rezervního systému. Splátky úvěrů představují součin výše likvidace dluhu a velikosti úvěru.

Při vytváření úvěru se peníze na půjčku neberou z rezerv banky, ale vytvářejí se změnou hodnoty peněz na účtu klienta. Když zákazník dluh splatí, peníze si ponechá a místo toho je stejným způsobem elektronicky zničí. Tomu se říká systém částečných bankovních rezerv. (Faure a Gersbach, 2017).

3.1.3 Rakouská teorie hospodářského cyklu

Podle Misesse (2013) a Rothbarda (2000) z rakouské školy teorie hospodářských cyklů vysvětluje, jak může měnová politika a centrální bankovníctví vést k výkyvům v ekonomice, a to zejména v podobě cyklů boomu a poklesu.

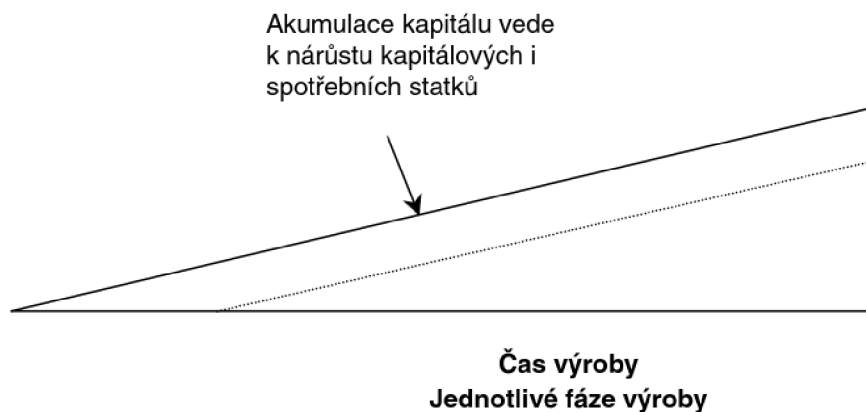
Obrázek 1 Hayekův trojúhelník



Zdroj: Šíma (2000)

Tento cyklus se výhodně vysvětluje pomocí Hayekova trojúhelníku. Na vodorovné ose trojúhelníku jsou fáze výroby a na svislé ose úroveň spotřeby. Délka výrobní fáze závisí na investicích. Výška úrovně spotřeby závisí na volných penězích spotřebitelů (Šíma, 2000). Pro zvýšení úrovně spotřeby a zároveň délky výrobního stadia je nutná akumulace kapitálu.

Obrázek 2 Hayekův trojúhelník – akumulace kapitálu

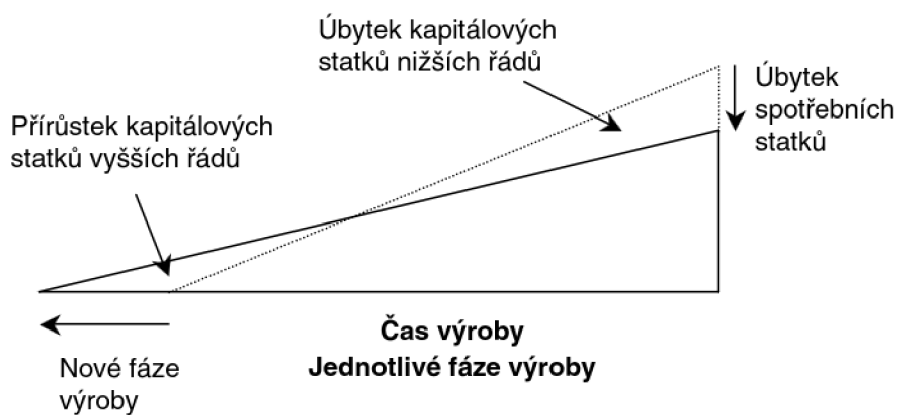


Zdroj: Šíma (2000)

Vztah mezi úrovní spotřeby a výrobní etapou vysvětluje časová preference spotřebitelů, jak ukazuje Mises (2013). Časová preference představuje tendenci lidí preferovat současnou spotřebu před spotřebou budoucí. Na základě toho platí, že čím vyšší je časová preference, tím vyšší je úroveň spotřeby a kratší délka výrobní etapy. Čím nižší je časová preference, tím nižší je úroveň spotřeby a delší je výrobní etapa. Ve fyzikálním vyjádření je časová preference úrokovou mírou úvěru v ekonomice. Na volném trhu je tato míra určena přirozeně, a to decentralizovaným nalezením rovnováhy mezi úrovní spotřeby a investicemi, jež jsou nezbytné k udržení této úrovně spotřeby.

V ekonomice s centrální bankou je úroková míra určována touto institucí podle politických požadavků autorit.

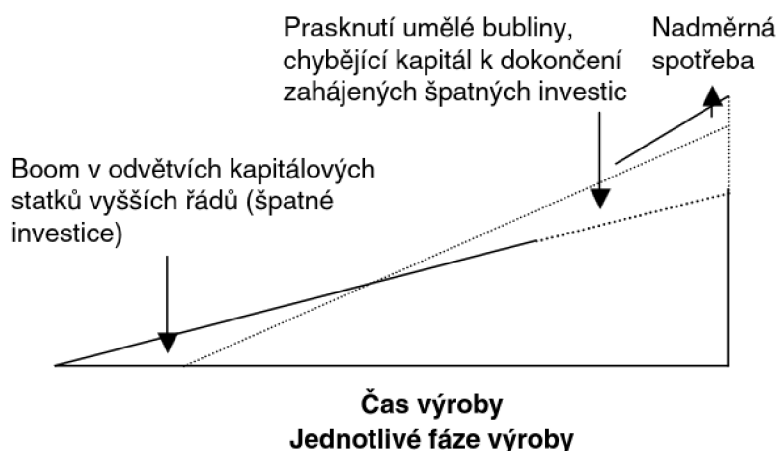
Obrázek 3 Hayekův trojúhelník – menší časová preference



Zdroj: Šíma (2000)

Zjednodušený přehled této teorii uvedl Rothbard (2000). Teorie začíná umělým snížením úrokové sazby a rozšířením úvěrů centrální bankou. Tím se zlevní půjčky, což vede ke zvýšení investic a výdajů. Následuje fáze růstu a malinvestic. V důsledku nižších úrokových sazeb podniky rozšiřují své aktivity, čímž dochází k všeobecnému hospodářskému rozmachu. Tato fáze se vyznačuje zvýšeným objemem investic, roste míra zaměstnanosti a také hospodářství jako celek. Zvýšené investice se sice promítají do většího počtu výrobních fází, ale také vedou k vyšším mzdám a většímu počtu pracovních míst, což má za následek vyšší spotřebu. Postupem času vzniká rozpor. Výrobní fáze totiž předpokládají nižší úroveň spotřeby, ale ta nakonec začne původní úroveň převyšovat. Zvýšená spotřeba pak vede ke zvýšení cenové hladiny a ta se projeví zvýšenou inflací. Centrální banka si nakonec uvědomí, že je třeba zvýšit úrokové sazby, aby dalšímu zvyšování inflace zabránila. Jako následek se projeví pokles úvěrů, vyšší úrokové sazby a pokles ekonomické aktivity. Podniky, které investovaly do poslední fáze výroby, se stávají nerentabilními. Investice uskutečněné během boomu jsou však často neudržitelné a špatně alokované. Podniky mohou investovat do projektů, které nejsou z dlouhodobého hlediska ekonomicky životaschopné. Po určité době, kdy podnikům dojdou peníze, se tento stav projeví bankroty, propouštěním a realokací kapitálu, tzn. recesí. Tento proces obvykle začíná 18 měsíců po zvýšení úrokových sazeb. Poslední fází cyklu tak představuje oprava. Recese je totiž považována za nezbytnou korekci, která má odstranit chybné investice a obnovit udržitelnou ekonomickou strukturu. Přitom ale vytváří podnět k politickému zásahu, tj. ke stimulaci ekonomiky a snížení úrokové sazby, čímž se hospodářský cyklus spustí znovu.

Obrázek 4 Hayekův trojúhelník – hospodářský cyklus



Zdroj: Šíma (2000)

Pro tuto práci jsou relevantní dva příklady takových cyklů v USA, a to internetová horečka a velká hospodářská krize.

3.1.4 Internetová horečka

Internetovou horečku odstartovalo jednak snížení úrokových sazeb federálními rezervami, jednak mexická krize v roce 1995. Ve stejné době uzavřely USA s Japonskem a Německem dohodu "*Reverse Plaza Accord*" o devalvaci německé a japonské měny s cílem stimulovat německo-japonskou výrobu. Dovoz z Německa a Japonska zároveň umožnil Federálnímu rezervnímu systému zachovat politiku kvantitativního uvolňování, protože, jak vysvětluje Garrison (2003), devalvace těchto měn zároveň snížila cenu zboží dováženého do USA.

Peníze vytvořené kvantitativním uvolňováním však bylo třeba někde investovat. Vhodnými místy se tak staly akciový trh a trh východní Asie. Ve stejné době došlo k legendárnímu IPO společnosti Netscape.

Následovalo zachování úrokových sazeb na stejné úrovni, která trh dostatečně stimulovala, což se projevilo poklesem míry nezaměstnanosti.

Již zmíněná dohoda *Plaza Accord* ve svém důsledku podkopala výrobu ve východní Asii, protože kvůli klesajícímu kurzu jenu nemohla konkurovat ve vývozu Japonsku. To vedlo k poklesu výroby v této části Asie, což se projevilo měnovou krizí v Rusku a nesplacením vládního dluhu většinou u amerických investičních bank. Následovalo další snížení úrokových sazeb Federálním rezervním systémem (Garrison a Callahan, 2003).

Za zvláštní zmínku stojí podpůrný balíček vytvořený americkou vládou proti chybě Y2K. Mezitím se všechna tato volná likvidita přelila na akciový trh v oblasti internetových společností. Po celý rok 1999 všichni investovali do nejrůznějších společností, které nějak souvisely s internetem. Investorům bylo většinou jedno, zda je společnost zisková, nebo ne. Všechny tyto investice samozřejmě vedly ke zvýšení ceny práce programátora a ceny nemovitostí (Garrison a Callahan, 2003).

Na konci roku 1999 začal Federální rezervní systém zvyšovat úrokovou sazbu, protože se obával přehřátí ekonomiky. Zvyšování sazeb pokračovalo až do roku 2000.

Investoři se ocitli v situaci, kdy podniky, do nichž investovali, nebyly životaschopné. Tím začal bolestný proces přerodělování zdrojů, tedy recese.

Další recese umožnila Federálnímu rezervnímu systému učinit politické rozhodnutí o snížení úrokových sazeb. V roce 2002 tak byly úrokové sazby čtyřikrát nižší než na začátku roku 2000. Započal další hospodářský cyklus, který tentokrát vedl ke globální hospodářské krizi.

Obrázek 5 Úroková sazba v letech 1994–2002

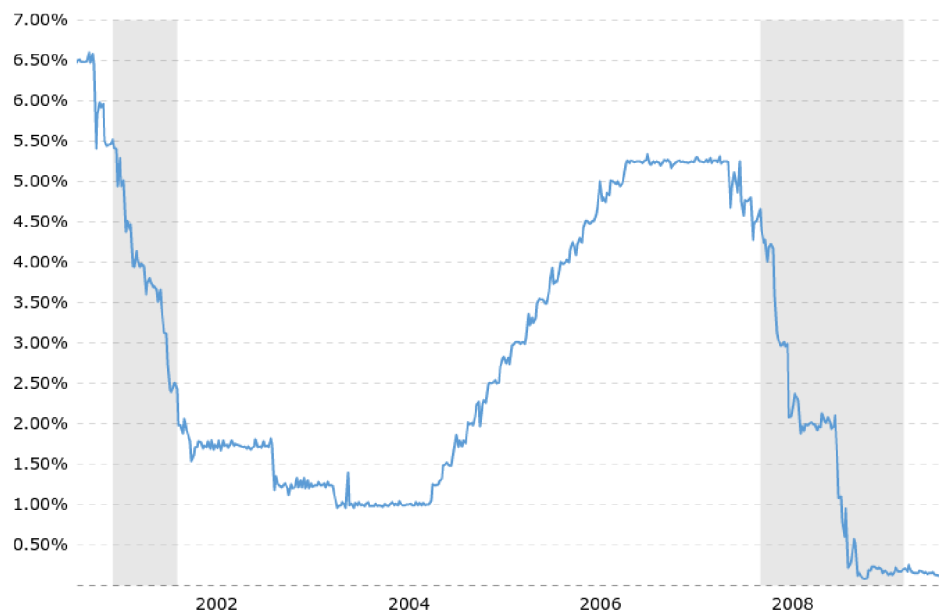


Zdroj: Macrotrends LLC (2024)

3.1.5 Globální hospodářská krize

V roce 2001 začala v Americe recese, jejímž důvodem bylo zvýšení základní úrokové sazby federálních rezerv a odliv investorů, které zklamaly nerentabilní internetové společnosti. Kvůli recesi a na pozadí pádu světového obchodního centra se Alan Greenspan rozhodl snížit klíčovou sazbu na 1,75 % v roce 2001 a na 1 % v roce 2003. Na této úrovni se klíčová sazba držela několik let až do roku 2004. Toto výraznější snížení sazeb přirozeně ztraktivnilo bankovní úvěry. V té době v USA vláda prosazovala snížení bankovních standardů pro poskytování úvěrů a podporovala poskytování hypoték lidem z nižších příjmových skupin. Nejčastěji šlo o hypotéky s pohyblivou úrokovou sazbou (Garrison a Callahan, 2003).

Obrázek 6 Úroková sazba v letech 2002-2010



Zdroj: Macrotrends LLC (2024)

V roce 2004 začal Greenspan zvyšovat klíčovou sazbu, aby zabránil inflaci. Tím se zvýšila výše pravidelných splátek hypoték.

Banky za nějakou dobu začaly zaznamenávat zpoždění splátek. Na druhé straně na počátku konjunktury banky hypotéky skupovaly a prodávaly je jako samostatný finanční produkt. V roce 2004 tento produkt zahrnoval i rizikové hypotéky lidí z nižších příjmových skupin. Když problémové hypotéky začaly bankám přinášet ztráty, začaly se tyto ztráty přelévat i na burzu, což se dá označit za počátek hospodářského poklesu.

V roce 2008 se USA již nacházely v hluboké recesi s rostoucí nezaměstnaností, na což reagoval nový šéf Federálního rezervního systému Ben Bernanke snížením úrokové sazby téměř na nulu (Garrison a Callahan, 2003).

3.1.6 Cantillonův efekt

Dalším důsledkem hospodářského cyklu je nerovnoměrná inflace neboli Cantillonův efekt. Protože nové fiat peníze jsou do ekonomiky vkládány v určitých okamžicích, její účinky pociťují lidé a odvětví v různém čase vysvětluje River Financial (2023). Dochází ke zkreslení relativních cen a ke zvýhodnění některých subjektů, zatímco jiné znevýhodňuje.

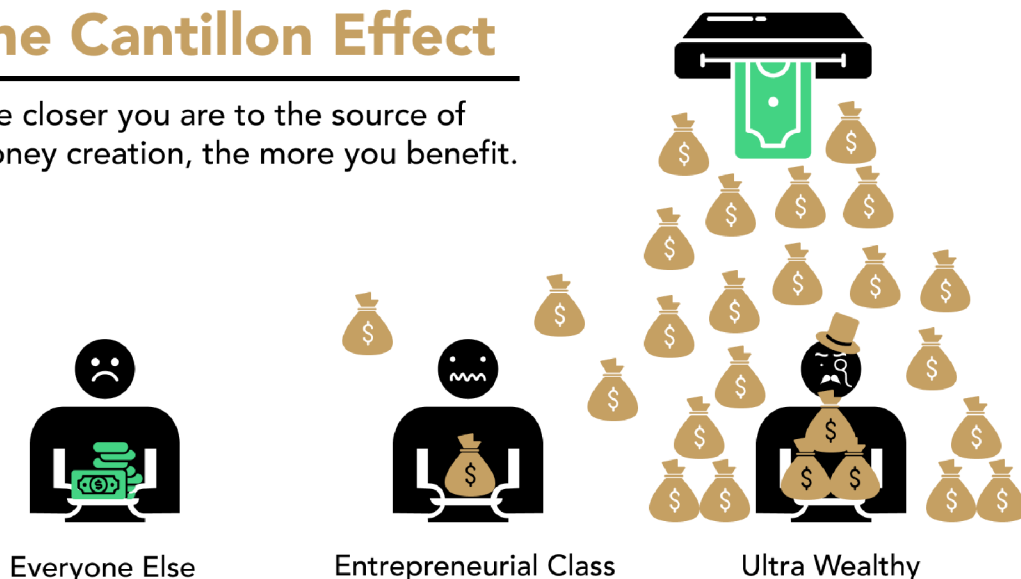
Když do ekonomiky přibývají nové peníze, zvyšují se tím logicky ceny zboží a aktiv. Ne všechny ceny však vzrostou o stejnou částku nebo ve stejnou dobu. Cantillonův efekt

tvrdí, že první příjemce nové nabídky peněz má arbitrážní příležitost, protože může peníze utratit dříve, než se ceny zvýší.

Obrázek 7 Cantillonův efekt

The Cantillon Effect

The closer you are to the source of money creation, the more you benefit.



Zdroj: River Financial (2023)

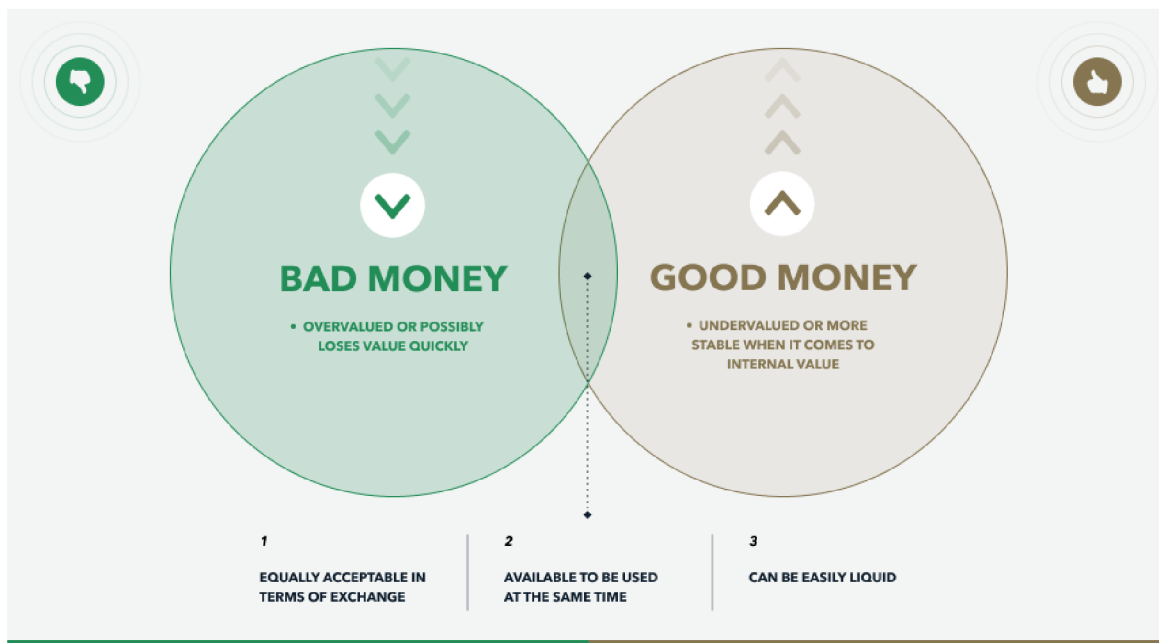
3.1.7 Greshamův zákon a Thiersův zákon

Greshamův zákon říká, že *špatné peníze* vystřídají *dobré peníze*. Tento zákon popisuje jev, kdy jsou staré mince nahrazovány novými mincemi s menším obsahem drahého materiálu. Tento princip však fungoval pouze tehdy, pokud existoval zákon, který nutil prodejce používat nové mince s nižším obsahem cenného kovu a staré mince s vyšším obsahem cenného kovu za stejnou cenu zboží (Momentum Analytics, 2021).

Pokud je obojí zákonným platidlem (je přijímáno jako platidlo), lidé jednají ve vlastním ekonomickém zájmu. Budou se snažit platit špatnými mincemi, protože se tak zbaví něčeho méně hodnotného. A také budou hromadit nebo tavit dobré mince, aby prodali kov za vyšší hodnotu, popřípadě si je ponechají pro budoucí použití, až bude rozpoznána jejich skutečná hodnota.

Toto chování odstraňuje dobré peníze z oběhu a ponechává špatné peníze. Postupem času se celková hodnota měny oslabuje.

Obrázek 8 Greshamův zákon



Zdroj: Turner (2024)

Pokud zákon o zákonných platidlech neexistuje nebo je ignorován, funguje na trhu obrácený Greshamův zákon – Thiersův zákon. Thiersův zákon říká, že dobré peníze vytlačují z trhu špatné peníze (Bernholz, 2011; Momentum Analytics, 2021)

3.1.8 Veblenův efekt

Veblenův efekt označuje v ekonomii jev, kdy poptávka po zboží nebo službě roste s růstem jeho ceny. To je v rozporu s tradičním zákonem poptávky, který říká, že růst ceny obvykle vede k poklesu poptávky. (Chen, 2023)

Tento efekt je pozorován zejména u luxusního zboží. Pokud má zboží vyšší cenu, může být vnímáno jako exkluzivnější, prestižnější nebo kvalitnější. Spotřebitelé mohou být ochotnější takové zboží kupovat, protože tím dávají najevo své společenské postavení nebo bohatství.

Podle Chena (2023) Veblenův efekt zdůrazňuje roli neekonomických faktorů, jako je sociální vnímání a snaha o získání statusu, při ovlivňování chování spotřebitelů. Naznačuje, že v některých případech může cena působit spíše jako signál hodnoty než jako odrazující faktor od nákupu.

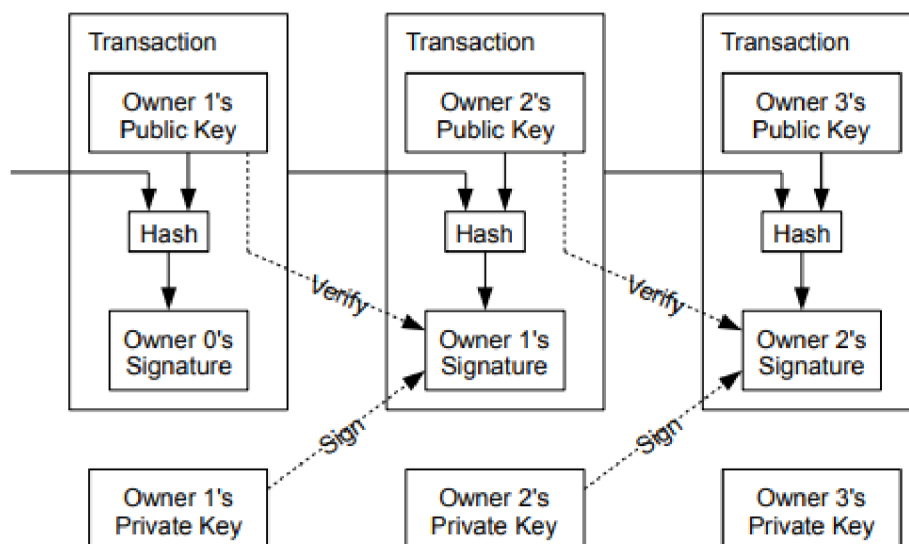
3.2 Bitcoin

3.2.1 Elektronické vlastnictví

Bitcoinové ústrojí je podrobně popsáno v knize Narayanan (2016) *Bitcoin a kryptoměnové technologie*.

Z pohledu uživatele je nejdůležitější jeho soukromý klíč. Soukromý klíč mu umožňuje vytvářet veřejné klíče, které se používají jako adresy pro příjem bitcoinů. Adresa s bitcoinu se nazývá utxo. K utracení bitcoinů z utxo je třeba mít soukromý klíč, ze kterého byla tato adresa vytvořena. Následně software bitcoinového uzlu vytvoří transakci s adresou, na kterou se bitcoiny posílají, a tuto transakci podepíše soukromým klíčem. Za uchovávání soukromého klíče je zodpovědný každý uživatel sám.

Obrázek 9 Struktura transakce



Zdroj: Nakamoto (2008)

3.2.2 Pravidla a decentralizace

Jedním z těchto pravidel je omezení počtu bitcoinů, které lze vytvořit, na 21 milionů mincí. Tento počet se nezmění. Pokud někdo, třeba i vývojář bitcoinu, chce toto pravidlo změnit a navrhnout novou verzi protokolu, může kterýkoli uzel tuto změnu odmítnout a pracovat na staré verzi.

Toto pravidlo chrání bitcoin před nekontrolovaným růstem počtu mincí. Inlace bitcoinů je řízena protokolem a většina bitcoinů je již vytvořena. V době psaní této práce

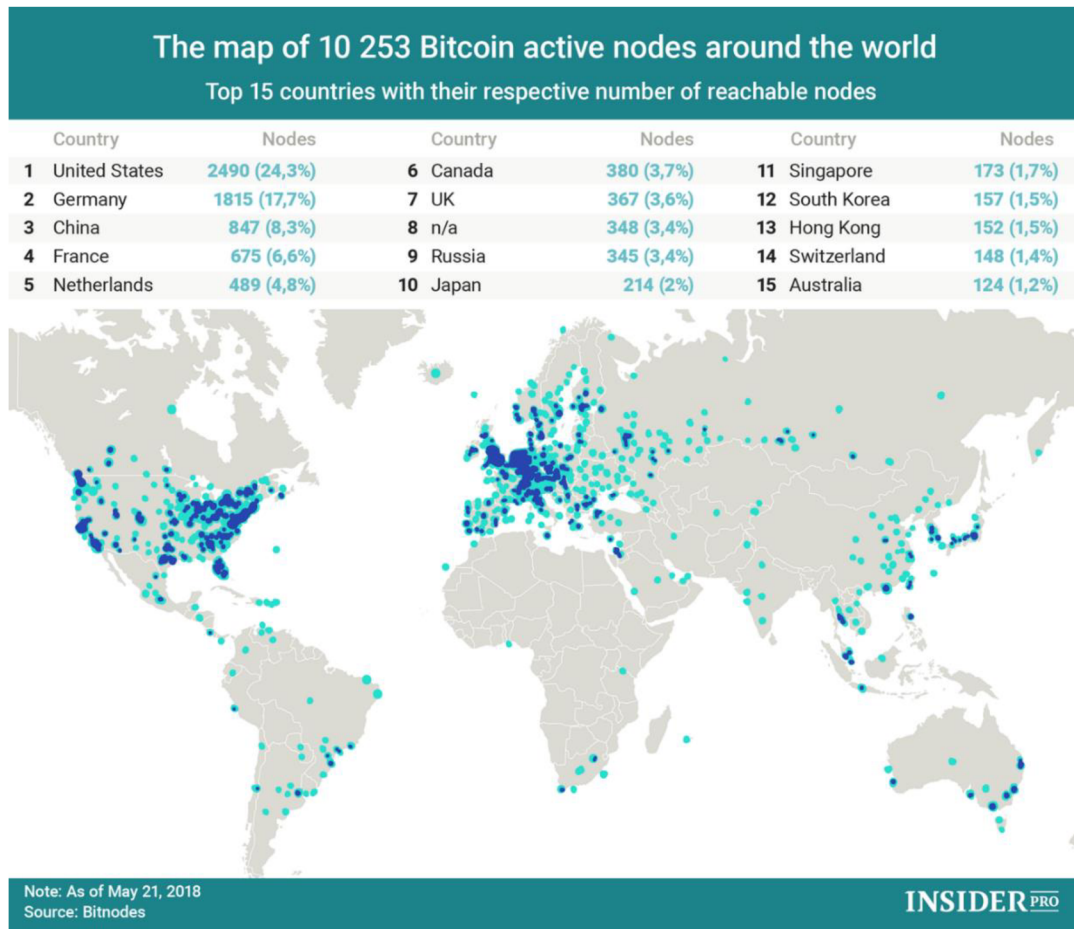
jich bylo asi 19 milionů, další 2 miliony budou vytvořeny během následujících 120 let, a to postupně. Aktuální inflace bitcoinů je 1,73 %, tento rok by měla být 0,86 %, za 4 roky 0,43 % atd.

Transakce je převod jednotek bitcoinu z jedné adresy na druhou. Minimální jednotkou bitcoinu je 1 satoshi, což je stomiliontina bitcoinu neboli 0,00000001 BTC. Tato dělitelnost bitcoinu vysvětluje jeho homogenitu, protože na základní úrovni mají všechny satoshi stejnou hodnotu. Nově vytvořené transakce odeslané do sítě jsou považovány za nepotvrzené. Transakce je považována za potvrzenou teprve tehdy, co byla přijata do bloku, tento blok byl vytěžen a poté byly vytěženy další tři bloky. To znamená, že transakce je potvrzena na čtvrtém bloku od vrcholu blockchainu (Narayanan et al., 2016).

Uzly jsou počítače se softwarem bitcoinu. Ukládají seznam transakcí, kontrolují bloky a odesílají nové transakce do sítě. Tento software si může stáhnout a nainstalovat do svého počítače kdokoli, je zdarma a nevyžaduje velký výpočetní výkon. Všechny uzly spolu komunikují a vyměňují si data blockchainu. Každý uzel je nezávislý a může vykonávat všechny funkce potřebné pro zabezpečení bitcoinu. Pro existenci bitcoinové sítě stačí jediný uzel, na kterém poběží nejdelší blockchain. Jak se bitcoin stával populárnějším a překládal se do dalších jazyků, lidé z různých částí světa si zakládali vlastní osobní uzly. Tím si zajišťovali autonomii, protože uzel ověřuje všechny přichozí bloky a transakce, a zároveň šířili blockchain a stále více decentralizovali bitcoinovou síť.

Decentralizované přijímání pravidel zajišťuje předvídatelnou inflaci a vysokou relativní vzácnost bitcoinu v peněžním smyslu. Zároveň všechny uzly, které přijímají pravidla bitcoinu, samy jednostranně definují, že přijímají pouze původní bitcoin, čímž je zajištěna jeho přijatelnost. Pro účast v síti a přijímání a odesílání bitcoinů však není nutné mít vlastní uzel. Pro tento účel existují různé možnosti správy soukromého klíče, a to od absolutní zodpovědnosti až po absolutní důvěru ve třetí stranu.

Obrázek 10 Mapa uzlů v roce 2018

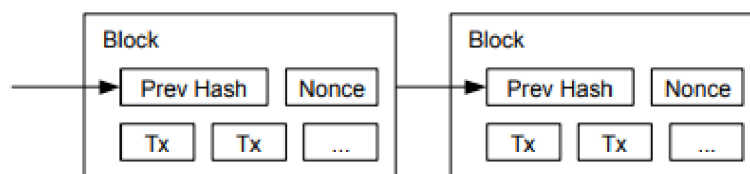


Zdroj: Ihodl (2018)

3.2.3 Blockchain

Transakce jsou shromažďovány do bloků a každý další blok obsahuje informace z předchozího bloku. Proto se tento seznam nazývá blockchain. Každý blok obsahuje hashovací informace předchozího bloku. Transakce a bloky se řídí přísnými pravidly. Pokud je do sítě odeslána podvodná transakce neboli blok, každý poctivý uzel ji odmítne (Antonopoulos, 2017).

Obrázek 11 Struktura bloků



Zdroj: Nakamoto (2008)

Struktura blockchainu, jeho veřejná povaha a rychlost ověřování hashů poskytují rychlý a beznákladový způsob ověřování pravosti dodržování pravidel. Trvanlivost bitcoinu závisí pouze na funkčnosti internetu. Dokud bude internet funkční a bude fungovat alespoň jeden uzel, bude funkční i bitcoin. I kdyby byl internet celosvětově odpojen, při dalším zapnutí bude bitcoin fungovat dál bez jakéhokoli poškození a v takovém případě bude blockchain stejně snadno ověřitelný.

3.2.4 Nezměnitelnost blockchainu chráněná energií

Těžaři představují zařízení, která vytvářejí bloky z nepotvrzených transakcí. Tyto bloky těží a vytěžené bloky odesílají do sítě. Aby bylo možné blok vytěžit, je nutné vypočítat hashblok tak, aby byl menší než určité číslo. Protože hash stejných transakcí bude stejný, přidává se za tímto účelem k předchozímu bloku sada znaků zvaná nonce. Nonce v bloku změní těžař a v důsledku toho získá jiný hash.

Zvýšením množství nebo výkonu zařízení se nezvýší rychlost těžby vysvětluje Antonopoulos (2017). Složitost maximální hodnoty pro hash je automaticky regulována protokolem. Mechanismus utrácení energie zdědil název Proof of Work, což je obranný mechanismus bitcoinu proti únosu sítě a spamu: je snadné kontrolovat, zda nejde o falešný blok, protože výherní hodnota pro hash je obsažena v bloku a každý uzel si může sám vypočítat funkci a porovnat výsledek s tím, co je v bloku, aniž by musel utrácet peníze. Pokud je blok pravý, ale transakce v něm je falešná – například utrácení z adresy, která je již prázdná – uzel si toho všimne a blok odmítne. V prvním případě nebude uzel ovlivněn falešným blokem, protože uzel bloky kontroluje a odmítá je bez nákladů. V druhém případě je ekonomicky nevýhodné spamovat řádně vytěžené bloky podvodnými transakcemi, protože těžba je velmi nákladná a falešné transakce jsou také snadno odhalitelné.

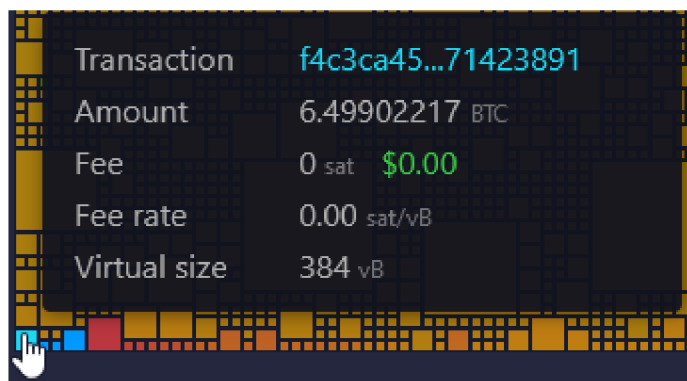
Obrázek 12 Hashrate a složitost v letech 2018–2024



Zdroj: Mempool Space (2024)

Těžař dostává za úspěšně vytěžené bloky nové bitcoiny v pevně stanoveném množství (každé čtyři roky se množství nových bitcoinů za blok snižuje na polovinu, aktuální odměna je 6,25 BTC, po roce 2024 to bude 3,125 BTC atd.). Těžař dostává od uživatelů tipy na nové bitcoiny. Je na uživateli, aby určil výši poplatku. Od ní se pak odvíjí, jak rychle bude transakce zpracována. Uživatelský poplatek za transakci je v průměru několikanásobně nižší než běžný bankovní poplatek za transakci, navíc nezávisí na výši převáděné částky (Antonopoulos, 2017).

Obrázek 13 Vytvoření nových bitcoinů a uživatelský poplatek



Zdroj: Mempool Space (2024)

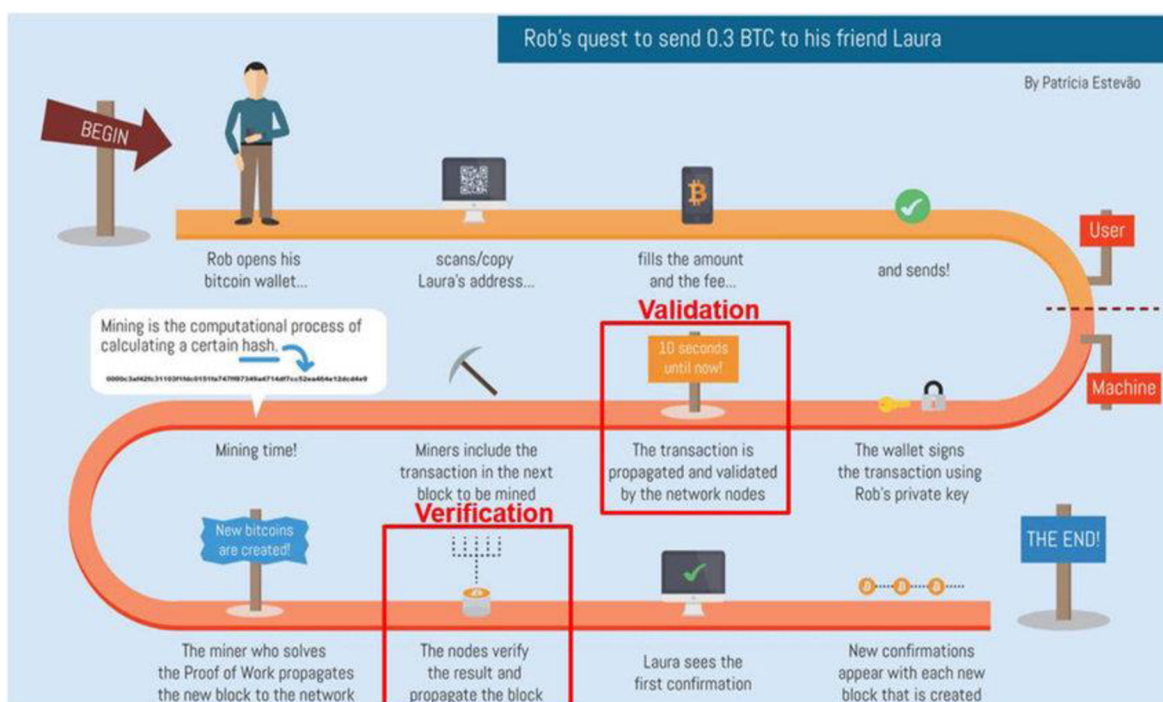
Převoditelnost bitcoinu závisí na trhu blockchainového prostoru a jako na každém trhu i zde platí zákon nabídky a poptávky. Ten však na rozdíl od byrokratických omezení moderního bankovního systému a nákladných fyzických omezení zlata určuje pouze cenu za převod.

Spojením všech těchto prvků dohromady vzniká síť lidí, kteří mají soukromé klíče a mohou vytvářet transakce z kteréhokoli uzlu (posílat své bitcoiny kamkoli. Tyto transakce

zpracovávají těžaři, kteří na těžbu bloku vynakládají skutečnou energii. Za svou poctivou práci jsou odměňováni pouze protokolem a uživateli. Zpracované transakce ve formě bloků se stanou součástí celkového seznamu transakcí blockchainu, přičemž uzly aktualizují blockchain a zůstatek. Uživatelé pak mohou bitcoiny převádět dál.

Kontrola nad jejich bitcoiny (jejich soukromými klíči) nezávisí na nikom, uživatelé tak nemusí důvěřovat třeba státu. Systém je založen na mechanismech, které nevyžadují lidskou důvěru. Jedinou podmínkou je připojení k internetu. Pokud však uživatel používá šifrování, nemůže nic vidět ani poskytovatel internetu (Narayanan et al., 2016).

Obrázek 14 Cesta transakce



Zdroj: Saiedi a Broström (2021)

3.3 Systémová dynamika

Systémová dynamika je metodika modelování a simulace, která se používá k pochopení a analýze složitých systémů, obvykle se zaměřením na dynamické systémy, jejichž chování se mění v čase. Používá se k reprezentaci, studiu a předpovědím chování systémů na základě zohlednění vzájemných vztahů a zpětnovazebních smyček mezi různými složkami systému. Opírá se o soubor matematických rovnic a počítačových simulací, které umožňují modelovat a analyzovat, jak tyto složky interagují v čase.

Cesta Jaye W. Forrestera k pozici „otce systémové dynamiky“ nebyla přímočará. Jeho rozmanité schopnosti a zkušenosti se sbíhaly a vedly k převratným poznatkům. Při práci na prvních počítačích si všiml potenciálu pro simulaci složitých systémů. Když pozoroval nezamýšlené důsledky v průmyslové výrobě, které byly způsobeny smyčkami zpětné vazby, formalizoval své myšlenky v knize *Industrial Dynamics* (1961), čímž položil základy tohoto oboru.

Forrester se poté zaměřil na globální model nazvaný World3, který zkoumal interakce mezi obyvatelstvem, zdroji a ekonomikou. Tento model, jenž byl publikován v knize *World Dynamics* (1971), posunul diskuse o udržitelnosti a systémovém myšlení.

Forrester svou prací založil systémovou dynamiku jako samostatný obor. Vytvořil základní koncepty, modelovací techniky a softwarové nástroje, které se používají dodnes. Jeho důraz na smyčky zpětné vazby, dlouhodobé myšlení a kontraintuitivní chování nadále ovlivňuje různé obory a zanechává trvalý odkaz v oblasti chápání a řízení složitých systémů.

3.3.1 Základní pojmy

System

V oblasti systémové dynamiky přesahuje pojem *system* pouhý soubor jednotlivých složek. Místo toho zdůrazňuje vzájemnou propojenost a závislost prvků, které se složitým způsobem vzájemně ovlivňují a působí na sebe (Sterman, 2000). Tato propojenost není pouhým teoretickým konstruktem; projevuje se v reálných systémech různého rozsahu a složitosti.

Mezi klíčové charakteristiky systémů v systémové dynamice patří podle Stermana (2000) *emergentní chování, dynamická povaha a hranice*. Emergentní chování je pro komplexní systémy typické. Celkové chování systému totiž nelze plně předpovědět na základě izolovaného studia jednotlivých složek. Vzniká na základě složitých interakcí a zpětnovazebních smyček uvnitř systému. Dynamická povaha systémů vyplývá z toho, že nejde o statické útvary – v průběhu času se vyvíjejí a mění v důsledku vnitřních a vnějších vlivů.

Tyto změny mohou být postupné nebo náhlé a mohou mít významný dopad na chování systému. Systémy sice mají identifikovatelné hranice, ale často se vzájemně ovlivňují s jinými systémy, což vytváří ještě větší složitost. Pochopení těchto interakcí je klíčové pro pochopení chování systému.

Jako příklady systémů v různých oblastech lze uvést sociálně-ekonomické, ekologické nebo organizační systémy. Mezi sociálně-ekonomické systémy patří národní ekonomiky, systémy zdravotní péče a městská prostředí. Jde o složité systémy, v nichž se vzájemně ovlivňují různé prvky, jako jsou jednotlivci, organizace a politiky, a vytvářejí tak nové výsledky. Za ekologické systémy se považují např. lesy, oceány a klimatické systémy. Opět jde o složitou soustavu, kde druhy, stanoviště a faktory prostředí vytvářejí dynamickou rovnováhu, která je náchylná ke změnám. Za organizační systémy lze považovat podniky, vzdělávací instituce a vládní agentury, jež se skládají ze vzájemně propojených oddělení, jednotlivců a procesů, které vzájemně ovlivňují výkonnost a celkové cíle.

3.3.2 Systémové myšlení

Systémové myšlení, které se odklání od tradičního redukcionistického myšlení, nabízí účinný rámec pro pochopení složitých systémů, ať už jde o ekosystém, podnik, nebo dokonce o nás samotné. Tento holistický přístup, který byl představen v dílech *Industrial Dynamics* Jaye Wrighta Forrestera (1961) nebo *Business Dynamics* Johna Stermana (2000), zdůrazňuje vzájemnou provázanost prvků v systému a jejich společný vliv na jeho chování.

Systémové myšlení nás vybízí k tomu, abychom se místo toho, abychom se soustředili na jednotlivé složky, vnímali celkový obraz. Jak zdůrazňuje Forrester (1961), složité systémy často vykazují neintuitivní chování v důsledku zpětnovazebních smyček, kdy informace proudí napříč celým systémem, a buď posilují, nebo vyrovnávají trendy. Představme si termostat regulující teplotu: smyčka pozitivní zpětné vazby zvyšuje vytápění, aby vyrovnala pokles teploty, zatímco smyčka negativní zpětné vazby nakonec vytápění vypne, jakmile je dosaženo požadované teploty.

Toto propojení přesahuje rámec zpětnovazebních smyček. Sterman (2000) zavádí koncept zásob a toků. Představme si nádrž jako zásobu (hladinu vody) a přítok a odtok vody jako toky. Pochopení vzájemného působení těchto zásob a toků pomáhá předvídat budoucí stavy systému. Náhlý nárůst odtoku by mohl nádrž vyčerpat, i když přítok zůstane konstantní, což zdůrazňuje důležitost toho, posuzovat systém jako celek, nikoliv na základě chování jednotlivých prvků.

Politika

V systémové dynamice není politika pouhým nařízením, ale strategickým zásahem, jehož cílem je ovlivnit chování složitých systémů (Sterman, 2000). Představme si termostat regulující teplotu v místnosti. Jde o politiku v akci, která se neustále přizpůsobuje, aby byl zachován požadovaný výsledek.

Politika se zaměřuje se na konkrétní prvky v rámci systému a jejím cílem je změnit jeho součásti, procesy nebo interakce. Usiluje o dosažení požadovaných výsledků a vede systém k preferovanému stavu. Působí v dynamickém kontextu, přičemž si uvědomuje neustálý vývoj systému a potenciál nelineárních účinků.

3.3.3 Kauzalita a smyčky zpětné vazby

V systémové dynamice kauzalita označuje vztah mezi různými prvky v systému, kdy změny jednoho prvku způsobují změny jiného prvku. Zjednodušeně lze říci, že pokud je vztah kladný, zvýšení prvního prvku vede ke zvýšení druhého prvku. Pokud je vztah záporný, nárůst prvního prvku vede k poklesu druhého prvku.

Obrázek 15 Příklad kladné vazby



Zdroj: vlastní zpracování podle Stermana (2000)

Tento vztah příčiny a následku je zásadní pro pochopení toho, jak se systémy chovají v čase. Modely systémové dynamiky představují kauzalitu pomocí smyček zpětné vazby, což jsou opakující se vzorce interakcí, které ovlivňují chování systému (Sterman, 2000).

Obrázek 16 Příklad záporné vazby

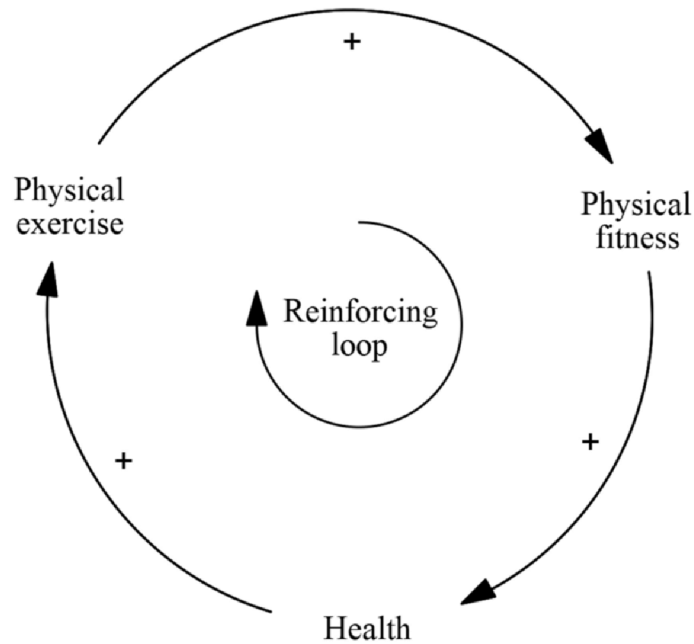


Zdroj: vlastní zpracování podle Stermana (2000)

Příčinné vztahy v systémové dynamice lze rozdělit na dva hlavní typy: posilující smyčky a vyvažující smyčky. Posilující smyčky, známé také jako smyčky pozitivní zpětné vazby, vznikají, když změna jedné proměnné vede k dalším změnám stejným směrem, čímž se zesiluje původní účinek. To může mít za následek exponenciální růst nebo pokles v rámci

systemu. Uvažujme například model růstu populace, kde nárůst počtu obyvatel vede k většímu počtu narozených dětí, což následně způsobuje další nárůst populace. Tato posilující smyčka vede k exponenciálnímu růstu populace (Meadows, Randers a Meadows, 1972).

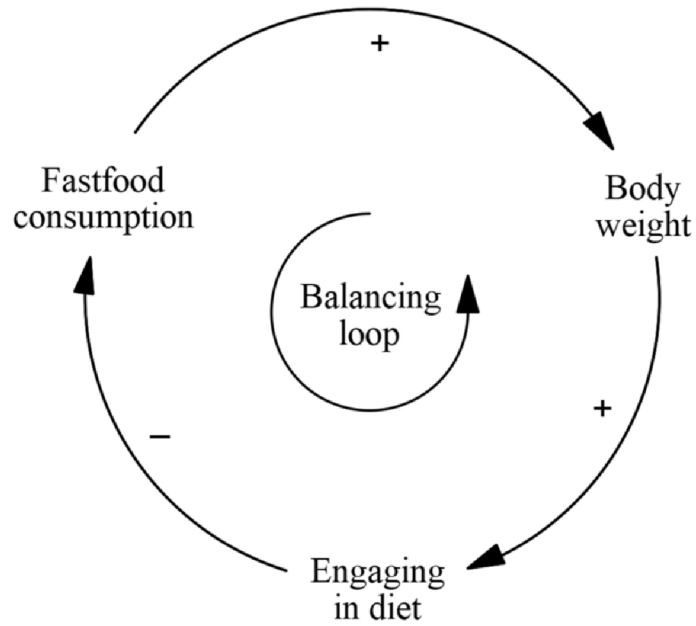
Obrázek 17 Příklad posilující smyčky



Zdroj: Reuners et al. (2022)

Vyrovňovací smyčky představují smyčky záporné zpětné vazby, kdy změna jedné proměnné vyvolá úpravy, které působí proti původní změně a stabilizují systém. Vyrovňovací smyčky udržují rovnováhu v systému tím, že regulují jeho chování. Například v topném systému řízeném termostatem se při poklesu teploty pod nastavenou hodnotu aktivuje topný systém, jenž teplotu zvýší. Jakmile teplota dosáhne požadované úrovně, topný systém se vypne, čímž vznikne vyrovňovací smyčka, která udržuje teplotu v určitém rozmezí (Richardson a Pugh, 1981).

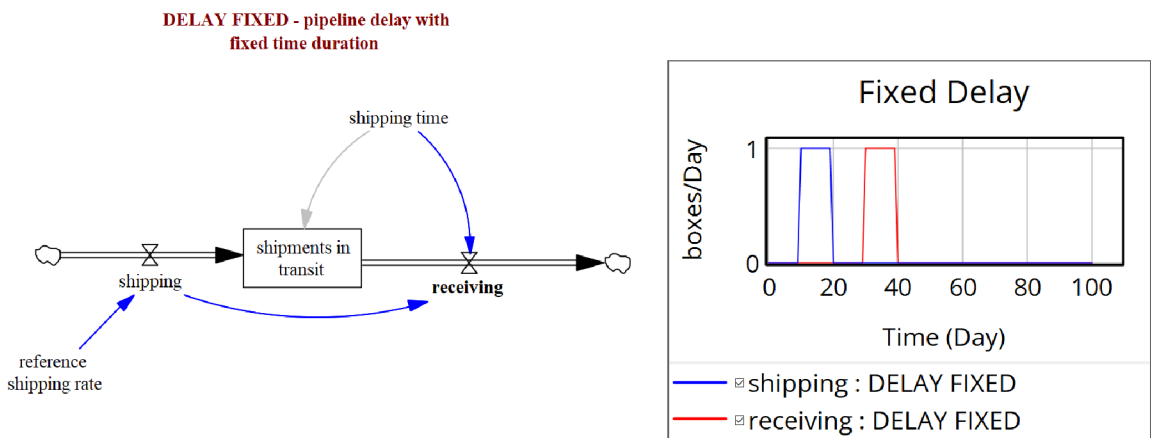
Obrázek 18 Příklad vyrovnávací smyčky



Zdroj: Reuners et al. (2022)

Kromě posilovacích a vyvažovacích smyček mohou modely systémové dynamiky zahrnovat také zpoždění, které představuje dobu, za niž změny jedné proměnné ovlivní druhou proměnnou. Zpoždění vnášejí do systému časové prodlevy, které ovlivňují dynamiku zpětnovazebních smyček. Například v modelu dodavatelského řetězce může existovat zpoždění mezi změnami poptávky po výrobku a úpravami úrovně výroby. Toto zpoždění může vést k oscilacím nebo kolísání úrovně zásob, protože systém reaguje na měnící se poptávku v čase (Forrester, 1961).

Obrázek 19 Příklad zpoždění



Zdroj: Ventana Systems (2023)

Kromě toho se smyčky zpětné vazby mohou vzájemně ovlivňovat, čímž se v systému vytváří složitější dynamika. Tyto interakce dávají vzniknout konceptu dominance smyček zpětné vazby: některé z nich mají větší vliv na chování systému než jiné. Pochopení dominance smyček zpětné vazby je zásadní pro identifikaci klíčových pákových bodů v systému, kde mohou mít zásahy nejvýznamnější dopad (Senge, 1990).

3.3.4 Příčinně smyčkové diagramy

Diagram kauzálních smyček (CLD) je vizuální nástroj používaný v systémové dynamice ke znázornění vzájemné provázanosti proměnných v rámci složitého systému. Podobá se vývojovému diagramu a zobrazuje proměnné jako políčka a příčinné vztahy mezi nimi jako šipky. Kladné (+) šipky naznačují, že zvýšení jedné proměnné vede ke zvýšení druhé, zatímco záporné (–) šipky ukazují opačný účinek. Analýzou smyček tvořených těmito šipkami lze pochopit chování systému v čase a identifikovat potenciální pákové body pro zásah.

CLD slouží v systémové dynamice k několika klíčovým účelům. Především je to *vizualizace*, která umožňuje jasné a stručné vizuální znázornění složitých systémů, což usnadňuje jejich pochopení a diskusi o nich. Zúčastněné strany z různých prostředí tak mohou porozumět dynamice systému a přispět k rozhodování.

CLD také zprostředkovává *identifikaci* smyček zpětné vazby, neboť odhaluje posilující (pozitivní zpětná vazba) a vyvažující (negativní zpětná vazba) smyčky v systému. Posilující smyčky zesilují změny, což vede k exponenciálnímu růstu nebo poklesu, zatímco vyvažující smyčky působí proti změnám a udržují stabilitu (Sterman 2000).

Dalším účelem je *vytváření hypotéz*. Analýza smyček nám umožňuje předvídat, jak by se systém mohl chovat za různých podmínek, ale rovněž vytvářet hypotézy o možných zásadách. To podporuje proaktivní řízení a zabráňuje nezamýšleným důsledkům (Senge, 1990).

Mezi klíčové prvky CLD patří *proměnné, vztahy a smyčky*. Proměnné (veličiny) představují klíčové aspekty systému, které se mění v čase (např. populace, úroveň zdrojů, míra investic). Vztahy (šipky) spojují proměnné a označují směr vlivu (+ pro posilování, – pro vyvažování). Smyčky neboli řetězce propojených vztahů se vrací zpět ke svým výchozím bodům a vytvářejí sebesilující nebo sebekorekční mechanismy.

3.3.5 Diagramy stavů a toků

V systémové dynamice slouží diagramy toku zásob (SRD, Stock and Flow Diagram) jako základní nástroj pro zobrazení dynamického chování složitých systémů. Vizualně znázorňují, jak se množství (zásoby) v průběhu času hromadí nebo vyčerpávají vlivem příchozích a odchozích toků. Pochopením těchto vztahů získáme cenné poznatky o tom, jak systémy reagují na změny, a můžeme tak činit informovaná rozhodnutí.

Účelem SFD je nejen sledovat akumulace, kvantifikovat toky a modelovat dynamiku systému, ale také analyzovat smyčky zpětné vazby zohledňuje Sterman (2000). Sledování akumulace probíhá tak, že SFD zobrazují zásoby, což jsou základní stavební kameny systémů, které se v průběhu času hromadí nebo vyčerpávají. Mohou představovat různé veličiny, jako je úroveň zásob, velikost populace nebo kapitálové rezervy.

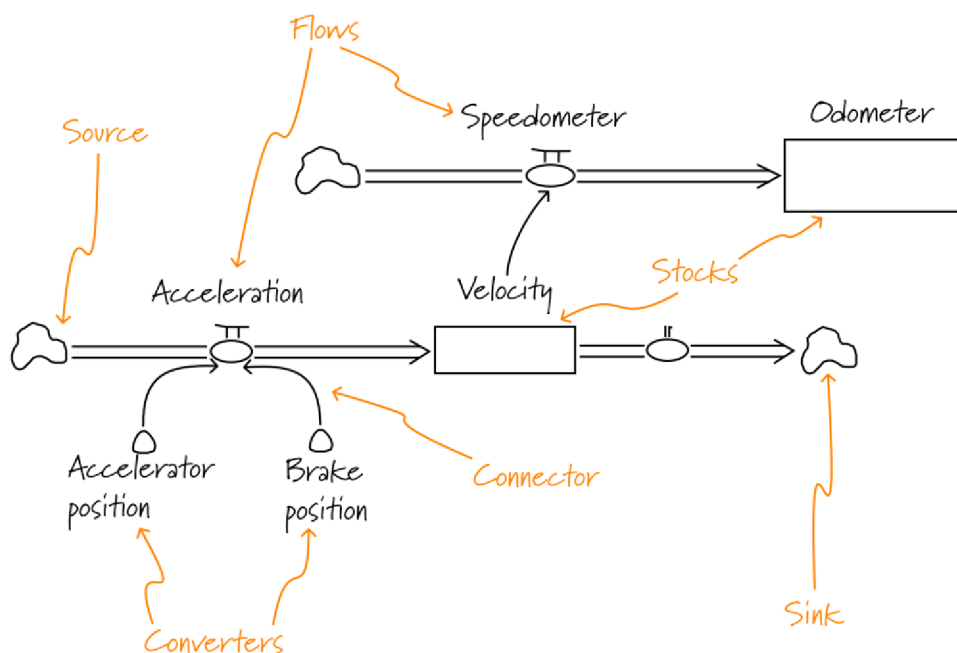
SFD rovněž znázorňují toky, které představují rychlosti, jimiž se zásoby mění. Může se jednat o přítoky (přírůstek zásob) nebo odtoky (úbytek zásob) a obvykle se měří za jednotku času. (Sterman, 2000)

Modelování dynamiky systému je možné díky tomu, že propojením zásob a toků zachycují SFD příčinné vztahy, které řídí chování systémů v čase popisuje Meadows (1972). To umožňuje analyzovat, jak změny jedné proměnné ovlivňují ostatní, což vede k hlubšímu pochopení dynamiky systému.

Podobně jako diagramy kauzálních smyček mohou i SFD odhalit smyčky zpětné vazby, které ovlivňují chování zásob. Tyto smyčky mohou buď zesilovat změny (posilování), nebo podporovat stabilitu (vyrovnávání), což poskytuje zásadní poznatky pro účinné zásahy. (Forrester, 1961)

Mezi klíčové prvky SFD podle Transentis consulting (2024) patří *zásoby*, *toky*, *převodníky*, *konektory* a *zdroje* nebo *propady*. Zásoby představují část systému, jejichž hodnota v daném časovém okamžiku závisí na předchozím chování systému. Hodnotu zásob v určitém časovém okamžiku nelze jednoduše určit měřením hodnoty ostatních částí systému v daném časovém okamžiku – lze pouze změřit, jak se v každém okamžiku mění, a všechny tyto změny sečíst. Na diagramech jsou zásoby znázorněny obdélníky.

Obrázek 20 Příklad SFD modelu



Zdroj: Transentis consulting (2024)

Toky představují rychlost, s jakou se zásoby v daném okamžiku mění. Buď do zásoby přitékají jednotky (způsobují její nárůst), nebo ze zásoby odtékají (způsobují její pokles).

Převodníky představují buď části na hranici systému (tj. části o hodnotě, která není určena chováním samotného systému), nebo ty části systému, jejichž hodnotu lze v každém okamžiku odvodit z jiných částí systému pomocí nějakého výpočetního postupu.

Podobně jako v diagramu kauzální smyčky ukazují konektory systému, jak se jednotlivé části systému navzájem ovlivňují. Zásoby mohou být ovlivňovány pouze toky (tj. nemůže existovat konektor, který se připojuje do zásoby). Toky mohou být ovlivňovány zásobami, jinými toky a převodníky. Převodníky buď nejsou ovlivňovány vůbec (tj. jsou na hranici systémů), nebo jsou ovlivňovány zásobami, toky a jinými převodníky.

Zdroje a propady představují zásoby, které leží mimo hranici modelu – používají se k zobrazení toho, že zásoba proudí ze zdroje nebo do propadu, který leží mimo hranici modelu. Na diagramech jsou zdroje a propady znázorněny malými obláčky.

3.3.6 Vybrané systémové archetypy a systémová zoo

Systémová dynamika využívá archetypy – opakující se vzorce chování systému – k pochopení složitých systémů.

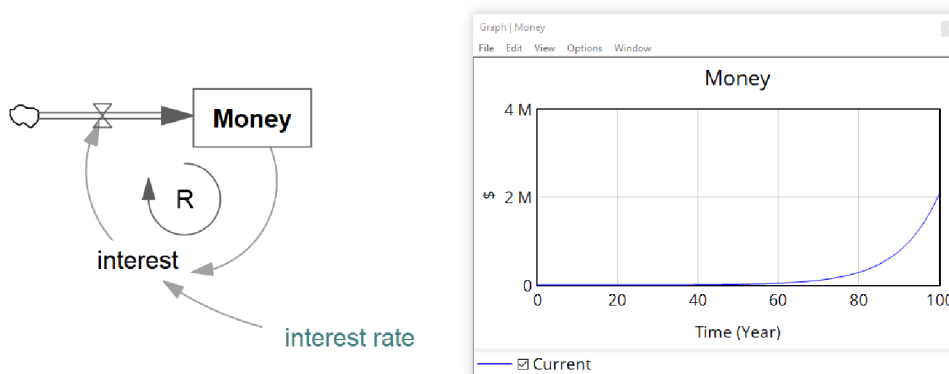
1) Úspěch úspěšným

Archetyp Úspěch úspěšným v systémové dynamice zobrazuje scénář, kdy se počáteční výhody mění v dominanci v konkurenčním systému. Tento archetyp je charakterizován dvěma posilujícími smyčkami zpětné vazby. První smyčka je pozitivní, kdy počáteční úspěch (zvýšený podíl na trhu, pozitivní recenze) vede k alokaci větších zdrojů (financování, marketingové úsilí) směrem k úspěšnému subjektu. Tyto dodatečné zdroje pak umocňují počáteční úspěch a dále posilují jeho pozici.

2) Exponenciální růst

Tento archetyp popisuje situace, kdy se veličina zvyšuje zrychlujícím se tempem v důsledku posilující zpětné vazby. Představme si populaci králíků s minimem predátorů. Každý králík se rozmnožuje, což vede k narození dalších králíků, kteří se pak rozmnožují ještě více. Růst se stává exponenciálním, protože samotná rychlost nárůstu se neustále zvyšuje (Bossel, 2009).

Obrázek 21 Příklad exponenciálního růstu



Zdroj: Ventana Systems (2023)

Příkladem může být *šíření virů* nebo *složené úročení*. Nakažlivá nemoc zpočátku nakazí několik jedinců, kteří pak nakazí další, což vede k exponenciálnímu růstu počtu případů. U složeného úročení rostou úspory exponenciálně, protože získané úroky se přičítají k jistině a samy se úročí.

3) Mezí růstu

Archetyp mezi růstu v rámci systémové dynamiky zachycuje scénář, kdy systém, který zažívá počáteční exponenciální růst, nakonec narazí na přirozená omezení popisuje Meadows (1972). Tento archetyp je charakterizován dvěma vzájemně propojenými smyčkami zpětné vazby. První smyčka je posilující, kdy provedená akce (investice, těžba

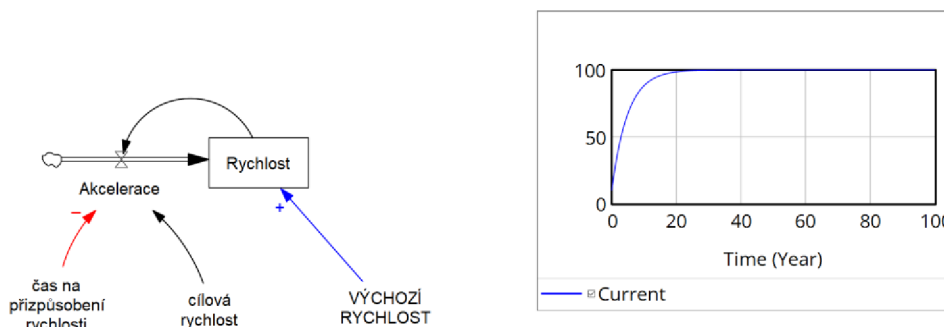
zdrojů) vede k žádoucímu výsledku (zisk, dostatek zdrojů), který následně motivuje k další akci. Tato pozitivní zpětnovazební smyčka pohání exponenciální růst systému.

Exponenciální růst však nemůže trvat donekonečna. Vzniká vyrovnávací smyčka, jakmile výsledek počátečního růstu (zvýšená populace, vyčerpání zdrojů) začne zatěžovat konečný limitující faktor (dostupnost zdrojů, kapacita životního prostředí). Tato negativní zpětnovazební smyčka působí na zpomalení a nakonec zastavení růstu, což vede ke stabilnímu, vyrovnanému stavu nebo dokonce k poklesu, pokud jsou limity výrazně překročeny.

4) Struktura usilující o dosažení cíle

Tento archetyp představuje systémy, jež usilují o dosažení požadovaného stavu. Vyrovnávací zpětnovazební smyčka upravuje chování na základě rozdílu mezi aktuálním stavem a cílem. Představme si termostat: když teplota v místnosti klesne pod nastavenou hodnotu, spustí se pec, jejímž úkolem je vrátit teplotu na požadovanou úroveň (Bossel, 2009).

Obrázek 22 Příklad modelu hledání cílů



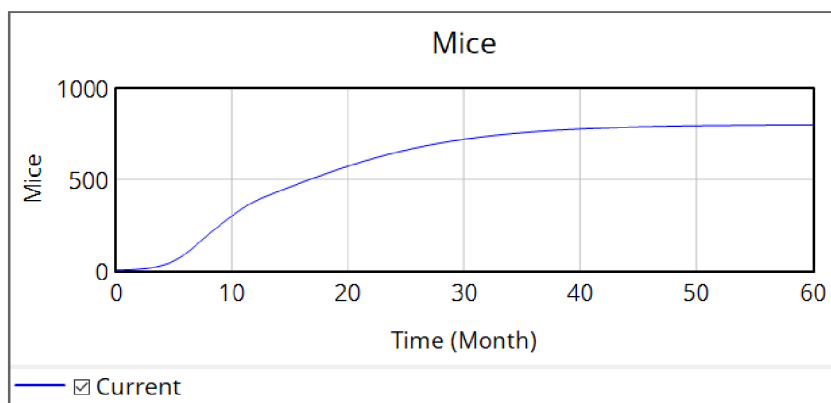
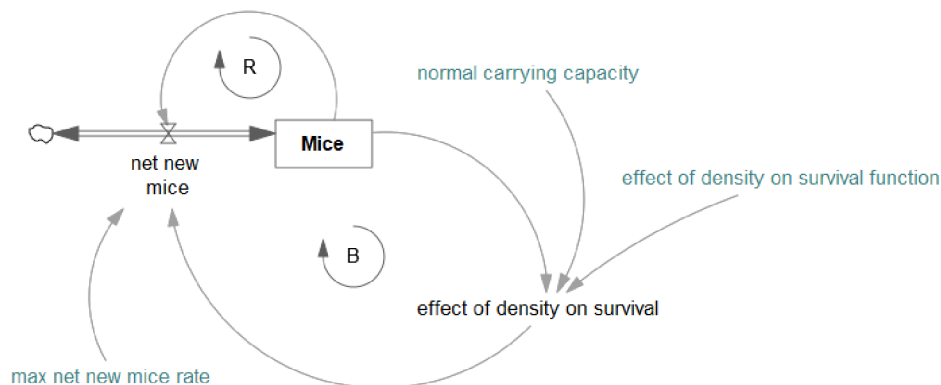
Zdroj: vlastní zpracování

Jako příklady lze uvést *regulaci tělesné teploty* nebo *tempomat*. Tělo reguluje svou teplotu pocením (ochlazováním) nebo třesem (zahříváním), aby udrželo stabilní vnitřní prostředí. Tempomat automobilu upravuje výkon motoru tak, aby udržoval nastavenou rychlost i v kopcích.

5) S-křivka

Tento archetyp popisuje růst systému, který zpočátku zrychluje, aby následně zpomalil a nakonec se zastavil. To často odráží určité omezení nebo omezené zdroje. Představme si růst rostliny: začne rychle, ale nakonec dosáhne své maximální velikosti kvůli omezenému slunečnímu světlu, vodě nebo živinám (Bossel, 2009).

Obrázek 23 Příklad S-křivky



Zdroj: Ventana Systems (2023)

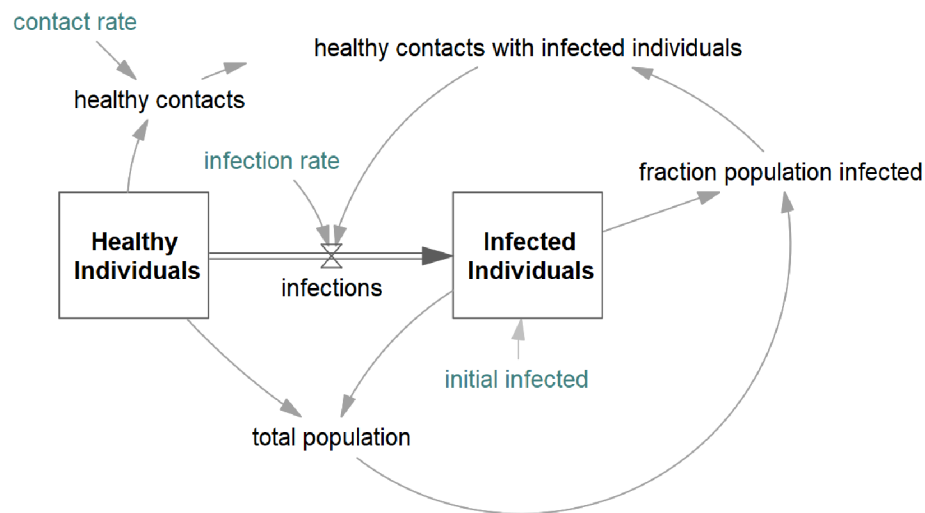
Mezi příklady patří *adopci nového produktu* nebo *křivky učení*. Obliba nové technologie zpočátku rychle roste, ale nakonec se ustálí, když si ji osvojí většina potenciálních uživatelů. Křivky učení popisují, jak se mění chování jednotlivců (nebo společností) na základě předchozího učení a nabytých zkušeností. Např. když někdo trénuje nějakou dovednost, jeho výkon se zpočátku rychle zlepšuje, ale s časem, jak se blíží k mistrovství, se její stoupající trend zastaví.

6) Epidemie

Tento archetyp popisuje situace, kdy systém usiluje o dosažení žádoucího stavu (zdravá populace), ale naráží na zpoždění a posilující zpětné vazby, které jej od tohoto cíle vzdalují popisuje Bossel (2009). Představme si epidemii nakažlivé nemoci. Zpočátku je nakaženo jen několik jedinců, ale každá další nakažená osoba šíří nemoc mezi ostatní. To vytváří posilující smyčku, která zvyšuje počet nakažených a snižuje cíl, jímž je zdraví populace. Existuje však zpoždění: trvá nějakou dobu, než se u lidí projeví příznaky, než jsou diagnostikováni a nakonec izolováni. Zpoždění tedy umožňuje, aby posilující smyčka po

určitou dobu probíhala nekontrolovaně, což vede k prudkému nárůstu případů, než se mohou projevit zásahy, jako je očkování nebo opatření v oblasti veřejného zdraví. Jinými slovy než se vytvoří vyrovnávací smyčka, která zpomalí šíření nemoci a nakonec dostane epidemii pod kontrolu.

Obrázek 24 Model epidemie chřipky



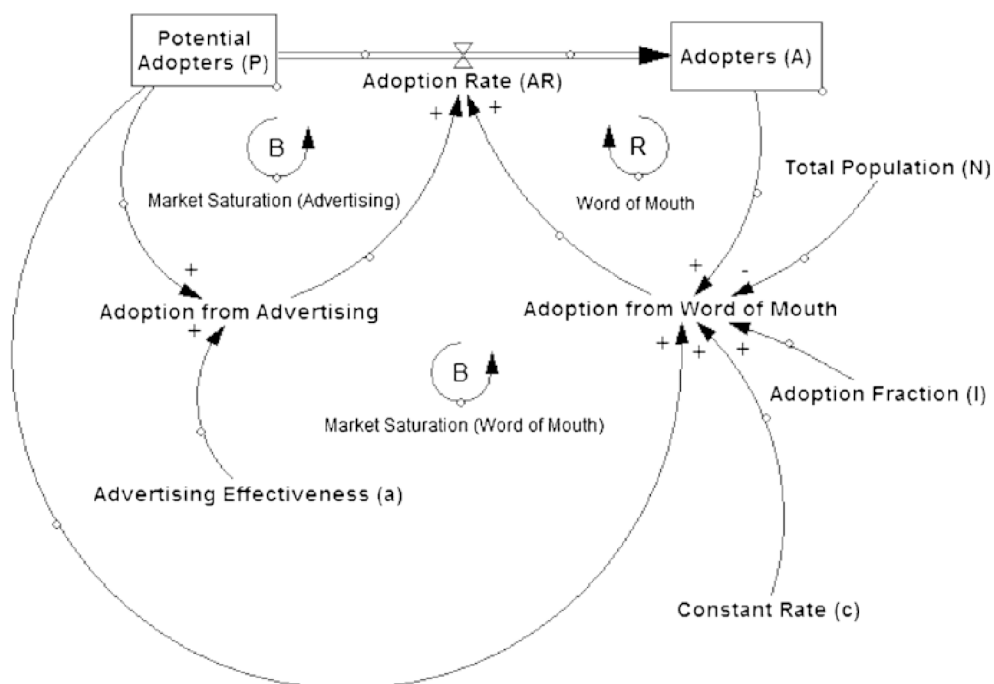
Zdroj: Ventana Systems (2023)

Mezi klíčové prvky patří *posilující smyčka*, *vyrovnávací smyčka*, *zpoždění* a *epidemie chřipky*. Posilující smyčka ukazuje šíření infekce (více infikovaných osob vede k dalším infekcím). Vyrovnávací smyčka zobrazuje provedené zásahy (očkování, izolace), které snižují přenos a zpomalují šíření. Zpoždění představuje dobu mezi infekcí a nástupem příznaků, diagnózou a účinnými zásahy. Sezónní vzorce šíření chřipky s vrcholem v zimě a poklesem s teplejším počasím odrážejí tento archetyp se zpožděním v detekci a očkování.

7) Bassův model adopce

Bassův model difuze, který vytvořil Frank Bass v roce 1969, představuje zásadní rámec pro pochopení dynamiky zavádění nových produktů na trzích. Jádrem modelu jsou dvě základní kategorie osvojitelů: inovátoři a imitátoři.

Obrázek 25 Bassuv model adopce



Zdroj: Winebrake (2009)

Inovátoři se vyznačují přirozeným sklonem přijímat nové produkty nezávisle, poháněni osobní zvědavostí a touhou po novinkách. Naproti tomu imitátoři jsou ovlivněni adopčními kroky svých vrstevníků nebo sociálních sítí a mají tendenci následovat je na základě pozorovaných zkušeností a doporučení. Model zahrnuje toto odlišné chování prostřednictvím koeficientů inovace a imitace, označovaných jako "p", resp. "q", které určují míru adopce mezi oběma skupinami. (Winebrake, 2009)

4 Vlastní práce

Hlavním cílem modelu je vysvětlit současný systém státních měn, rakouský hospodářský cyklus, který generují, vysvětlit příčiny inflace a určit dopad Veblenových a inflačních efektů na adaptaci bitcoinu.

4.1 Diagram kauzálních smyček

Model uvažuje ekonomiku, v níž si konkurují dva peněžní prostředky. Na základě teorie peněz a Thiersova zákona lze sestavit následující zobecněný kauzální model. *Peníze I* jsou zákonným platidlem a jsou to peníze kontrolované centrální bankou dané země, *peníze II* nejsou zákonným platidlem.

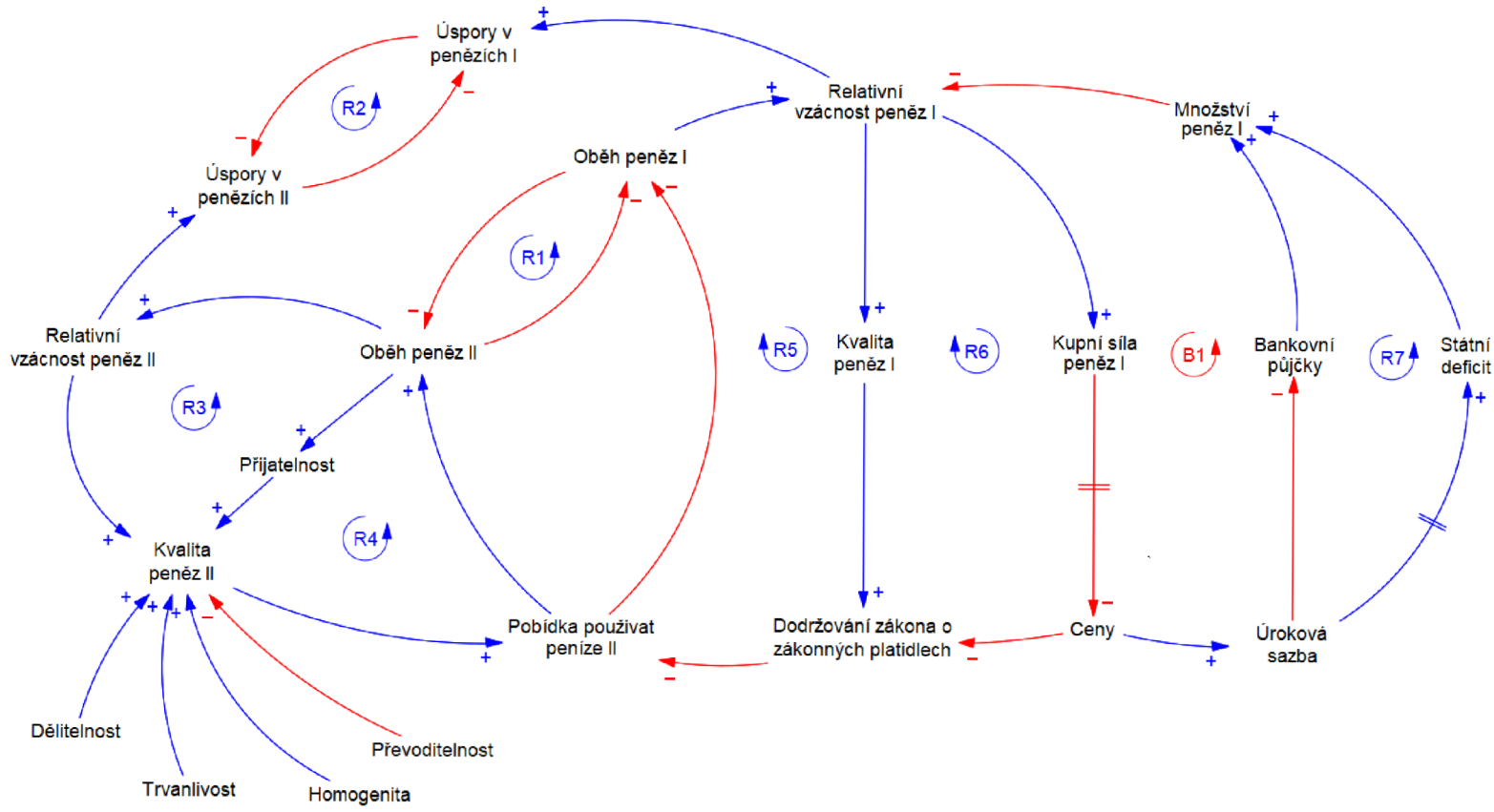
Hlavními dvěma částmi modelu jsou *obrat peněz v ekonomice* a *úspory v penězích*. Pro každé peníze se používá odlišná proměnná, která měří obrat a úspory, respektive se vytvářejí dvě pozitivní zpětnovazební smyčky. První spočívá v tom, že čím větší je obrat jedněch peněz v ekonomice, tím menší je obrat jiných a naopak (R1); druhá spočívá v tom, že čím větší jsou úspory v jedněch penězích, tím menší jsou úspory v jiných a naopak (R2).

Na tomto základě může v ekonomice vzniknout několik variant použití dvou druhů peněz. První variantou jsou zákonné peníze pro transakce a úspory. Druhou je zákonné platidlo pro transakce a spoření v jiných penězích. Třetí variantu představuje zákonné platidlo pro úspory, zatímco pro transakce se používají druhé peníze. Poslední možností je používat druhé peníze, které nejsou zákonným platidlem, a to jak pro transakce, tak pro spoření.

Příklad peněz II zohledňuje peněžní vlastnosti předmětu, tedy přijatelnost, dělitelnost, dlouhodobou homogenitu, stejnorodost, transakční hodnotu a relativní vzácnost.

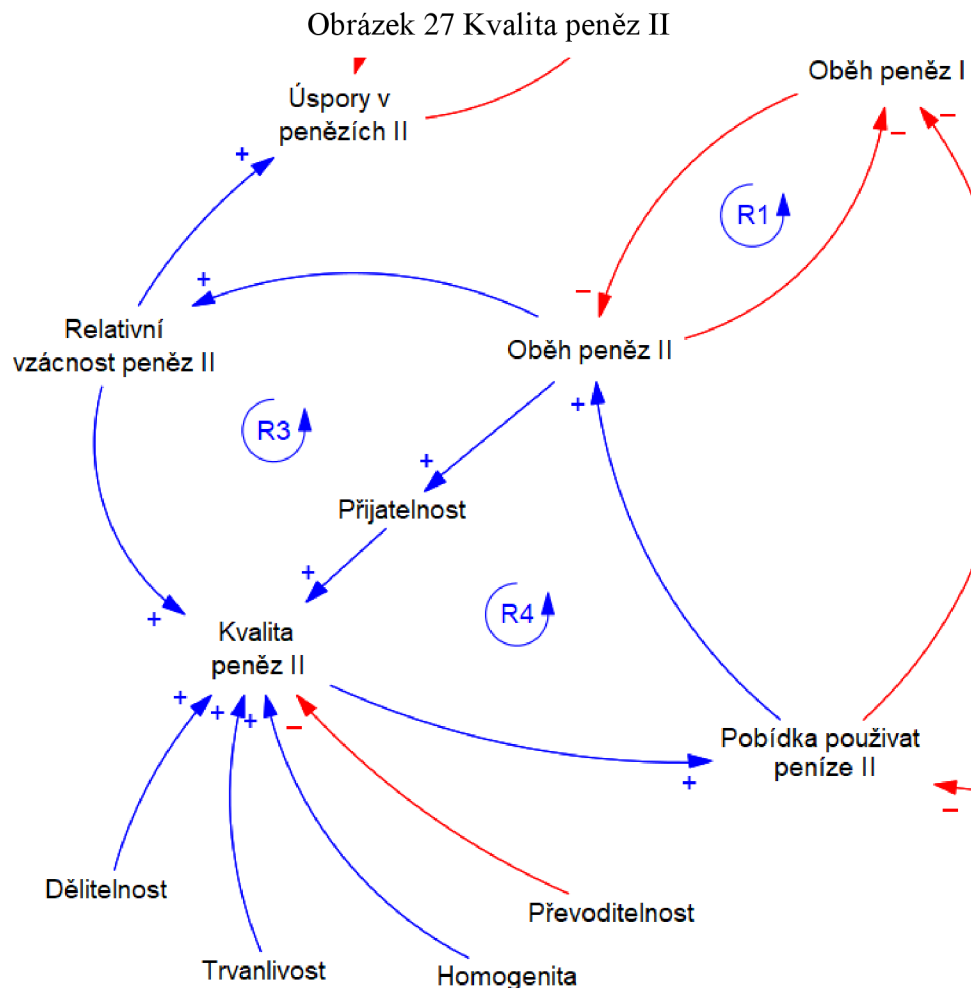
Při zohlednění peněz byla vzata v úvahu jejich kvalita. Všechny proměnné ovlivňující kvalitu peněz jsou umístěny v levé části modelu a odpovídají vlastnostem peněz. V pravé části modelu jsou sice tytéž vlivy na kvalitu implikovány, ale nejsou v modelu explicitně uvedeny. Příklad peněz I zohledňuje peněžní vlastnosti jako přijatelnost, dělitelnost, trvanlivost, homogenita, převoditelnost a relativní vzácnost. Převoditelností peněz rozumíme náklady na provedení transakce, takže čím vyšší jsou náklady na převod, tím nižší je kvalita.

Obrázek 26 Diagram kauzálních smyček



Zdroj: vlastní zpracování

Dále se v modelu ukazuje, že čím vyšší je kvalita peněz, tím větší je pobídka k jejich použití. Oběh peněz v ekonomice ovlivňuje přijatelnost a relativní vzácnost těchto peněz, což vytváří dvě pozitivní zpětné vazby (R3, R4).



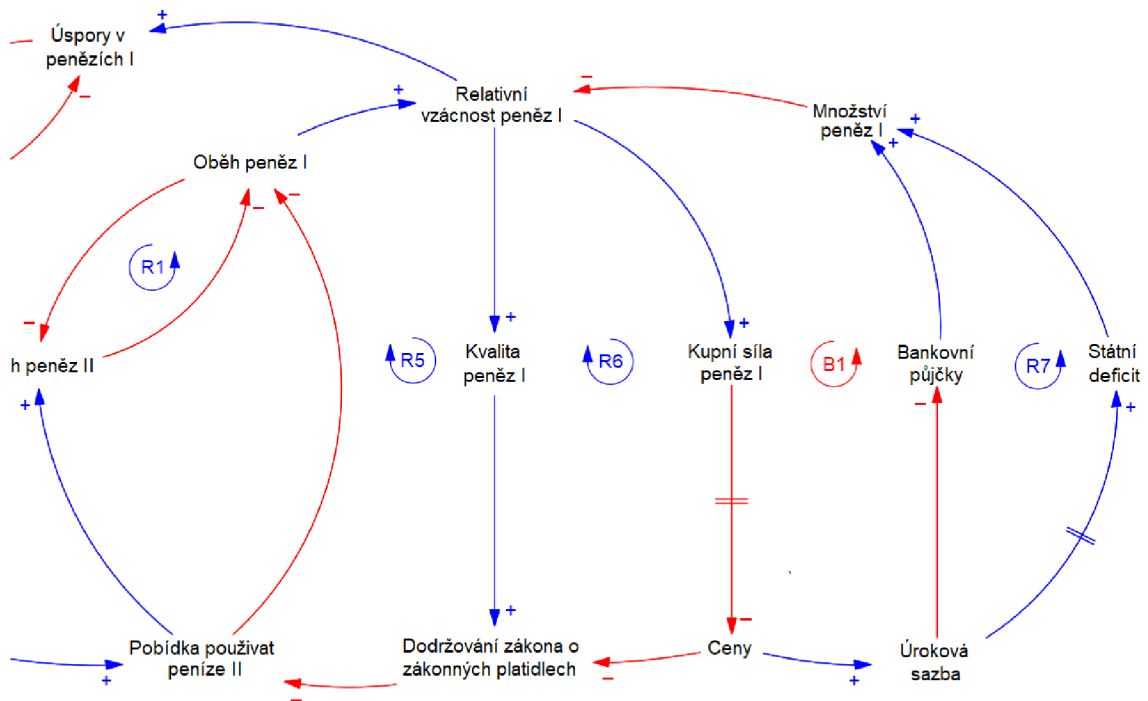
Zdroj: vlastní zpracování

Pravá část modelu znázorňuje model peněz ve státě s centrální bankou. Protože tyto peníze jsou zákonem stanoveným platebním prostředkem, jsou povinně přijímány na celém území státu. Jejich vlastnosti, které se týkají činností dlouhodobé homogenity a převoditelnosti, považujeme ve srovnání s penězi II za stejné. Hlavní protiklad mezi penězi I a penězi II spočívá ve srovnání relativní vzácnosti.

U peněz I ovlivňuje relativní vzácnost kvalitu a kupní sílu. Kupní síla se zpožděním ovlivňuje ceny – čím vyšší je kupní síla, tím nižší jsou ceny. Kvalitu peněz a ceny ovlivňuje zákon o platidle. Čím vyšší je kvalita peněz, tím více jsou lidé motivováni tyto peníze

používat a dodržovat zákon. V současnosti platí, že čím rychleji rostou ceny, tím menší je motivace používat peníze, protože rychle rostoucí ceny znamenají inflaci a ztrátu kupní síly peněz. Pokud jsou lidé se státními penězi spokojeni a respektují zákon o zákonném platidle, nemají důvod používat jiné peníze, ale pokud jsou státní peníze nekvalitní, pak ano. To je dlouhodobé vyjádření Thiersova zákona. Vznikají tedy dvě pozitivní zpětné vazby. Čím vyšší je vzácnost peněz, tím vyšší je jejich kvalita (R5) a tím nižší jsou jejich ceny (R6). Lidé jsou pak méně motivováni je měnit, což zvyšuje nejen jejich obrát na trhu, ale rovněž jejich vzácnost. Zároveň platí, že čím vyšší je vzácnost peněz, tím více je lidé spoří.

Obrázek 28 Kvalita peněz II



Zdroj: vlastní zpracování

Model dále ukazuje vztah mezi cenovou hladinou a klíčovou sazbou. Čím vyšší je cenová hladina, tím vyšší je klíčová sazba. To je jedna z funkcí centrální banky – kontrola inflace. Klíčová sazba má zase negativní vliv na počet poskytnutých bankovních úvěrů, protože určuje výnosnost těchto úvěrů. Klíčová sazba má také zpožděný pozitivní vliv na deficit státního rozpočtu. Jedná se o velmi zjednodušený výklad fungování státního rozpočtu. Státní deficit je v ultimativní rovině politickým rozhodnutím. V tomto případě stát na úhradu deficitu vydává státní dluhopisy a čím vyšší je klíčová sazba, tím více bude muset stát z těchto dluhopisů zaplatit. S výjimkou politických a hospodářských krizí mají státní útraty tendenci zůstat stejné nebo se zvyšovat. Zjednodušeně řečeno lze předpokládat, že úroveň

výdajů se bude přičítat k rostoucím nákladům na udržování státních dluhopisů, takže klíčová sazba v čase zvyšuje schodek státního rozpočtu. Jak bankovní výpůjčky, tak vládní deficity zvyšují množství peněz v ekonomice, což zase snižuje relativní vzácnost peněz.

Nakonec dostáváme dvě smyčky. První smyčka představuje pozitivní zpětnou vazbu R7 – vládní deficity zvyšují množství peněz v ekonomice, což snižuje kupní sílu a vede ke zvýšení cen. To následně vede k politickému rozhodnutí zvýšit klíčovou sazbu. Druhou smyčkou je smyčka vyrovnávací B1, kde zvýšení klíčové sazby vede k poklesu bankovních úvěrů, což snižuje množství peněz v ekonomice. Tímto způsobem dochází ke zpožděnému poklesu cen, který umožňuje snížit klíčovou sazbu, což zase zvyšuje počet bankovních úvěrů.

V tomto modelu měnového systému působí na peníze dvě protichůdné síly: zvýšené používání peněz v ekonomice, které vede ke zvýšení kupní síly a deflaci, a vládní deficity, jež zvyšují množství peněz v ekonomice a způsobují inflaci. Samostatně stojí za zmínku, že řízení klíčové sazby také přispívá k zahájení rakouského hospodářského cyklu, což se projevuje v bilanční smyčce spojené s bankovními úvěry.

4.2 Model peněžních zásob

V průběhu vlastní práce byly shromažďovány údaje o peněžní zásobě v USA a následně byl vytvořen model, který odráží růst peněžní zásoby a pokles kupní síly dolaru. Následující podkapitola popisuje model adopce bitcoinu.

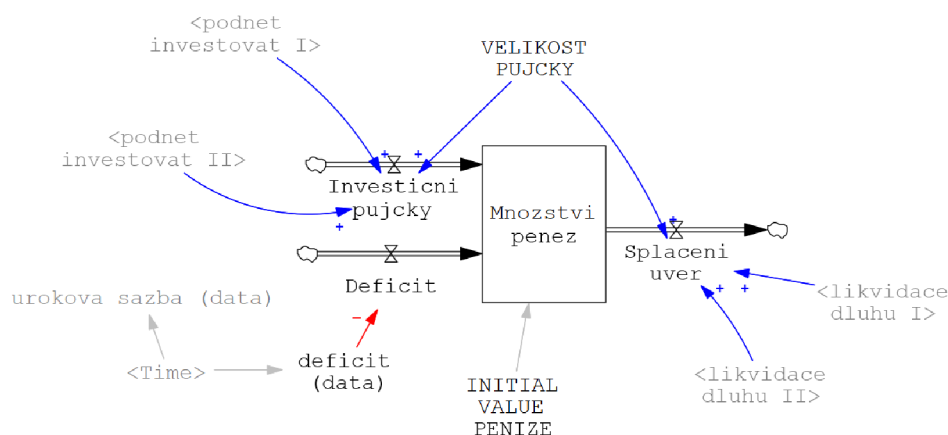
Spojené státy byly vybrány proto, že dolar je celosvětovou měnou a data o něm pečlivě shromažďuje Federální rezervní systém. Data pro ověření modelu představuje peněžní zásoba M2. M2 je odhad Federálního rezervního systému USA, jenž se týká celkové peněžní zásoby zahrnující veškerou hotovost, kterou mají lidé u sebe, a všechny peníze uložené na běžných a spořicích účtech a dalších krátkodobých spořicích prostředcích, jako jsou vkladové certifikáty (CD). Zůstatky na penzijních účtech a termínované vklady nad 100 000 \$ se do M2 nezahrnují (Federal Reserve Bank of St. Louis, 2023).

První model se skládá z několika částí. Hlavní částí modelu je akumulární proměnná *množství peněz*, která je ovlivněna dvěma hospodářskými cykly. Na ní závisí *kupní síla*.

Druhý model se skládá z části se standardním difuzním modelem (Ventana Systems, 2023), který zobrazuje rozšíření bitcoinu v populaci. Toto rozšíření je ovlivněno inflací dolaru a cenou bitcoinu. Kupní síla z první části a cena bitcoinu (Fusion Media, 2023) se používají jako validační údaje pro tento model.

K zobrazení deficitu a počáteční hodnoty množství peněz byly použity údaje z internetových stránek Federální rezervní banky v St. Louis (Federal Reserve Bank of St. Louis, 2023).

Obrázek 29 Životní cyklus veřejných peněz



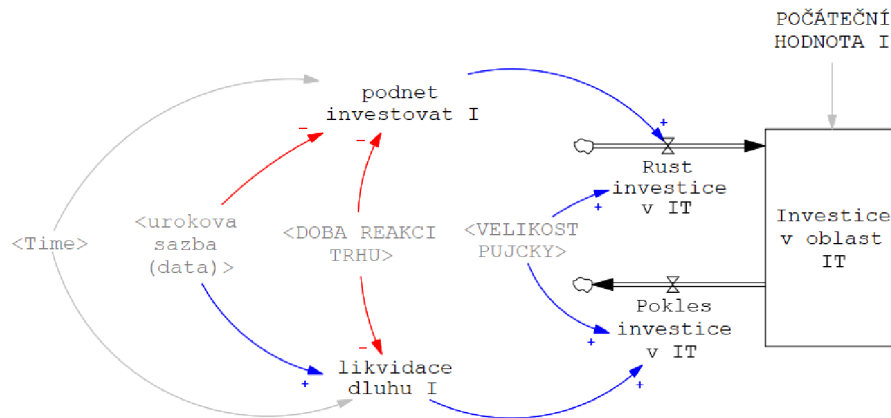
Zdroj: vlastní zpracování

Následují dvě části, které popisují hospodářský cyklus. Celý hospodářský cyklus se skládá z následujícího sledu událostí. Centrální banka sníží základní úrokovou sazbu, což vede ke zvýšení atraktivity úvěrů. Úvěry pak směřují do určité oblasti a zvyšují peněžní zásobu, která po určité době způsobuje inflaci. V zájmu omezení inflace centrální banka zvýší klíčovou sazbu, tím se sníží atraktivita úvěrů a zároveň zkrachují některé podniky, jejichž obchodní model byl závislý na nízké klíčové sazbě (Yamaguchi, 2016).

V modelu je tento cyklus reprezentován samostatnými částmi, přičemž každý cyklus vytváří bubliny v oblasti ekonomiky, která nemusí být nutně závislá na oblasti, kde byla bublina předtím. V posledních 30 letech proběhly dva takové cykly, a to internetová horečka a globální hospodářská krize. Navzdory tomu, že ke krizím došlo v různých oblastech ekonomiky, princip zůstává stejný. Model využívá údaje o klíčové sazbě. Pobídka k investování představuje snížení klíčové sazby, přičemž model počítá s porovnáním současné hodnoty klíčové sazby s předchozí – pokud je nižší, je proměnná rovna jedné, jinak nule.

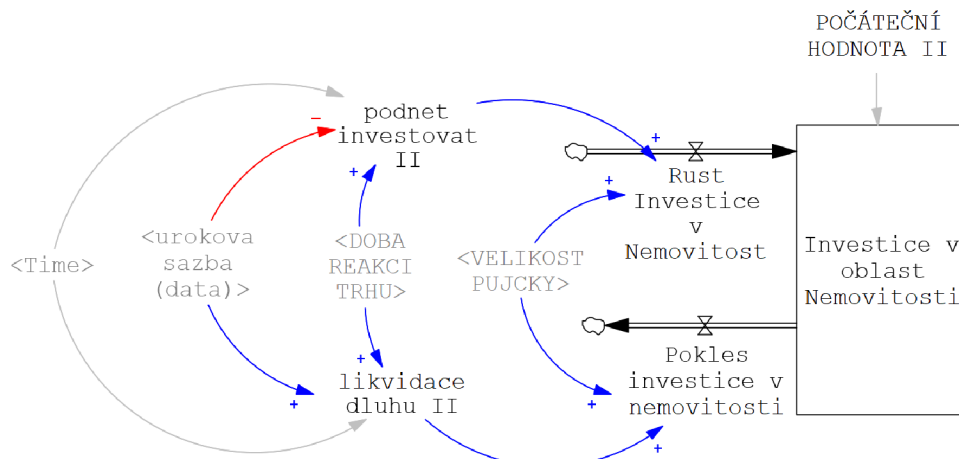
Likvidace dluhu se počítá podobným způsobem. Pokud se klíčová sazba zvýší, proměnná nabývá hodnoty jedna v porovnání se současnou a předchozí hodnotou; v opačném případě, když se klíčová sazba nezvyšuje, proměnná nabývá hodnoty nula. Doba reakce trhu se rovná jedné, což je v rámci modelu jeden rok. To je přibližně doba, kterou trh historicky potřeboval k tomu, aby se přizpůsobil nové klíčové sazbě (CESifo, 2017).

Obrázek 30 Hospodářský cyklus internetové horečky



Zdroj: vlastní zpracování

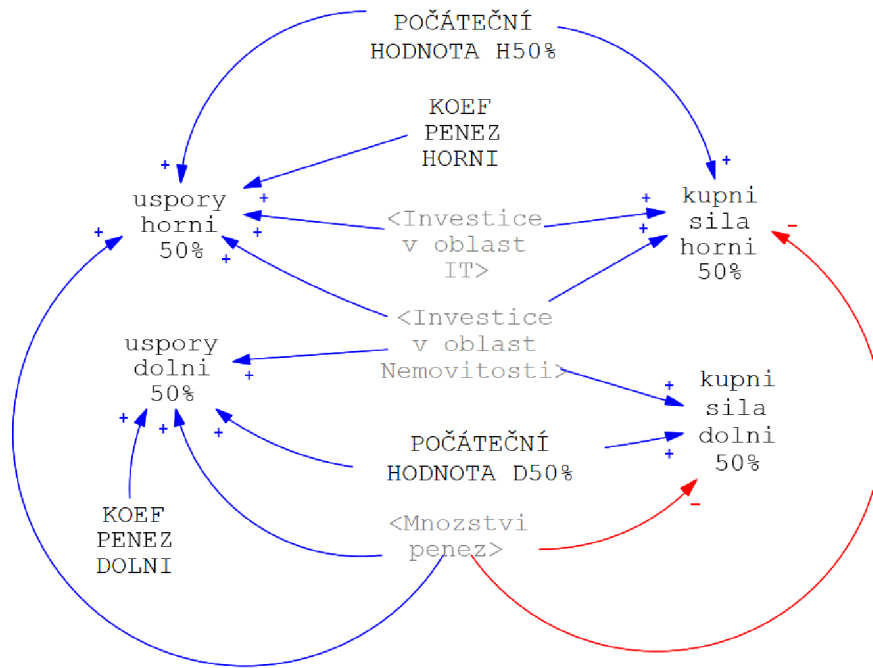
Obrázek 31 Hospodářský cyklus internetové horečky



Zdroj: vlastní zpracování

Poslední část modelu ukazuje celkovou hodnotu úspor horních 50 % obyvatelstva a dolních 50 % obyvatelstva a zároveň vypočítává kupní sílu těchto podílů.

Obrázek 32 Model vypočtu úspor a kupní síly



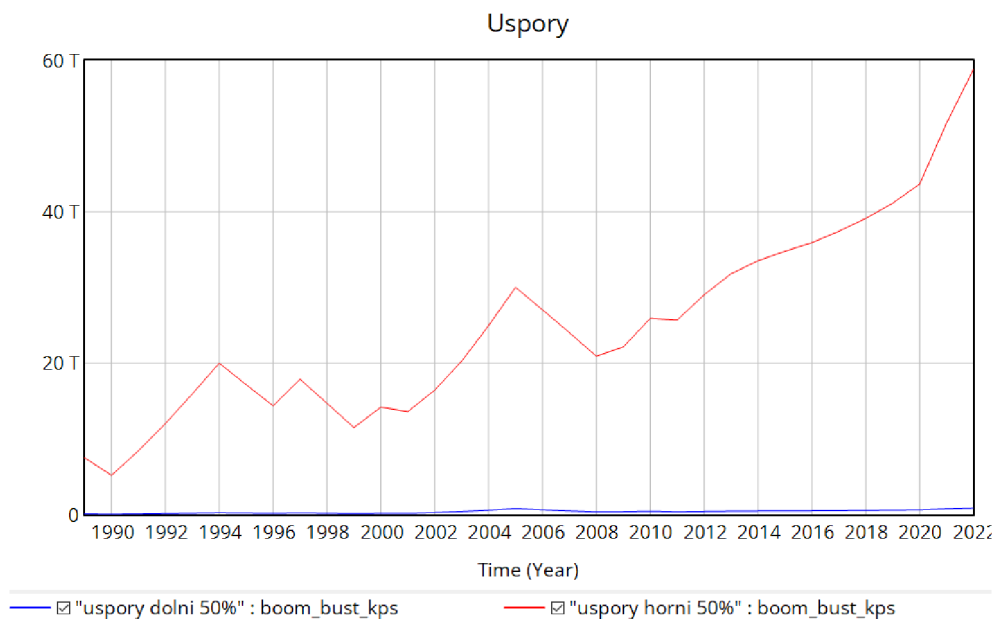
Zdroj: vlastní zpracování

Úspory dolních 50 % (Obrázek 32) obyvatelstva se vypočítávají pomocí počáteční hodnoty, hodnot cyklu velké recese, množství peněz a poměru. Počáteční hodnota byla převzata z údajů Federálního rezervního systému. Koeficient je kalibrační hodnota a násobí se množstvím peněz.

Pro spodní podíl je hospodářský cyklus v oblasti IT irelevantní, protože spodní podíl většinou nevlastní akcie, ale obvykle jeden byt, ve kterém bydlí. To je patrné z údajů o finančním majetku spodní a horní části populace (Federal Reserve Bank of St. Louis, 2023).

Úspory horních 50 % obyvatelstva jsou vypočteny pomocí počáteční hodnoty, hodnot cyklu internetové horečky, hodnot cyklu velké recese, množství peněz a koeficientu. Všechny úspory jsou uvedeny v dolarovém ekvivalentu. Horní polovina populace má kupní sílu i úspory odrážející oba hospodářské cykly.

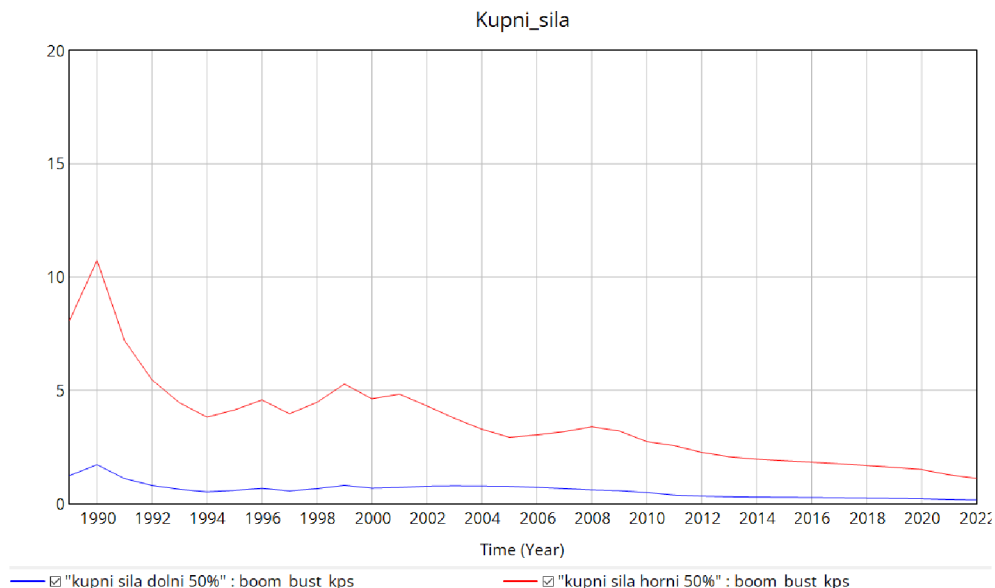
Obrázek 33 Graf úspor horní a dolní části obyvatelstva



Zdroj: vlastní zpracování

Druhá strana modelu vypočítává kupní sílu týchž úspor. Rozdíl je v tom, že počáteční hodnota úspor se dělí množstvím peněz. Výsledkem je klesající kupní síla. Jak pro horní, tak pro dolní polovinu populace směřuje kupní síla k nule.

Obrázek 34 Graf kupní síly úspor horní a dolní části obyvatelstva



Zdroj: vlastní zpracování

Pro kontrolu výsledků byla stejným způsobem použita data z Federální rezervní banky (Federal Reserve Bank of St. Louis, 2023).

4.3 Model adopce bitcoinu

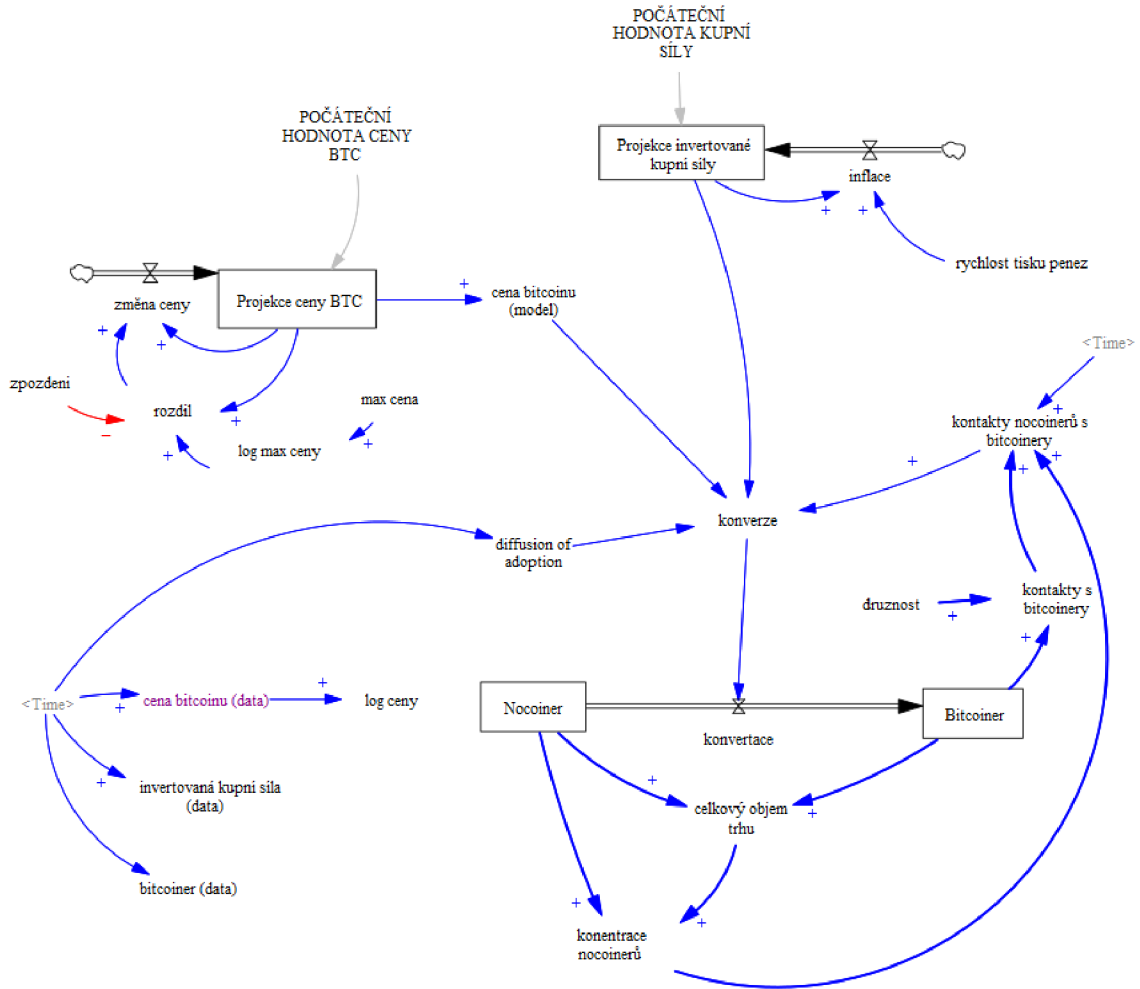
V této kapitole je představen model adopce bitcoinu. Skládá se ze čtyř částí. První část představuje klasický model epidemie, kde se místo zdravých a nemocných lidí používají pojmy nocoiner neboli osoba, která bitcoin nepoužívá, a bitcoiner, tedy osoba, která bitcoin používá. Přejít z nocoinera na bitcoinera je ovlivněn družností, motivací spořit v jiné měně a motivací nakupovat.

Druhá část modeluje invertovanou kupní sílu, přičemž její hodnota ovlivňuje motivaci spořit v jiné měně. Třetí část modeluje logaritmickou cenu bitcoinu, která ovlivňuje motivaci k nákupu bitcoinu. Data ze čtvrté části modelu slouží k ověření projektovaných hodnot z druhé a třetí části.

Z hlediska logiky funguje tento model následujícím způsobem. Celá populace Ameriky je nocoiner, počínaje jediným bitcoinerem začíná postupná adaptace, ke které dochází prostřednictvím sociálních interakcí. Přitom zájem o bitcoin zvyšuje klesající kupní síla dolaru a rostoucí cena bitcoinu. Klesající kupní síla svědčí o špatné kvalitě relativní vzácnosti dolaru, takže lidé budou mít tendenci volit jiný způsob uložení hodnoty, pokud to bude možné. Jelikož platí zákon o zákonném platidle, mohou lidé o bitcoinu pouze mluvit, ale až bude bitcoin zákonným platidlem nebo bude zákon zrušen, budou moct nejen o bitcoinu mluvit, ale také s ním legálně platit, což je smysluplnější sociální interakce. Co se týče ceny bitcoinu, projevuje se zde psychologický Veblenův efekt, což je tendence poptávky zvyšovat se při růstu ceny zboží.

Při vytváření modelu není cena bitcoinu ovlivněna kupní silou dolaru, protože k výpočtu růstu ceny bitcoinu a poklesu kupní síly byly použity struktury, které vytvářejí tvar určité funkce, nikoli jejich skutečné příčiny. Bylo tak učiněno proto, že jak bitcoin, tak inflace jsou složité jevy a není možné určit přesné příčiny jejich vlivu, tedy kromě zobecněných teoretických příčin, jež jsou zase obtížně měřitelné.

Obrázek 35 Model adopce bitcoinu



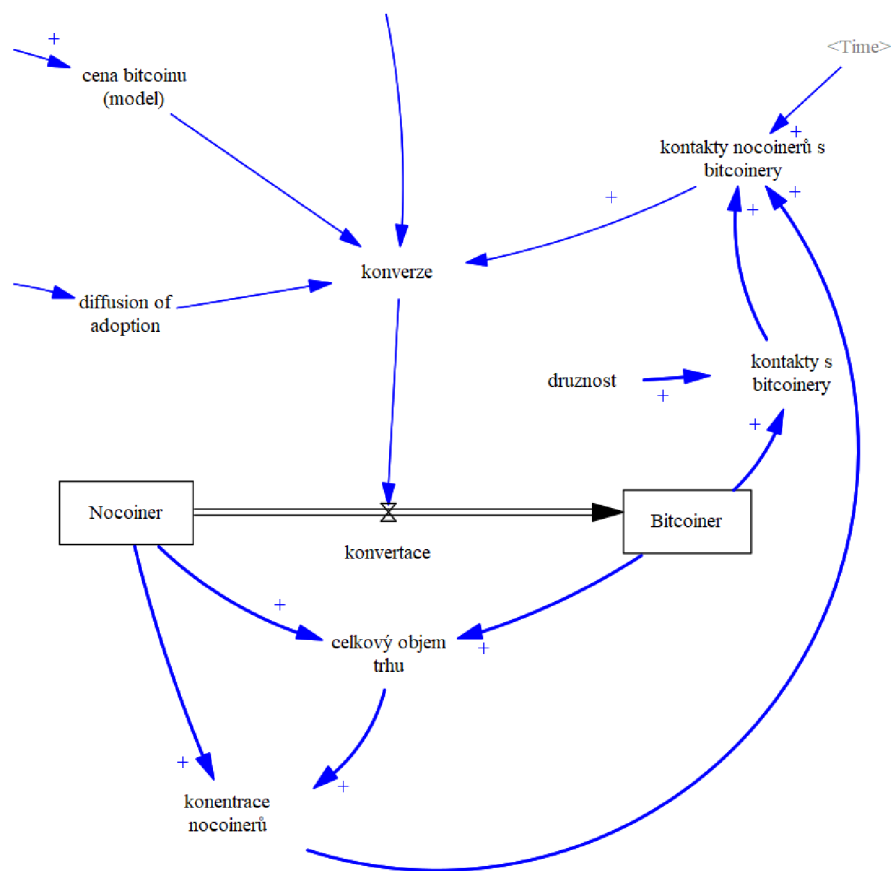
Zdroj: vlastní zpracování

4.3.1 Adopce bitcoinu

Tato část modelu představuje kumulativní proměnné nocoiner a bitcoiner, v proudu mezi nimi představuje konvertování ovlivněné konverzí. Celkový objem trhu je součtem bitcoinerů a nocoinerů. Koncentrace nocoinerů je podíl všech nocoinerů na objemu trhu. V proměnné kontakty s bitcoinery se počítá družnost vynásobená počtem bitcoinerů. Poté se vypočítá počet kontaktů nocoinerů s bitcoinery, který ovlivňuje konverzní poměr.

Konverzi ovlivňuje také motivace spořit v jiné měně a motivace nakupovat bitcoiny vzhledem k růstu ceny.

Obrázek 36 Adopce bitcoinu



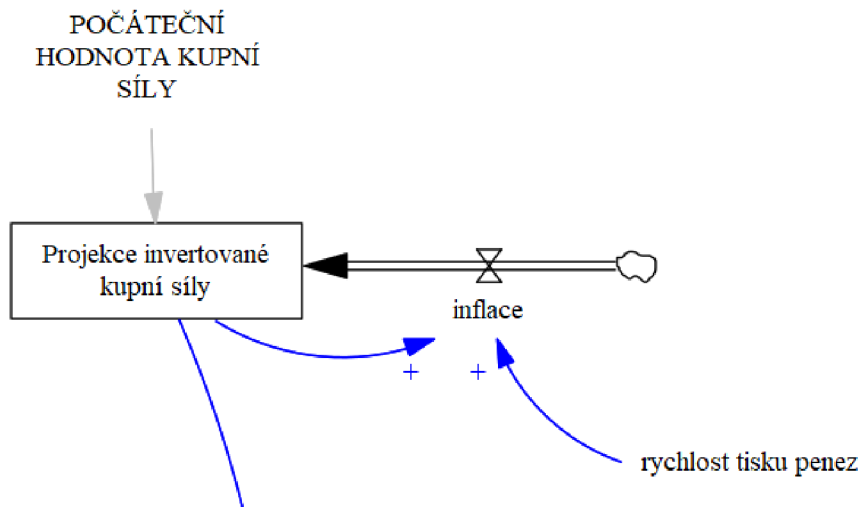
Zdroj: vlastní zpracování

4.3.2 Inflace

V další části je modelována inflace, která závisí na míře tisku peněz. V tomto kontextu se tisk peněz vztahuje k první části práci a zahrnuje tvorbu peněz bankami a vládní deficity. Rychlost znamená změnu – o kolik procent se zvýšila peněžní zásoba ve srovnání s předchozí časovou jednotkou.

Podle toho platí, že čím větší je rychlost, tím rychleji klesá kupní síla. Model používá obrácenou kupní sílu ze dvou důvodů. Zprvė proto, že kupní síla logicky nejlépe vysvětluje inflaci v dlouhém období, zadruhé proto, že obrácená kupní síla umožňuje nakreslit přehledný graf. Jinak by graf vypadal jako logaritmus směřující k nule. Počáteční hodnota kupní síly byla převzata z první části práci.

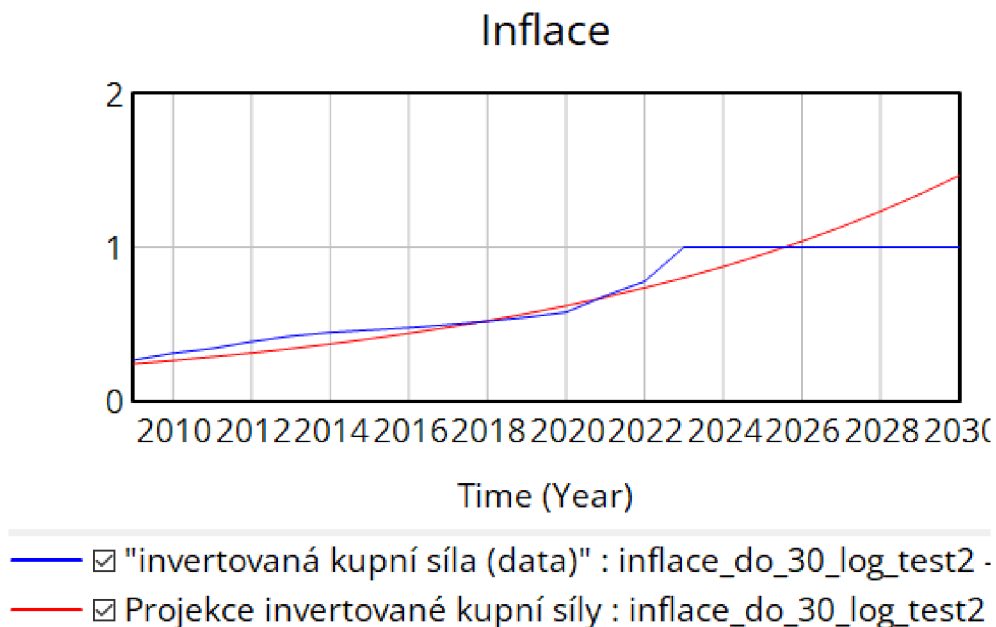
Obrázek 37 Model inflace



Zdroj: vlastní zpracování

Výsledkem této části modelu je graf inflace, který lze porovnat s údaji z předchozí části modelu. Protože existují všechny důvody předpokládat, že inflace je exponenciální, byl model sestaven a kalibrován tak, aby vytvořil exponenciální graf.

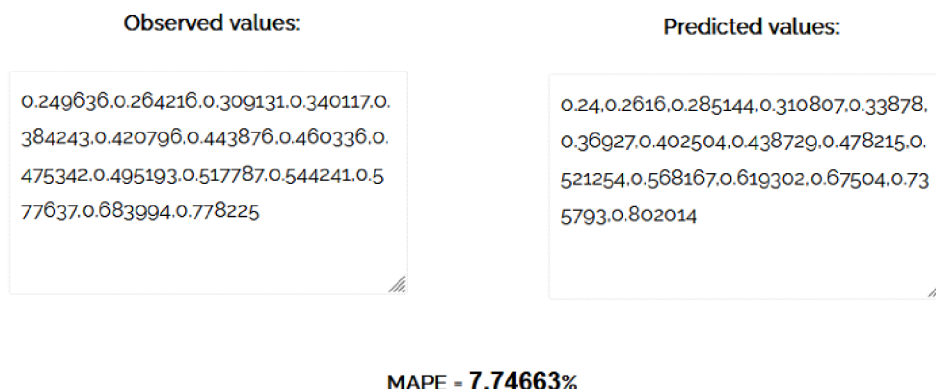
Obrázek 38 Graf inflace



Zdroj: vlastní zpracování

Ke kontrole přesnosti modelu byla použita hodnota MAPE, která činila 7% chybu. Z toho lze usuzovat, že model inflace je poměrně přesný.

Obrázek 39 Vysledky MAPE

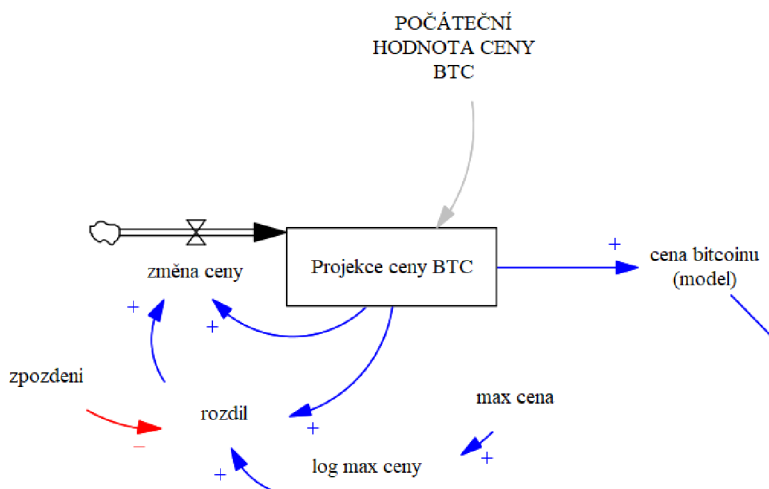


Zdroj: vlastní zpracování

4.3.3 Cena bitcoinu

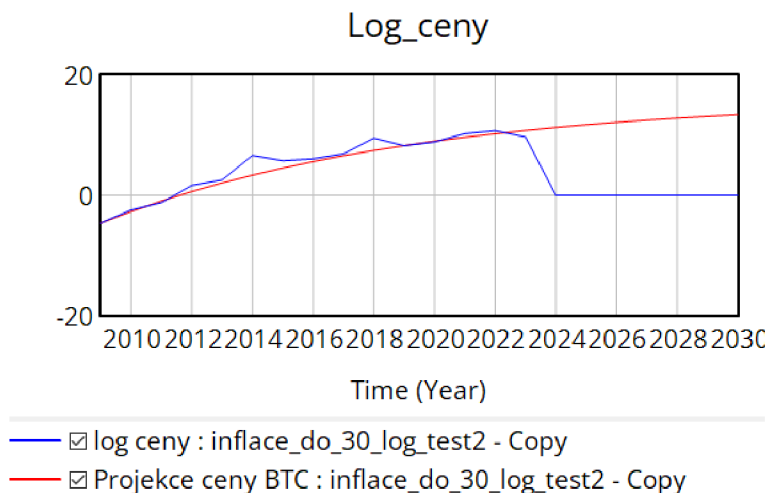
Poslední část modelu simuluje logaritmickou projekci ceny bitcoinu. Pro tuto část modelu se používá klasická logaritmická struktura. Začíná se maximální cenou, z níž dostaneme logaritmus maximální ceny. Následně se rozdíl logaritmu maximální ceny a projektované ceny bitcoinu vydělí zpožděním a o tuto částku se zvýší projektovaná cena bitcoinu. V počáteční hodnotě ceny bitcoinu je použito záporné číslo, které odpovídá skutečnosti, protože bitcoin měl zpočátku hodnotu nižší než jeden dolar. V této části se také vypočítá běžná cena bitcoinu v dolarech.

Obrázek 40 Model růstu ceny bitcoinu



Zdroj: vlastní zpracování

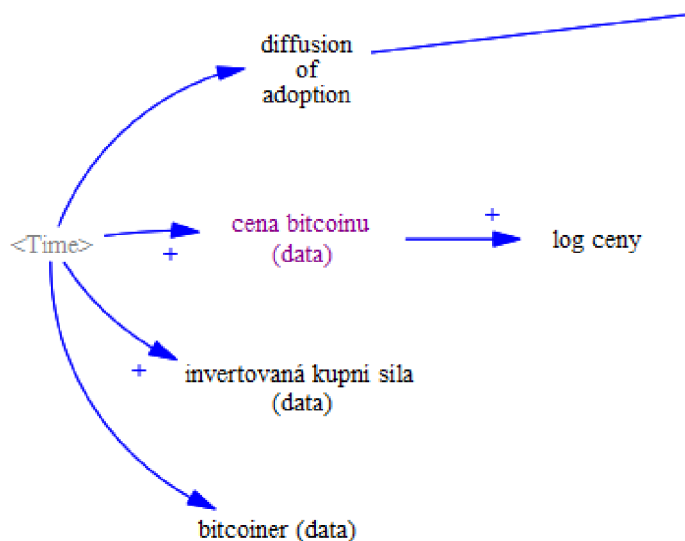
Obrázek 41 Graf logaritmu ceny bitcoinu



Zdroj: vlastní zpracování

Nakonec se porovnají logaritmy cen podle historických údajů a podle modelu. Protože data končí v roce 2023, je graf dat znázorněn nulou počínaje rokem 2024. Cena bitcoinu se pro porovnání s modelovanými hodnotami také logaritmuje.

Obrázek 42 Kalibrační data



Zdroj: vlastní zpracování

4.3.4 Kalibrace modelu

Kalibrace tohoto modelu se skládala ze dvou částí, a to z vyhledání dat a z přizpůsobení modelu těmto datům.

Jako hlavní data pro přizpůsobení bitcoinů byly použity statistiky Coinbase (Corva, 2023). Z nich byl převzat roční počet uživatelů, procento uživatelů, kteří na svém účtu ukládají bitcoiny, a procento uživatelů v USA. Tím to způsobem byl vypočítán počet uživatelů bitcoinů v USA. Níže je uveden vzorec pro výpočet.

$$U_b = U_y * B * A \quad (1)$$

Kde:

U_b – množství bitcoinerů v USA

U_y – roční hodnota uživatelů

B – procent držitelů bitcoinu

A – procent uživatelů z USA

Pro bitcoin byla stanovena standardní cena 1 milion do roku 2030, což je číslo, které předpověděla Cathie Woodová, investorka a zakladatelka fondu Ark Invest (Reynolds, 2023).

Co se týče inflace, jako referenční hodnota bylo zvoleno 7 %, což je historický dlouhodobý průměr růstu dolarové peněžní zásoby (Ycharts, 2024). Pokud budeme počítat inflaci na základě první části práci, bude procento vyšší a bude uvažováno v jedné z možností.

Pro kalibraci modelu byla užitečná Rogersova teorie šíření inovací (Rogers, 2003). Tato teorie popisuje, jak se myšlenka šíří v populaci, a rozlišuje několik fází:

- 1) Inovátoři (2009–2011): Prvními inovátory byli technicky zdatní jednotlivci a cypherpunkeré, které přitahovala decentralizovaná a anonymní povaha bitcoinu.
- 2) První osvojitelé (2011–2013): Investoři, technologičtí nadšenci a zájemci o alternativní finanční systémy rozpoznali potenciál růstu bitcoinu a připojili se k hnutí.
- 3) Raná většina (2013–2017): Rostoucí medializace, růst cen a vznik regulovaných burz přilákaly mainstreamové investory a instituce.
- 4) Pozdní většina (od r. 2017 dosud): Díky širší pozornosti médií, vyvíjejícím se regulacím a rostoucí dostupnosti oslovil bitcoin širší publikum, včetně těch, kteří původně váhali.
- 5) Opožděnci (současnost–budoucnost): Někteří jednotlivci zůstávají skeptičtí nebo nemají dostatek prostředků pro přístup k bitcoinu, i když se stále více prosazuje.

Po získání relevantních údajů bylo nutné model upravit. K tomuto účelu se použily váhy konverzních vlivů, které byly stanoveny na základě technologické difuze.

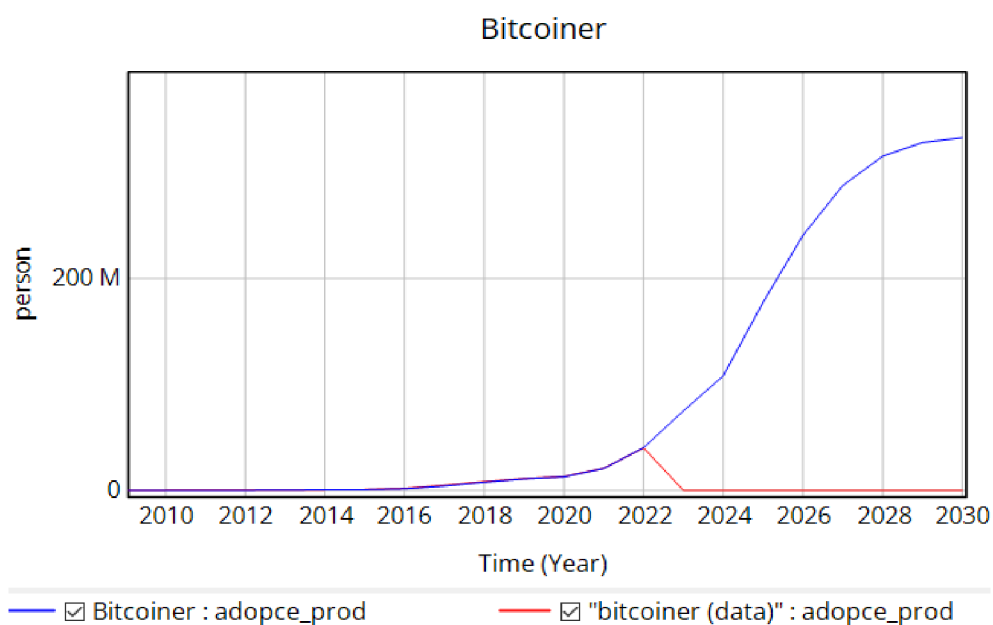
Tabulka 1 Váhy konverzních vlivů S-křivky

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1E+10	1E+10	1E+10	1E+08	70	10	10	5	1	0.2	0.04
2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
0.07	0.057	0.03	0.01	0.01	0.005	0.003	0.002	0.0015	0.0013	0.001

Zdroj: vlastní zpracování

Konečným výsledkem je graf S-křivky. Po roce 2022 nejsou k dispozici žádná data, proto je v grafu označen jako nula.

Obrázek 43 Graf adopce bitcoinu



Zdroj: vlastní zpracování

Model s těmito parametry bude považován za referenční model a všechny ostatní varianty s ním budou porovnávány.

5 Výsledky

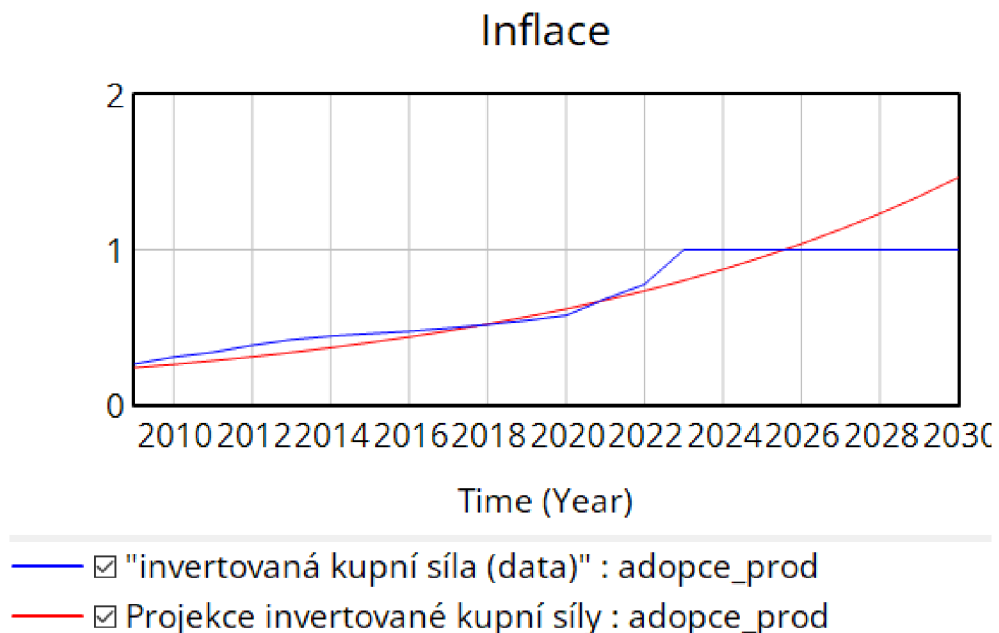
5.1 Varianty

V modelu dá se předpokládat několik variant událostí, které závisí na dvou klíčových faktorech: inflaci a ceně. Dále se uvažují různé varianty inflace se standardní maximální cenou bitcoinu ve výši jednoho milionu dolarů a následně se uvažují změny maximální ceny bitcoinu se standardní inflací.

5.1.1 Modelovaná inflace

V první variantě se uvažuje inflace na základě údajů z první části modelu. V tomto případě byl model kalibrován tak, aby odpovídal křivce poklesu kupní síly. Graf inverzní kupní síly při 9% míře tisku peněz je zobrazen na obrázku 44 spolu s daty inverzní kupní síly do roku 2023. Tento scénář odpovídá dolarové inflaci v reálném světě na základě údajů odvozených z kupní síly z první části modelu. Na obrázku 44 je hodnota po roce 2023 konstantní, protože po tomto období nejsou k dispozici žádné údaje.

Obrázek 44 Graf inflace

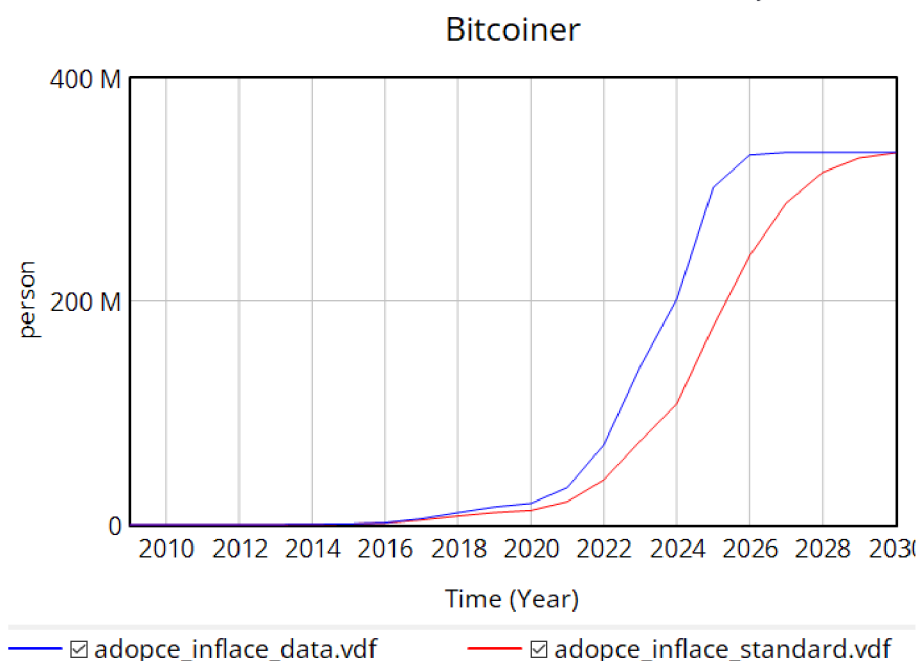


Zdroj: vlastní zpracování

Výše inflace přesvědčuje lidi, aby se stali bitcoinery rychleji. V kontrolním scénáři se všichni Američané stanou bitcoinery do roku 2030, ve scénáři vyšší inflace se všichni stanou bitcoinery do roku 2026. Srovnání je vidět na obrázku 45.

Tento scénář je poměrně pravděpodobný, protože Spojené státy v současné době nemají dostatek rozpočtových prostředků na splácení svého dluhu, takže budou nuceny vytvářet peníze na splácení tohoto dluhu prostřednictvím deficitů. To následně zhorší kvalitu dolaru a donutí Američany hledat nové způsoby, jak uchovat hodnotu svých úspor.

Obrázek 45 Graf adopce bitcoinu



Zdroj: vlastní zpracování

5.1.2 Vysoká inflace

Tato varianta předpokládala využití hyperinflace, která je definována jako 50% inflace za měsíc. Při roční 50% inflaci ale přestává model fungovat a přesahuje výpočetní kapacitu programu po roce 2017. Tehdy počet osob v proměnné úspory překročil maximální počet osob a v roce 2018 se počet osob dostal do záporných hodnot. Graf a tabulka 2 s vypočtenými údaji jsou uvedeny níže.

Tabulka 2 Výsledky hodnoty bitcoiner

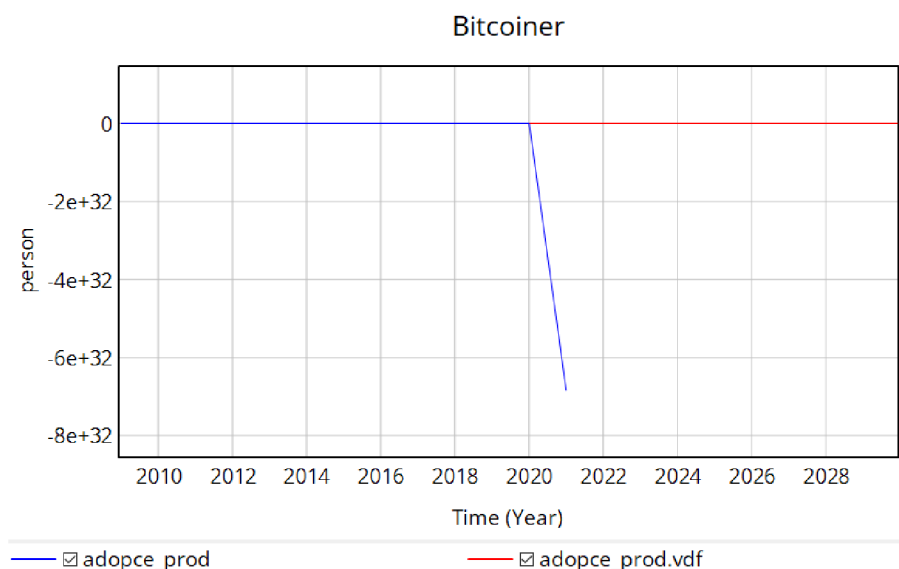
Time (Year)	2017	2018	2019
Adopce_high_inflace	1.36971e+09	-5.41939e+10	-7.6398e+13

Adopce_inflace_standard	4.13238e+06	7.70153e+06	1.07996e+07
-------------------------	-------------	-------------	-------------

Zdroj: vlastní zpracování

Tento scénář by mohl nastat, pokud by se ke stávajícímu dluhovému zatížení přidala nějaká forma krize, která by mohla ohrozit solventnost největších amerických bank. V případě platební neschopnosti největších bank by totiž americká vláda musela, stejně jako v případě minulé krize, volit mezi bankrotem největších bank a záchranou všech největších bank na úkor daňových poplatníků a jejich úspor. V obou případech bude problematické používat dolar jako peníze: v prvním případě kvůli celosvětové ztrátě pověsti spolehlivého dlužníka, ve druhém případě dojde k znehodnocení dolaru.

Obrázek 46 Graf adopce bitcoinu



Zdroj: vlastní zpracování

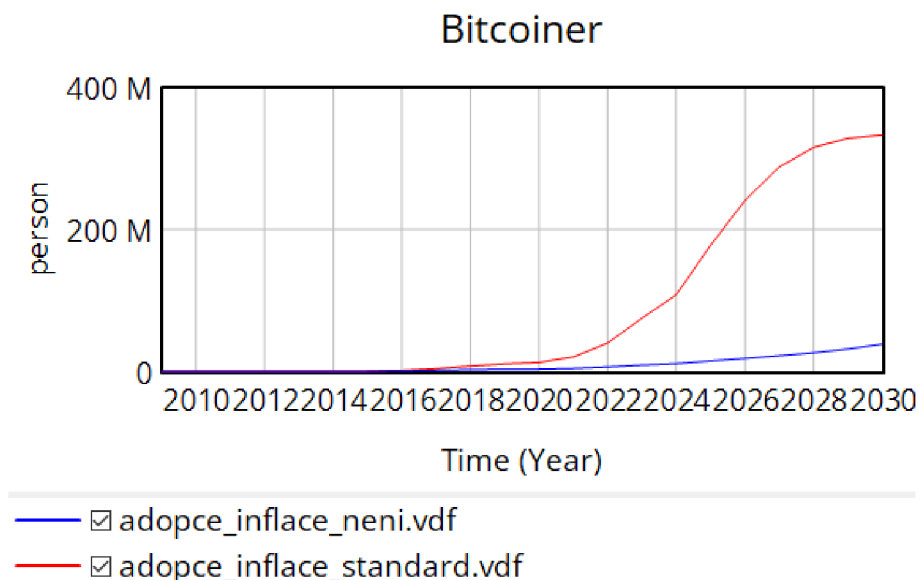
5.1.3 Nulová inflace

V této variantě je míra tisku peněz nulová, ale projekce kupní síly představuje akumulární proměnnou s počáteční hodnotou 0,24, která byla převzata z údajů v první části. To znamená, že kupní síla se nemění a bitcoinerů přibývá pomalu.

Tento scénář představuje přesně to, o co Federální rezervní systém usiluje, tedy dvouprocentní inflaci. K dosažení tohoto cíle by samozřejmě bylo nutné dlouhodobé zvýšení klíčové sazby a snížení deficitu. Tyto varianty jsou však nepravděpodobné, protože oba tyto kroky jsou politicky sebevražedné, protože by zcela jistě vedly ke krizi a velkému počtu

nezaměstnaných. Nicméně pouze takovou politikou je možné zachovat pověst i hodnotu dolaru a zároveň obětovat ekonomiku Spojených států.

Obrázek 47 Graf adopce bitcoinu



Zdroj: vlastní zpracování

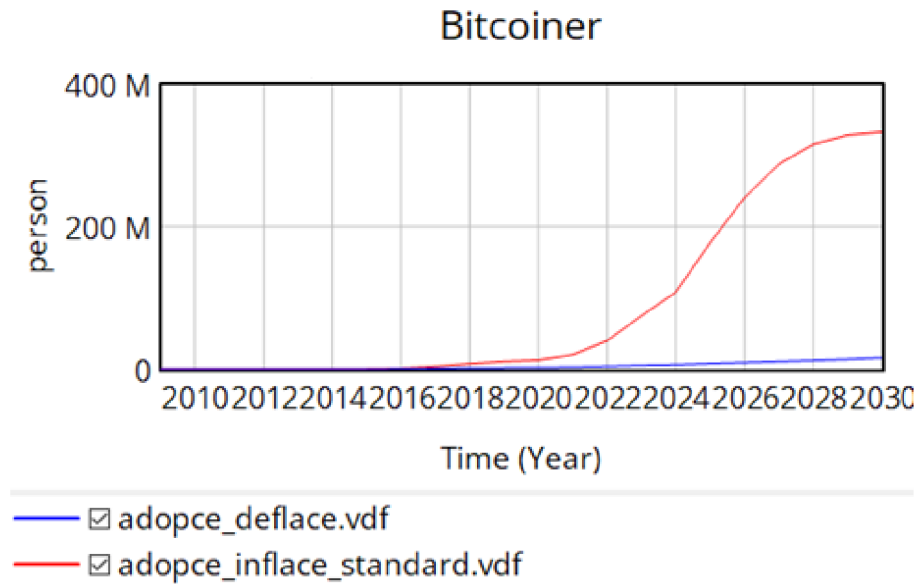
5.1.4 Deflace

V případě deflace je hodnota míry tisku peněz stanovena na -2% , což v kontextu modelu znamená, že kupní síla roste. V důsledku toho je růst bitcoinů ještě pomalejší než v případě nulové inflace.

Tento scénář představuje ukončení funkce federálních rezerv jako emitenta peněz a umožnění trhu, aby sám určoval klíčovou sazbu. První varianta by vedla k zastavení inflace, druhá varianta by umožnila trhu určit si vlastní priority a v důsledku toho co nejrationálněji alokovat peníze. Pouze tato varianta zamezí rakouskému hospodářskému cyklu a dlouhodobě udržitelnému růstu, který se projeví v nárůstu výrobků a služeb a poklesu jejich ceny.

To samo o sobě povede ke krizi, ale na rozdíl od krizí federálních rezerv, pokud nedojde k zásahu vlády, může být tato krize relativně rychle vyřešena a dolar si zachová svou reputaci a hodnotu.

Obrázek 48 Graf adopce bitcoinu



Zdroj: vlastní zpracování

5.1.5 Standardní inflace; BTC = 10 mil. \$

Zde se uvažuje varianta s maximální hodnotou bitcoinů 10 milionů a standardní inflací 7%. Stejně jako v případě vysoké inflace se model rozbil, po roce 2024 totiž překročil maximální počet uživatelů a v roce 2025 již vykazoval záporné hodnoty. Graf a tabulka jsou uvedeny níže.

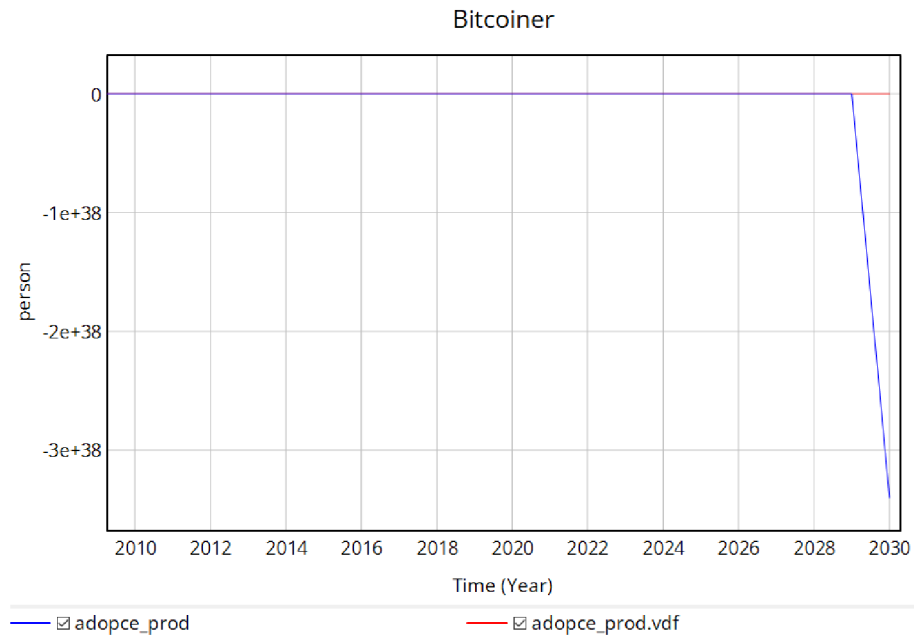
Tabulka 3 Výsledky hodnoty bitcoiner

Time (Year)	2024	2025	2026
adopce_prod	4.55381e+08	-4.81585e+08	-6.04712e+09
adopce_inflace_standard	1.08146e+08	1.77568e+08	2.4065e+08

Zdroj: vlastní zpracování

Tento scénář se již týká pouze bitcoinu a jeho dostupnosti, stejně jako postojů lidí k němu. Tento scénář předpokládá, že bitcoin bude mít silný Veblenův efekt nebo že jeho omezená dostupnost bude hrát hlavní roli. Na rozdíl od zlata, které rovněž podléhá Veblenovu efektu, zvýšené zisky z těžby bitcoinů nepovedou vzhledem ke struktuře bitcoinového protokolu ke zvýšené těžbě bitcoinů. Zvýšené zisky z těžby bitcoinů pouze přilákají nové těžaře a dále decentralizují síť.

Obrázek 49 Graf adopce bitcoinu



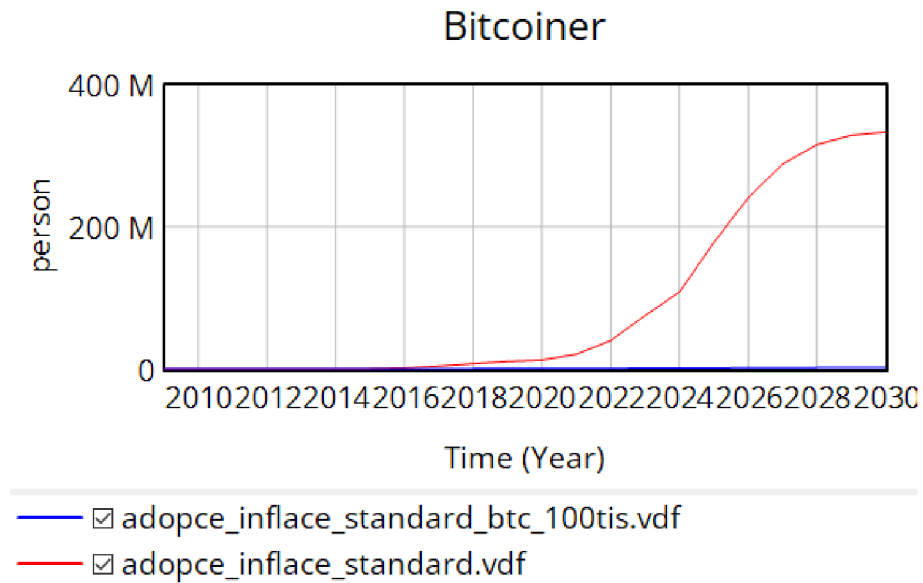
Zdroj: vlastní zpracování

5.1.6 Standardní inflace; BTC = 100 tis. \$

V případě, že bitcoin má maximální cenu 100 000 \$, model ukazuje pomalý růst počtu uživatelů bitcoinu, jak je uvedeno níže.

Poslední scénář předpokládá, že Bitcoin nebude mít webleness efekt nebo o něj lidé nebudou mít zájem. Aby se však tento scénář uskutečnil, musí Bitcoinu konkurovat nějaká jiná kryptoměna, která má ještě lepší peněžní vlastnosti. Za posledních 5 let s rostoucí popularitou kryptoměn jich vzniklo více než 20 000 a žádná z nich se cenou ani adopcí Bitcoinu nestala. Další možností této varianty je nalezení nějaké klíčové zranitelnosti v Bitcoinu, která by umožnila dvojí utrácení nebo beznákladové nabourání soukromých klíčů. Prolomení klíčů však znamená, že lidé objevili technologii pro dešifrování SHA256 a vyšší, což zase ohrožuje soukromou výměnu dat na internetu a vytváří mnohem větší problém než ztráta hodnoty bitcoinu.

Obrázek 50 Graf adopce bitcoinu



Zdroj: vlastní zpracování

5.2 Diskuse

Tato práce může být užitečná jak pro lidi, kteří se snaží pochopit příčiny inflace a základní způsoby jejího řešení, tak pro vládu USA, jejímž zájmem je zachovat dolar jako světovou měnu. Model představuje klíčové prvky ovlivňující inflaci bitcoinů a adopci bitcoinů. Na základě hodnot těchto prvků model předpovídá chování lidí. V případě vlády USA má kontrolu nad federálními rezervami a její kroky mohou dolar buď znehodnotit, nebo posílit, a tím ovlivnit rozhodnutí lidí používat dolar jako uchovatele hodnoty.

Model uvažuje čisté varianty, kdy jsou proměnné ovlivňující adopci na sobě nezávislé, zatímco v reálném světě by inflace přímo ovlivňovala cenu bitcoinu a vytvářela by posilující smyčku. V reálném světě by byla pravděpodobnější kombinace variant popsaných v práci. Bez ohledu na vstupy však simulace ukazuje dva hlavní možné výsledky: Použití dolaru jako prostředku k ukládání hodnoty, použití bitcoinu jako prostředku k přesunu hodnoty. Možný je i výsledek mezi nimi, ale ten pravděpodobněji odráží přechodné období od dolaru k bitcoinu, v případě pomalejšího přijetí bitcoinu.

Model také nebere v úvahu dva moderní způsoby ukládání hodnoty: cenné papíry a nemovitosti. Tyto způsoby nejsou zohledněny, protože nemají potřebné peněžní vlastnosti: přijatelnost, dělitelnost, homogenita. Cenné papíry, akcie a dluhopisy s sebou ze své podstaty nesou rizika, takže nejsou homogenní, a na druhé straně je akceptuje pouze určitý počet

účastníků trhu makléřů a bank. Nemovitosti zase nelze použít jako peníze, protože nemají vlastnost dělitelnosti, homogenity a převoditelnosti. Přesto v současné době plní funkci ukládání hodnoty, protože moderní měny ji svou strukturou plnit nemohou. Bitcoin zase plní všechny peněžní funkce, takže je těmto prostředkům ukládání hodnoty nadřazen. Na rozdíl od cenných papírů bitcoin je homogenní, na rozdíl od nemovitostí je likvidní.

Za zmínku stojí následující nuance tohoto modelu. Halving je předem stanovená událost zapsaná v protokolu bitcoinu, která snižuje odměnu za těžbu bloku v bitcoinech o 50 %. K tomu dochází přibližně každé čtyři roky nebo po každých 210 000 vytěžených blocích. Účelem halvingu je postupně zpomalit vydávání nových bitcoinů a nakonec dosáhnout předem stanovené maximální nabídky 21 milionů. Při konstrukci ceny bitcoinu nebyl výslovně zohledněn halving, protože jeho akceptace by vyžadovala zohlednit nabídku a poptávku po bitcoinech, přičemž se tyto proměnné obtížně měří. Proto model použil k vyjádření růstu ceny exponenciální růst, který zároveň odpovídá přítomnosti halvingu, neboť nabídka pravidelně klesá, což se odráží v růstu ceny. Tento model se také nedokáže vyrovnat s variantou hyperinflace a hroutí se. V reálném světě by to však znamenalo, že dolar již není v oběhu.

6 Závěr

Cílem práce bylo vytvořit model předpovídající chování lidí při výběru peněz, které plní funkci úspory hodnoty. Byl vytvořen model skládající se ze dvou částí, z části modelující kupní sílu dolaru a úspory Američanů a z části modelující adopci Bitcoinu. Pro dosažení cíle byla nastudována tato témata: struktura úvěrového finančního systému a teorie peněz, struktura Bitcoinu, systémová dynamika. Z ekonomie byly použity pojmy jako vlastnosti peněz, rakouský hospodářský cyklus, Thiersův zákon, Cantillonův efekt a Veblenův efekt. K vysvětlení bitcoinu byly zapotřebí znalosti z kryptografie, datové struktury a decentralizovaných systémů. Základem práce se stala systémová dynamika, z níž byly použity smyčkové příčinné diagramy, proudové a stavové diagramy, archetypy struktur a systémová zoo.

Pro správné vytvoření modelu bylo nejprve nutné vytvořit kauzální smyčkový diagram, který popisuje základní principy volby peněz lidmi, kvalitu peněz a principy státních měn. Dále byl sestaven model dvou hospodářských cyklů: internetové horečky a globální hospodářská krize. Poté byl vytvořen model tvorby a destrukce peněz v systému státních měn. Pak byla vypočtena kupní síla úspor Američanů s dolarovou peněžní zásobou a bez ní. Na základě těchto údajů a údajů o ceně bitcoinu a údajů o počtu uživatelů bitcoinu v Americe byl vytvořen model adopce bitcoinu. Model rekonstruoval proměnné inflace a ceny bitcoinu podle jejich předpokládaných růstových funkcí. Posledním prvkem modelu byl Bassův model adopce technologie, která reprezentuje adopci bitcoinu v Americe. Model byl kalibrován na základě reálných dat převzatých z federálního rezervního systému, historické ceny bitcoinu a počtu amerických uživatelů na Coinbase, největší burze v Americe.

Model vytvořil několik variant možného vývoje: referenční případ, variantu založenou na datech, velkou inflaci, deflaci, hodnotu bitcoinu 10 milionů dolarů do roku 2030 a hodnotu bitcoinu 100 000 dolarů do roku 2030. Byly zjištěny dva hlavní pravděpodobné výsledky: používání bitcoinu jako prostředku spoření a používání dolaru jako prostředku spoření. Na základě struktury finančního systému může vláda USA ovlivnit konečný výsledek. Dále se uvažovalo o tom, za jakých podmínek by tyto scénáře mohly nastat a co by z nich vyplývalo. Na závěr je uvedena kritika modelu a možnosti jeho využití.

7 Seznam použitých zdrojů

- AMMOUS, S. 2022. *Bitcoinový standard: decentralizovaná alternativa k centrálnímu bankovníctví*. Praha: Brains Publishing. ISBN 978-9916-697-24-5.
- ANTONOPOULOS, A. 2017. *Mastering Bitcoin: Programming the Open Blockchain*. 2nd ed. Sebastopol: O'Reilly. ISBN 978-1491954386.
- BERNHOLZ, P. 2011. *Understanding Early Monetary Developments by Applying Economic Laws: The Monetary Approach to the Balance of Payments, Gresham's and Thiers' Laws* [online]. Basel: Center for Economics and Business [cit. 2023-10-29]. Dostupné z: <https://deliverypdf.ssrn.com/delivery.php?ID=023099073005080086072126020008102010059084032079043034119006114068001096122099114024106107048020103097110122002123065120083120014018078077010020124098068101007076056011080099122076094064006084102001075123084075074105091121064105089071111065100083027&EXT=pdf&INDEX=TRUE>
- BOSSEL, H. 2009. *System Zoo 1 Simulation Models: Elementary Systems, Physics, Engineering*. Norderstedt: Books on Demand. ISBN 3833484225.
- CORVA, F. 2023. Coinbase statistics 2023. *Fincer.com* [online]. 21. 2. 2023 [cit. 2024-02-14]. Dostupné z: <https://www.finder.com/coinbase-statistics>
- CHEN, James, 2023. Veblen Good: Definition, Examples, Difference from Giffen Good [online]. [cit. 2024-03-23]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/v/veblen-good.asp>
- FAURE, S. a H. GERSBACH. 2017. Money Creation and Destruction. *CESifo Working Paper* [online]. (6565) [cit. 2024-01-07]. ISSN 2364-1428. Dostupné z: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3014756
- FEDERAL RESERVE BANK OF ST. LOUIS. 2023a. Board of Governors of the Federal Reserve System. "Money Stock Measures - H.6 Release". In: *Fred.stlouisfed.org* [online]. 28. 11. 2023 [cit. 2023-10-22]. Dostupné z: <https://fred.stlouisfed.org/series/M2SL>
- FEDERAL RESERVE BANK OF ST. LOUIS. 2023b. Federal Surplus or Deficit. In: *Fred.stlouisfed.org* [online]. 28. 11. 2023 [cit. 2023-10-22]. Dostupné z: <https://fred.stlouisfed.org/series/MTSDS133FMS>
- FEDERAL RESERVE BANK OF ST. LOUIS. 2023c. Total Assets Held by population divided by groups. *Fred.stlouisfed.org* [online]. © 2023 [cit. 2023-10-22]. Dostupné z: <https://fred.stlouisfed.org/graph/?id=WFRBLT01000,WFRBLN09027,WFRBLN40054,WFRBLB50081>
- FORD, D. N. 2019. A system dynamics glossary. *System Dynamics Review* [online]. **35**(4), 369–379 [cit. 2024-01-07]. ISSN 0883-7066. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/sdr.1641>
- FORRESTER, J. W. 1961. *Industrial Dynamics*. 2nd ed. Cambridge: MIT Press. ISBN 0262060035.
- FORRESTER, J. W. 1971. *World dynamics*. 2nd ed. Arcadia: Pegasus Communications. ISBN 1883823382.
- FUSION MEDIA. 2023. Bitcoin Historical Data. *Investing.com* [online]. © 2023 [cit. 2023-10-22]. Dostupné z: <https://www.investing.com/crypto/bitcoin/historical-data>

- GARRISON, R. a G. CALLAHAN. 2003. Does Austrian Business Cycle Theory Help Explain the Dot-Com Boom and Bust? *The Quarterly Journal of Austrian Economics* [online]. **6**, 67–98 [cit. 2024-02-18]. ISSN 1098-3708. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s12113-003-1019-x>
- IHODL. 2018. Chart of the Day: The Map of 10 253 Bitcoin Active Nodes Around the World. In: *Ihodl.com* [online]. 21. 5. 2018 [cit. 2024-03-09]. Dostupné z: <https://ihodl.com/infographics/2018-05-21/chart-day-map-10-253-bitcoin-active-nodes-around-world/>
- MACROTRENDS LLC. *Federal Funds Rate - 62 Year Historical Chart* [online]. c2010-2024 [cit. 2024-03-09]. Dostupné z: <https://www.macrotrends.net/2015/fed-funds-rate-historical-chart>
- MEADOWS, D. H., J. RANDERS a D. L. MEADOWS. 1972. *The Limits to Growth; A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. 2nd ed. Milford: Universe Pub. ISBN 0876632223.
- MEMPOOL SPACE. 2024. *Mempool.space* [online]. © 2024 [cit. 2024-03-09]. Dostupné z: <https://mempool.space/>
- MISES, L. 2013. *The theory of money and credit*. New York: Skyhorse Publishing. ISBN 978-1-62087-161-4.
- MOMENTUM ANALYTICS. 2021. Are we starting to see Thiers' law in action? The reverse of Gresham's law. In: *Momentum-analytics.io* [online]. 13. 4. 2021 [cit. 2023-10-29]. Dostupné z: <https://www.momentum-analytics.io/news/are-we-starting-to-see-thiers-law-in-action-the-reverse-of-greshams-law>
- NAKOMOTO, S. 2008. *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System* [online]. Bitcoin Project [cit. 2024-03-09]. Dostupné z: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- NARAYANAN, A. et al. 2016. *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction*. Princeton: Princeton University Press. ISBN 9780691171692.
- REUNERS, L. et al. 2022. Qualitative modelling of social determinants of health using group model building: the case of debt, poverty, and health. *International Journal for Equity in Health* [online]. **2022**(21), 1–12 [cit. 2024-03-09]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12939-022-01676-7>
- REYNOLDS, S. 2023. ARK Invest Maintains Prediction Bitcoin Price Will Hit \$1M by 2030. In: *Coindesk.com* [online]. 1. 2. 2023 [cit. 2024-02-14]. Dostupné z: <https://www.coindesk.com/markets/2023/02/01/ark-invest-maintains-prediction-that-bitcoin-prices-will-hit-1m-by-2030/>
- RICHARDSON, G. P. a A. L. PUGH. 1981. *Introduction to System Dynamics Modeling With Dynamo*. Woodlands Hills: Productivity Pr. ISBN 0915299240.
- RIVER FINANCIAL. 2023. Cantillon Effect. *River.com* [online]. © 2023 [cit. 2023-10-29]. Dostupné z: <https://river.com/learn/terms/c/cantillon-effect/>
- ROGERS, E. M. 2003. *Diffusion of Innovations*. 5th ed. New York: Free Press. ISBN 0-7432-2209-1.

- ROTHBARD, M. N. 2000. *America's Great Depression*. Auburn: Ludwig von Mises Institute. ISBN 9780945466055.
- SAIEDI, E. a A. BROSTRÖM. 2021. Global drivers of cryptocurrency infrastructure adoption. *Small Business Economics* [online]. **2021**, 57(2), 353–406 [cit. 2024-03-09]. ISSN 1573-0913. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11187-019-00309-8>
- SENGE, P. M. 1990. *The Fifth Discipline*. New York: Doubleday Business. ISBN 0385260946.
- SMITH, A. 2016 *Pojednání o podstatě a původu bohatství národů*. Praha: Liberální institut. ISBN 978-80-86389-60-8.
- SPASSKY, I. "Ruský měnový systém." Peněžní oběh ve XII-XIV století. [online]. [cit. 2024-01-06]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20120508155221/http://www.arcamax.ru/books/spassky01/spassky21.htm>
- STERMAN, J. 2000. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. New York: McGraw-Hill Education. ISBN 9780072389159.
- ŠÍMA, J. 2000. *Trh v čase a prostoru: hayekovská témata v současné ekonomii*. Praha: Liberální institut ISBN 80-86389-09-X.
- TRANSENTIS CONSULTING. 2024. Stock And Flow Diagrams. *Tramsemtis.com* [online]. © 2024 [cit. 2024-03-09]. Dostupné z: <https://www.transentis.com/page/stock-and-flow-diagrams>
- TURNER, D., 2024. What is Gresham's Law? In: *Kinesis.money* [online]. 8. 2. 2024 [cit. 2024-03-09]. Dostupné z: <https://kinesis.money/blog/what-is-greshams-law/>
- VENTANA SYSTEMS. 2023. User Guide - Vensim Introduction & Tutorials. *Vensim.com* [online]. © 2023 [cit. 2023-10-22]. Dostupné z: https://vensim.com/documentation/users_guide.html
- WINEBRAKE, James J. a Patrick E. MEYER, 2009. Modeling technology diffusion of complementary goods: The case of hydrogen vehicles and refueling infrastructure. *Technovation* [online]. **2009**(29 (2), 77-91 [cit. 2024-03-24]. ISSN 1879-2383. Dostupné z: doi:10.1016/j.technovation.2008.05.004
- YAMAGUCHI, K. a YAMAGUCHI, Y. 2016. In: *34th International Conference of the System Dynamics Society 2016: Head and Tail of Money Creation and its System Design Failures*. Delft, Netherlands: Curran Associates, s. 2454–2499. ISBN 978-1-5108-3020-2.
- YCHARTS. 2024. US M2 Money Supply YoY. *Ycharts.com* [online]. © 2024 [cit. 2024-02-14]. Dostupné z: https://ycharts.com/indicators/us_m2_money_supply_yoy

8 Seznam obrázků a tabulek

8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 Hayekův trojúhelník.....	12
Obrázek 2 Hayekův trojúhelník – akumulace kapitálu.....	13
Obrázek 3 Hayekův trojúhelník – menší časová preference.....	13
Obrázek 4 Hayekův trojúhelník – hospodářský cyklus	14
Obrázek 5 Úroková sazba v letech 1994–2002	16
Obrázek 6 Úroková sazba v letech 2002-2010	17
Obrázek 7 Cantillonův efekt	18
Obrázek 8 Greshamův zákon	19
Obrázek 9 Struktura transakce	20
Obrázek 10 Mapa uzlů v roce 2018	22
Obrázek 11 Struktura bloků	22
Obrázek 12 Hashrate a složitost v letech 2018–2024	24
Obrázek 13 Vytvoření nových bitcoinů a uživatelský poplatek	24
Obrázek 14 Cesta transakce	25
Obrázek 15 Příklad kladné vazby	28
Obrázek 16 Příklad záporné vazby	28
Obrázek 17 Příklad posilující smyčky	29
Obrázek 18 Příklad vyrovnávací smyčky	30
Obrázek 19 Příklad zpoždění	30
Obrázek 20 Příklad SFD modelu	33
Obrázek 21 Příklad exponenciálního růstu	34
Obrázek 22 Příklad modelu hledání cílů.....	35
Obrázek 23 Příklad S-křivky	36
Obrázek 24 Model epidemie chřipky.....	37
Obrázek 25 Bassův model adopce	38
Obrázek 26 Diagram kauzálních smyček	40
Obrázek 27 Kvalita peněz II.....	41
Obrázek 28 Kvalita peněz II.....	42
Obrázek 29 Životní cyklus veřejných peněz.....	44

Obrázek 30 Hospodářský cyklus internetové horečky	45
Obrázek 31 Hospodářský cyklus internetové horečky	45
Obrázek 32 Model vypočtu úspor a kupní síly	46
Obrázek 33 Graf úspor horní a dolní části obyvatelstva.....	47
Obrázek 34 Graf kupní síly úspor horní a dolní části obyvatelstva.....	47
Obrázek 35 Model adopce bitcoinu	49
Obrázek 36 Adopce bitcoinu	50
Obrázek 37 Model inflace.....	51
Obrázek 38 Graf inflace.....	51
Obrázek 39 Výsledky MAPE	52
Obrázek 40 Model růstu ceny bitcoinu	52
Obrázek 41 Graf logaritmu ceny bitcoinu	53
Obrázek 42 Kalibrační data	53
Obrázek 43 Graf adopce bitcoinu	55
Obrázek 44 Graf inflace.....	56
Obrázek 45 Graf adopce bitcoinu	57
Obrázek 46 Graf adopce bitcoinu	58
Obrázek 47 Graf adopce bitcoinu	59
Obrázek 48 Graf adopce bitcoinu	60
Obrázek 49 Graf adopce bitcoinu	61
Obrázek 50 Graf adopce bitcoinu	62

8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 Váhy konverzních vlivů S-křivky.....	55
Tabulka 2 Výsledky hodnoty bitcoiner.....	57
Tabulka 3 Výsledky hodnoty bitcoiner.....	60