

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY



MODELOVANIE TRHOVÝCH INTERAKCIÍ
MEDZI FINANČNÝMI A EKONOMICKÝMI
SUBJEKTAMI

DIPLOMOVÁ PRÁCA

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

MODELOVANIE TRHOVÝCH INTERAKCIÍ
MEDZI FINANČNÝMI A EKONOMICKÝMI
SUBJEKTAMI

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Študijný program: Ekonomická a finančná matematika

Študijný odbor: 1114 Aplikovaná matematika

Školiace pracovisko: Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky

Školiteľ: doc. RNDr. Ján Boďa, CSc.

2013

Bc. Július Kováč



Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky


ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

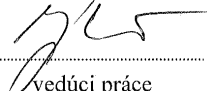
Meno a priezvisko študenta: Bc. Július Kováč
Študijný program: ekonomická a finančná matematika (Jednoodborové štúdium, magisterský II. st., denná forma)
Študijný odbor: 9.1.9. aplikovaná matematika
Typ záverečnej práce: diplomová
Jazyk záverečnej práce: slovenský

Názov: Modelovanie trhových interakcií medzi finančnými a ekonomickými subjektami
Cieľ: Finančné a ekonomické subjekty sú vzájomne prepojené cez zložitú sieť veriteľov a dlžníkov a cez rôzne trhy. Cieľom práce je štúdium interakcií medzi jednotlivými subjektami na rôznych trhoch a ich modelovanie pomocou počítačových simulácií.

Vedúci: doc. RNDr. Ján Boďa, CSc.
Katedra: FMFI.KAMŠ - Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky
Vedúci katedry: prof. RNDr. Daniel Ševčovič, CSc.
Dátum zadania: 25.01.2012
Dátum schválenia: 26.01.2012

prof. RNDr. Daniel Ševčovič, CSc.
garant študijného programu


.....
študent


.....
vedúci práce

Čestné prehlásenie

Čestne vyhlasujem, že som túto diplomovú prácu vypracoval samostatne s využitím svojich vedomostí a za pomoci odbornej literatúry a konzultácií.

V Bratislave, apríl 2013

.....

Július Kováč

Pod'akovanie

Rád by som poďakoval svojmu vedúcemu doc. RNDr. Jánovi Boďovi, CSc. za ochotu, odborné vedenie a cenné rady pri písaní tejto diplomovej práce.

Abstrakt

KOVÁČ, Július: *Modelovanie trhových interakcií medzi finančnými a ekonomickými subjektami*. [Diplomová práca] - Univerzita Komenského v Bratislave. Fakulta matematiky fyziky a informatiky; Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky. -Vedúci: doc. RNDr. Ján Boďa CSc.. Bratislava, 2013, 43 strán.

Cieľom tejto diplomovej práce je modelovanie trhových interakcií medzi finančnými a ekonomickými subjektmi, ako sú banky, firmy a spotrebitelia pomocou počítačového programu v matematickom softvéri MATLAB. Výsledný model bude simulovať rôzne ekonomické udalosti na základných trhoch medzi týmito subjektmi. Výsledky počítačových simulácií budú analyzované a porovnávané s očakávaniami založenými na reálnych ekonomických javoch.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: ekonomický model, firmy, banky, spotrebitelia, pracovný trh, trh statkov

Abstract

KOVÁČ, Július: *Modeling of market interactions between financial and economic subjects*. [Master thesis] - Comenius University in Bratislava. Faculty of Mathematics, Physics and Informatics; Department of Applied Mathematics and Statistics. - Tutor: doc. RNDr. Ján Boďa CSc.. Bratislava, 2013, 43 p.

The aim of this thesis is modeling of market interactions between financial and economic subjects like banks, firms and consumers using a computer program created in the mathematical software MATLAB. The model will simulate various economic events of basic markets between these subjects. The results of computer simulations will be analyzed and compared with expectations based on real economic events.

KEYWORDS: economic model, firms, banks, consumers, labour market, market for goods

Obsah

Úvod	10
1 Motivácia	12
2 Štandardné mikroekonomické teórie	13
2.1 Teória firmy	13
2.2 Teória spotrebiteľa	13
3 BAM model	15
4 Vlastný model	17
4.1 Modelové prostredie	17
4.2 Postupnosť jednotlivých udalostí	18
5 Konštrukcia modelu	21
5.1 Počiatočné nastavenia modelu	21
5.1.1 Nastavenie základných vstupných premenných	21
5.1.2 Nastavenie vstupných parametrov pre jednotlivých agentov	21
5.2 Nastavenie premenných na začiatku každej časovej iterácie	22
5.3 Trh práce	22
5.4 Kapitálový trh	24
5.5 Trh statkov	25
5.6 Strategické rozhodovanie firiem	26
5.6.1 Očakávaný dopyt na nasledujúce obdobie	26
5.6.2 Cena	27
5.6.3 Mzdy	27
5.7 Vstup nových firiem na trh	27
6 Analýza počítačovej simulácie	28
6.1 Hodnoty základných premenných	28
6.2 Dopyt, produkcia a nezamestnanosť	28
6.3 Vývoj cien	32

6.4	Vývoj aktív firiem	33
6.5	Vývoj rozdelenia majetku obyvateľstva	34
7	Vyhodnotenie simulácií	38
7.1	Pokles aktív a následný krach firiem	38
7.2	Postupné znižovanie majetku spotrebiteľov	39
7.3	Ďalšie možnosti rozšírenia modelu	40
	Záver	41
	Zoznam použitej literatúry	43

Úvod

Finančný systém možno chápať ako obrovskú sieť, kde všetko so všetkým súvisí. Každý z nás je súčasťou nejakej siete. V takom slova zmysle, že každý máme okruh svojich priateľov, sieť rodinných príslušníkov, kolegov. Avšak takmer všetci na svete sme súčasťou tej najväčšej, a to siete finančných a ekonomických subjektov, čiže finančný systém ako taký. Finančnými subjektmi sú napríklad banky, v ktorých máme svoje úspory, poisťovne, v ktorých sa zabezpečujeme pre prípad neočakávaných udalostí, vlády, alebo rôzne investičné spoločnosti. Za ekonomický subjekt môžeme považovať každého, kto akýmkoľvek spôsobom zasahuje do ekonomiky. Patria sem firmy vyrábajúce rôzne statky, vlády regulujúce ekonomické podmienky v krajine, ale aj my všetci. Len čo prvýkrát v živote zaplatíme za nejaký tovar, alebo službu, stávame sa súčasťou tohto systému ako spotrebiteľia a neskôr aj ako pracovná sila. Každý sme súčasťou tejto siete jednotlivých subjektov, ktoré sú medzi sebou poprepájané, a cez tieto prepojenia prebieha tok finančných prostriedkov. Sem patrí všetko od platieb za tovary, výplatu mzdy, pôžičku od banky, až po transakcie na finančných trhoch. Práve rôzne trhy sú miestom, kde dochádza k vzájomným interakciám medzi jednotlivými subjektmi. Na pracovnom trhu ponúkajú firmy voľné pracovné pozície a odmenu za prácu a na druhej strane si nezamestnaní, alebo tí ktorí sa cítia neadekvátne ohodnotení vyberajú z danej ponuky. Na kapitálovom trhu ponúkajú napríklad banky finančné prostriedky vo forme úverov pre firmy a domácnosti za vopred stanovený úrok. Naopak pri vkladoch platí banka úrok vkladateľom.

Najväčší trh z hľadiska počtu subjektov je trh tovarov a služieb. Tu firmy vyrábajú svoje produkty, alebo ponúkajú svoje služby spotrebiteľom. Súčasťou tohto trhu je každý z nás v podstate od malička. A práve modelovanie správania sa jednotlivých subjektov na daných trhoch je motívom rôznych ekonomických modelov a teórií v snahe predpovedať správanie ostatných účastníkov trhu a získať tým konkurenčnú výhodu. Napríklad v prípade, že firma na základe svojho modelu očakávaného dopytu predpokladá zvýšenie dopytu v nasledujúcom období, začne s výrobou už teraz a ak sa potvrdia jej očakávania bude mať výhodu oproti konkurencii, ktorá zareaguje zvýšenou výrobou až keď nastane prebytok dopytu nad ponukou. Vlády krajín na základe rôznych prediktívnych modelov sa rozhodujú, akými makroekonomickými

zásahmi ovplyvnia napríklad hroziaci nárast nezamestnanosti. Existuje mnoho modelov a rôznych prístupov ako predpovedať napríklad očakávaný dopyt, vývoj zamestnanosti, alebo vývoj úrokových mier. V tejto práci sa zameriame na jeden z moderných ekonomických modelov, pri ktorom budeme analyzovať jeho praktické uplatnenie a následne vytvoríme vlastný model, ktorým budeme simulovať vývoj ekonomiky pomocou matematického počítačového programu MATLAB. Získané výsledky simulácií budeme analyzovať a konfrontovať s očakávaniami na základe reálnych ekonomických javov, z čoho vyvodíme závery.

Kapitola 1

Motivácia

Interakcie medzi subjektmi na úrovni firiem a spotrebiteľov skúma najmä mikroekonómia. Avšak ako uvádza aj odborná literatúra, mikroekonómia je teória a dáva skôr určitý kvalitatívny, filozofický pohľad na ekonomiu než praktické číselné návody pre rozhodovanie v konkrétnych situáciách. Ako všetky teórie, aj mikroekonómia je založená na určitých idealizovaných predpokladoch, ktoré v skutočnosti nie sú splnené [1]. My sa pozrieme na základné mikroekonomické teórie, ktoré použijeme ako základ pri tvorbe nášho modelu, avšak predpoklady, ktoré v realite často nie sú splnené, budeme nahrádzať modernými prístupmi čím chceme doceliť, aby náš model bol v čo najväčšom súlade s reálnou ekonomikou. Použijeme však niektoré nástroje mikroeconomickej teórie, ako napríklad produkčné funkcie.

Základným predpokladom väčšiny ekonomických teórii je predpoklad racionality jednotlivých subjektov. Avšak v realite väčšinou nie je ani tento predpoklad splnený dokonale, keďže do procesu rozhodovania často vstupujú emócie, či už v prípade firiem, alebo v prípade spotrebiteľov. Napríklad marketing, ktorým sa firmy snažia ovplyvniť racionálne správanie spotrebiteľov.

Mikroekonómia vychádza z dvoch základných teórií:

- Teória firmy
- Teória spotrebiteľa

Kapitola 2

Štandardné mikroekonomické teórie

2.1 Teória firmy

Podľa odbornej definície sa firma správa racionálne ak sa snaží racionalizovať svoj zisk, pričom sa predpokladá, že pracuje v kompetitívnom prostredí, čo znamená, že má tak veľa konkurenčných firiem, že jej správanie na trhu neovplyvní cenu produktu a faktorov [1]. Snaha maximalizovať zisk je prirodzená, avšak druhý predpoklad v reálnej ekonomike už nie je vždy splnený. Firma svojou cenovou stratégiou je schopná ovplyvniť rozhodovanie spotrebiteľov a tým donútiť aj ostatné firmy znížiť cenu, aby ostali konkurencieschopné. Rovnako ponúkanou mzdou dokáže ovplyvniť cenu práce, čo je jeden z výrobných faktorov. V našom modeli sa budeme brať do úvahy cenovú stratégiu jednotlivých firiem.

Ďalšími nástrojmi v mikroekonomickej teórii firmy sú produkčná a nákladová funkcia. My budeme v našom modeli uvažovať zjednodušenú produkčnú funkciu dokonale komplementárnych faktorov, tzv. *Leontieffova*.

$$f(x) = \min\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

Jej zjednodušenú formu, ktorú budeme používať v našom modeli si odvodíme neskôr.

Naša nákladová funkcia bude jednoduchá, keď náklady budú predstavovať mzdy zamestnancov a splátky úverov. Taktiež odvodíme neskôr.

2.2 Teória spotrebiteľa

Definovať racionálne správanie spotrebiteľa je o čosi komplikovanejšie ako pri firmách. Mikroekonómia na to využíva preferencie a funkciu užitočnosti. Funkcie užitočnosti sa však neurčujú jednoducho. Asi nikto nepozná exaktný tvar svojej funkcie

užitočnosti, lebo tá sa mení v závislosti od situácie. Tým nie je jednoznačné ani určenie preferencií spotrebiteľa. Asi najuniverzálnejší nástroj na určovanie preferencie je cena. Tú využijeme aj my v našom modeli. Jednoducho povedané, čím lacnejšie tým lepšie.

Kapitola 3

BAM model

Naším cieľom je skonštruovať model ekonomiky, ktorý by sa čo najviac blížil k reálnemu stavu, a preto bude náš model obsahovať moderné, makroekonomické a mikroekonomické prístupy.

Napríklad behaviorálna ekonómia, ktorá vychádza z toho, že subjekty v ekonomickom prostredí nekonajú len na základe racionálnych rozhodnutí, ale správajú sa podľa rôznych subjektívnych faktorov. Takýmto faktorom sú napríklad emócie. My sa budeme v našom modeli snažiť nahradiť emocionálne správanie náhodným rozhodovaním. Čiže jednotlivé subjekty sa nebudú rozhodovať len čisto racionálne, ale ich rozhodovanie bude náhodne upravené. Napríklad to, v ktorej banke pôjdeme požiadať o úver nebude výsledkom prieskumu celého trhu, kedy si vyberieme najvýhodnejší úrok. Ak sa na to pozrieme z hľadiska reálnej situácie, človek uvažuje štandardne len o niekoľkých bankách, napríklad podľa toho, v ktorej má otvorený osobný účet. Tento výber podmnožiny bánk bude v našom modeli náhodný a až z tohto výberu si daný subjekt vyberie najvýhodnejšiu ponuku.

Ďalším faktorom, ktorý bude hrať významnú rolu v našom modeli je adaptívne rozhodovanie. To znamená, že rozhodnutia jednotlivých subjektov budú závisieť aj na rozhodnutiach iných subjektov v modeli. Napríklad firma, ktorá sa rozhoduje o veľkosti svojej produkcie berie do úvahy historické údaje o dopyte po jej výrobkoch. Takisto firmy sa snažia prispôbiť napríklad svoje ceny trhovým cenám, ktoré sú určované rozhodnutiami všetkých firiem na trhu.

Jeden z najmodernejších prístupov, ako modelovať ekonomické prostredie, je tzv. Bottom-up Adaptive Macroeconomics (BAM), ktorý najlepšie spĺňa naše požiadavky pre náš zamýšľaný model. Tento prístup sa vážnejšie začal rozvíjať až v 21. storočí. Pri tvorbe nášho modelu budeme vychádzať z odbornej literatúry [2], ktorá podrobne

popisuje ako teoretické predpoklady pre takýto model tak aj konkrétne návrhy takéhoto modelu.

Dôvodov, prečo sme si vybrali pre modelovanie ekonomiky práve BAM model, je niekoľko:

- Takýto model nám dáva nástroj pre modelovanie súvislých interakcií na dvoch alebo viacerých trhoch. V našom prípade pôjde o trh statkov, pracovný trh a kapitálový trh. Čokoľvek sa stalo, deje alebo sa ešte len stane na jednom z trhov závisí od udalostí na inom trhu, a zároveň vplýva na dianie na iných trhoch. To znamená, že udalosti, ktoré prebehli medzičasom na rôznych trhoch, nie sú ignorované.
- Hlavnou zložkou nášho modelu, ako aj väčšiny ekonomických modelov, sú ceny a množstvá. Aj keď vo väčšine prípadoch nás zaujímajú najmä agregované ceny, resp. množstvá, všetky sú výstupom z rozsiahlych decentralizovaných transakcií medzi veľkým množstvom agentov. Každý jednotlivec koná bez toho, aby poznal agregované hodnoty cien, resp. množstiev.
- Celkové správanie ekonomiky sa môže líšiť od toho, čo chcú jednotlivci dosiahnuť. Čiže agregovaný výstup sa môže vynímať z konania jednotlivcov a interakcii medzi nimi.

Agenti sú autonómni, heterogénni a hranične racionálni. Každý má svoje individuálne správanie a všetky trhové transakcie sú decentralizované.

Kapitola 4

Vlastný model

4.1 Modelové prostredie

V súvislosti s konštruovaním takzvaných agend-based modelov sú nevyhnutné tri základné parametre:

1. Zoznam agentov, ktorí sú zúčastnení v modeli. Vo všeobecnosti ide o dopredu definované podmnožiny populácie identifikujúce skupiny jednotlivých tried agentov, charakterizované špecifickými makroekonomickými alebo mikroekonomickými vlastnosťami respektíve úlohami.
2. Štruktúra jednotlivých agentov pozostávajúca z:
 - Zoznam stavových premenných, ktoré popisujú agentov v každej časovej perióde v uvažovanom horizonte (t. j. jeden krok v simulácii). Tieto stavové premenné zachytávajú, v akých podmienkach sa jednotliví agenti nachádzajú v danej časovej perióde
 - Zoznam možných akcií (riadiace premenné), ktoré agenti môžu vykonať. Akcia jedného z agentov neovplyvní len jeho stav, ale taktiež stav ostatných agentov.

Agenti, ktorí sú súčasťou tej istej triedy, majú rovnaké makroekonomické, resp. mikroekonomické, úlohy a vlastnosti a takisto podobnú štruktúru. Môžu byť charakterizovaní špecifickými hodnotami jednej alebo viacerých premenných, či už stavových alebo riadiacich. To umožňuje individuálnu špecifikáciu aj v rámci jednej triedy agentov.

3. Sieť interakcií, ktorá spája agentov v rámci skupiny, ako aj medzi jednotlivými skupinami. Interakcie medzi jednotlivým skupinami sa uskutočňujú v rámci rôznych trhov, či už situované geograficky alebo virtuálne.

Čo sa týka bodu 1), náš model popisuje sekvenčne uzatvorenú ekonomiku, ktorej súčasťou je konečné množstvo agentov zoskupených do 3 tried:

- Firmy, $f = 1, \dots, F$
- Zamestnanci/spotrebitelia, $c = 1, \dots, C$
- Banky, $b = 1, \dots, B$

Čo sa týka bodu 2), každý agent je charakterizovaný ako množinou stavových premenných (napr. mzda, zamestnanosť) tak aj množinou riadiacich premenných (napr. cena, úrok). Nakoniec čo sa týka bodu 3), agenti budú robiť svoje rozhodnutia v diskrétnom čase $t = 1, \dots, T$ na 3 rôznych trhoch:

- Trh práce
- Kapitálový trh
- Trh statkov

Proces rozhodovania agentov predpokladá nedokonalú informáciu a obmedzené výpočtové možnosti, čím sa myslí tzv. ohraničená racionalita. Naším predpokladom teda je, že jednotlivé akcie agentov nie sú výsledkom optimalizačného procesu, ale rozhodujú sa adaptívne vzhľadom na nepísané pravidlá ovplyvnené idiosynkratickými náhodnými javmi. Trhy sú charakterizované spojitým decentralizovaným procesom vyhľadávania a voľby.

Naše modelovanie je postavené na dvoch pilieroch. Prvým sú pravidlá individuálneho správania a trhových transakcií. Tieto sú inšpirované (ak je to vôbec možné) dostupnými zdrojmi prieskumov v domácnostiach a firmách, ako sa v skutočnosti správajú. Druhým pilierom je nezavádzanie centralizovaného riešiaceho mechanizmu. Naopak nechávame systém adaptívne vzájomne na seba pôsobiacich agentov rozvinúť autonómne, vzhľadom na sebaorganizujúce nastavenia. Inými slovami, nezavádzame exogénny výber žiadneho equilibria, ale nechávame aby sa endogénne sformovalo, ak existuje.

4.2 Postupnosť jednotlivých udalostí

V našom modeli budú jednotlivé udalosti postupovať nasledovne:

1. Každá firma si určí očakávaný dopyt, koľko bude vyrábať v nasledujúcom období. Na základe tohto očakávaného dopytu stanoví potrebné množstvo pracovnej sily. Takisto určí predajnú cenu svojich výrobkov. Očakávania budúceho dopytu sa menia adaptívne, t. z. že vychádzajú z minulých skúseností.

2. Otvorí sa decentralizovaný pracovný trh. Firmy ohlásia voľné pracovné miesta a ponúkajú mzdu. Nezamestnaní oslovia daný počet náhodne vybraných firiem s tým, že začnú u firmy, ktorá ponúka najvyššiu mzdu.
3. Ak firma nemá dostatočné množstvo vlastných finančných prostriedkov na pokrytie mzdových nákladov na nasledujúce obdobie, vstúpi na decentralizovaný kapitálový trh. Firma žiadajúca o pôžičku osloví dané množstvo náhodne vybraných bánk s tým, že začne u tej, ktorá ponúka najnižší úrok. Každá banka vyhodnotí žiadateľa o úver na základe finančných kritérií a pokiaľ má dostatočné množstvo finančných prostriedkov, poskytne pôžičku. Zmluvný úrok je vypočítaný ako kombinácia exogénne danej referenčnej úrokovej miery a vlastnej marže banky. V prípade, že požiadavky firmy neboli uspokojené, je nútená prepustiť potrebný počet zamestnancov, aby zvládala plniť mzdové požiadavky. To znamená, že niektorí ostanú nezamestnaní, resp. niektorí zamestnanci budú prepustení.
4. Produkcia trvá jednu časovú periódu nezávisle na veľkosti produkcie, resp. veľkosti firmy.
5. Potom, ako sa ukončí produkcia, otvorí sa trh statkov. Firmy zverejnia ponúkané ceny a spotrebitelia oslovia daný počet náhodne vybraných firiem s tým, že začnú u tej, ktorá ponúka najnižšiu cenu. V prípade, že sa firme nepodarí všetok ponúkaný tovar prediť, zbaví sa ho za nulové náklady. To znamená, že si dané množstvo tovaru nemôže nechať ako zásoby a ponúknuť na predaj v nasledujúcej časovej perióde.
6. Firmy spočítajú svoje príjmy a vypočítajú hrubý zisk. V prípade, že hrubý zisk je dostatočne vysoký, firma postupne uspokojí svoje dlhové záväzky (ak ich má), čiže zaplatí splátku za úver. Po odpočítaní týchto záväzkov dostaneme čistý zisk firmy, z ktorého je možné vyplatiť dividendu majiteľovi.
7. Príjmy po zaplatení úrokov a vyplatení dividend predstavujú nerozdelený zisk, ktorý je použitý na zvýšenie čistej hodnoty firmy. Čistá hodnota na konci každej periódy je v podstate nakumulované nerozdelené zisky z minulosti. Firmy a banky sú finančne spôsobilé, čo znamená že sú životaschopné v prípade, že celková čistá hodnota firmy je pozitívna. Naopak v prípade, že čistá hodnota je záporná, daná firma skrachuje, prepustí všetkých zamestnancov a opustí trh. Veritelia zaregistrujú „zlý dlh“ .

Každá takáto udalosť bude súčasťou jednej časovej periódy, resp. jednej iterácie z pohľadu počítačového programu. Model budeme konštruovať tak, aby procesy ktoré

prebehnú v jednej iterácii zodpovedali procesom, ktoré prebiehajú v realite za jednotku času. V našom prípade budeme za jednotku času brať jeden mesiac.

Kapitola 5

Konštrukcia modelu

Pri konštrukcii modelu bolo nutné brať do úvahy dva základné aspekty. Aby boli jednotlivé logické prepojenia čo najbližšie k realite a aby bolo možné navrhované riešenie modelovať pomocou počítačových simulácií, čiže bolo potrebné myslieť na to, či bude možné danú časť modelu aj implementovať do programu v MATLAB-e.

5.1 Počiatočné nastavenia modelu

5.1.1 Nastavenie základných vstupných premenných

Najskôr je potrebné určiť množiny agentov, ktorý budú do modelu vstupovať, ako aj počet časových jednotiek, ktoré určia počet iterácií. Tieto základné parametre sú:

- Počet firiem (f)
- Počet bánk (b)
- Počet spotrebiteľov/pracovníkov (c)
- Počet časových iterácií (t)

5.1.2 Nastavenie vstupných parametrov pre jednotlivých agentov

Nastavenie parametrov pre banky:

- Počiatočný kapitál (náhodná premenná, rovnomerne rozdelená s danou strednou hodnotou)

Nastavenie parametrov pre firmy:

- Počiatočná zamestnanosť

- Počiatočný očakávaný dopyt pre obdobie $t=1$
- Počiatočná hodnota miezd vo firmách
- Počiatočný kapitál
- Počiatočné ceny

Nastavenie parametrov pre spotrebiteľov:

- Počiatočný kapitál
- Nastavenie, či je daný spotrebiteľ zamestnaný/nezamestnaný, a ak je zamestnaný, tak v ktorej firme

Nastavenie stavových premenných v čase $t=0$:

- Nastavenie parametrov, ako napríklad splátky, neschválené úvery, alebo skrachované firmy na počiatočnú hodnotu 0.

5.2 Nastavenie premenných na začiatku každej časovej iterácie

Na začiatku každého časového obdobia je potrebné zaktualizovať, niektoré stavové premenné (nezamestnanosť, počet voľných pracovných miest, ...), resp. vynulovať niektoré riadiace premenné (počet prijatých zamestnancov, počet prepustených zamestnancov, ...).

5.3 Trh práce

Na základe očakávaného dopytu si každá firma určí koľko chce v danom čase t vyrobiť $Y_{f,t}^* = D_{f,t}^e$. Uvažujeme, že firmy vyrábajú podľa *Leontieffovej* produkčnej funkcie danej vzťahom:

$$Y_{f,t} = \min\{K_{f,t}, L_{f,t}\}$$

Táto funkcia sa dá interpretovať nasledovne. V prípade, že má firma menej zamestnancov ako kapitálu (napr. vo forme strojov na ktorých zamestnanci vyrábajú výrobky), tak vie vyrobiť len toľko koľko má zamestnancov, keďže stroje bez obsluhy nevyrobia žiadnu produkciu. Naopak, ak má firma menej kapitálu, tak vyrobí len toľko, koľko jej umožňuje kapitál, keďže zamestnanec bez stroja tiež nič nevyrobí. Avšak takýto zamestnanec je pre firmu nadbytočný a firma ho prepustí, čiže bude vždy platiť

$L \leq K$, čo zjednodušuje produkčnú funkciu. Po pridaní koeficientu α , ktorý vyjadruje produktivitu práce, bude mať produkčná funkcia pre náš model tvar:

$$Y_{f,t} = \alpha_{f,t} L_{f,t}, \quad \alpha > 0$$

Z toho nám vyjde pracovná sila potrebná pre požadovanú produkciu, označíme ju ako dopyt po pracovnej sile $L_{f,t}^d$, ktorý je daný vzťahom:

$$L_{f,t}^d = \frac{D_{f,t}^e}{\alpha_{f,t}}$$

kde $D_{f,t}^e$ je očakávaný dopyt firmy f , v čase t .

Každá firma porovná hodnotu $L_{f,t}^d$ s aktuálnym stavom zamestnancov $L_{f,t}^0 = L_{f,t-1}$ a určí počet voľných pracovných miest $V_{f,t}$, resp. počet ľudí, ktorých chce prepustiť $F_{f,t}$ v čase t .

$$V_{f,t} = L_{f,t}^d - L_{f,t}^0, \quad \text{ak } L_{f,t}^d - L_{f,t}^0 > 0$$

$$F_{f,t} = |L_{f,t}^d - L_{f,t}^0|, \quad \text{ak } L_{f,t}^d - L_{f,t}^0 < 0$$

Po tom ako každá firma zverejní počet voľných pracovných miest sa určí pomer celkového počtu ponúkaných voľných pracovných miest ku celkovému počtu nezamestnaných. Tento pomer bude vyjadrovať pravdepodobnosť, že uchádzač o zamestnanie bude prijatý. Napríklad ak na jedno voľné pracovné miesto budú pripadať dvaja nezamestnaní, bude mať tento pomer hodnotu $\frac{1}{2}$, teda pravdepodobnosť že uchádzač o zamestnanie dostane vybrané miesto bude 50%.

Následne vstúpia na trh nezamestnaní. Ak by sme vychádzali z niektorej zo štandardných mikroekonomických teórií, predpokladali by sme racionálnosť nezamestnaných a ich hľadanie zamestnania by bolo optimalizačnou úlohou s maximalizáciou zisku, čo by znamenalo, že každý nezamestnaný by prešiel všetkých zamestnávateľov a uchádzal by sa o prácu u toho s najvyššou ponúkanou mzdou. Avšak reálnejší je predpoklad, že každý osloví len daný počet firiem, ktoré si vyberie náhodne spomedzi firiem na trhu. Každý nezamestnaný si postupne náhodne vyberie 3 firmy, v ktorých sa bude uchádzať o zamestnanie. Tieto firmy si zoradí podľa ponúkanej mzdy. Ako prvú osloví firmu s najvyššou ponúkanou mzdou. Firma si overí, či jej ešte ostali voľné pracovné miesta, ak áno tak s pravdepodobnosťou danou spomínaným pomerom voľných pracovných miest a celkového počtu nezamestnaných prijme daného zamestnanca. V takomto prípade sa zmení stav daného spotrebiteľa na „zamestnaný“ vo firme f a stav plánovaného počtu prijatých $H_{f,t}$ v čase t pre firmu f sa zväčší o $+1$. V opačnom prípade, ak firma uchádzača o zamestnanie neprijme, či už z dôvodu naplnenia

kapacity v danom čase, alebo pravdepodobnosti, nezamestnaný prechádza na druhú najlepšiu ponuku mzdy vo svojom výbere a celý proces sa opakuje. V prípade neúspechu u druhej firmy prechádza na tretiu a ak neuspeje ani tu, tak ostane nezamestnaný.

Po tomto procese každá firma pripočíta k svojim zamestnancom plánovaný počet novoprijatých zamestnancov, resp. odpočíta plánovaný počet prepustených zamestnancov, čím vznikne celkový plánovaný počet zamestnancov $L_{f,t}^*$ v prebiehajúcom období v čase t . Na základe toho každá firma stanoví potrebný kapitál na vyplatenie miezd $W_{f,t}$ a porovná ho so svojimi finančnými zdrojmi. V prípade, že vlastné finančné prostriedky nie sú postačujúce na krytie mzdových nákladov, firma vstupuje na kapitálový trh.

5.4 Kapitálový trh

Po tom ako firma porovná hodnotu svojich aktív A_{ft} s hodnotou mzdových nákladov W_{ft} a zistí, že nie je schopná kryť tieto náklady z vlastných zdrojov, vzniká danej firme dopyt po pôžičke daný vzťahom:

$$B_{ft} = W_{ft} - A_{ft}$$

Podobne ako pri trhu práce, uvažujeme že firma neosloví všetky banky na trhu, ale len obmedzený počet bánk, ktoré bude žiadať o úver. Každá firma si teda vyberie dve banky, ktoré požiada o úver. Každá z vybraných bánk určí úrok, za aký je ochotná poskytnúť danej firme pôžičku. Výška tohto úroku sa odvíja od pomeru vlastných prostriedkov firmy k žiadanej výške úveru:

$$l_{ft} = \frac{B_{ft}}{A_{ft}}$$

Výška tejto „páky“ vypovedá o finančnej fragilite danej firmy. Čím je tento pomer nižší, tým je nižší aj ponúkaný úrok. Výsledný úrok pre danú firmu f od banky b je teda daný vzťahom:

$$r_{ft}^b = R + \gamma_{ft}^b l_{ft}$$

kde:

R - referenčná úroková sadzba exogénne daná

$$\gamma \sim \mathcal{N}\left(\frac{l_{ft}}{10}, \left[\frac{l_{ft}}{10}\right]^2\right)$$

Následne si firma usporiada vybrané banky podľa ponúkaného úroku a ako prvú osloví banku s najnižším úrokom. Banka, v prípade že má dostatok finančných prostriedkov na poskytnutie úveru, poskytne firme úver s pravdepodobnosťou 90%. Táto pravdepodobnosť vychádza z predpokladu, že banka už do výšky úroku zahrnula riziko, a preto je vysoký predpoklad schválenia žiadosti. Necháva sa však priestor pre dodatočné zamietnutie, ako napríklad z dôvodu nedôveryhodnosti firmy vzhľadom na jej históriu, alebo iné príčiny, ktoré sa však vyskytujú len v malej miere.

V prípade úspešného poskytnutia úveru, sa finančné zdroje danej firmy zvýšia o poskytnutý úver, vďaka čomu bude vedieť kryť mzdové náklady. Firme sa určia splátky na nasledujúcich n období vo výške $\frac{B_{ft}(1+r_{ft}^b)}{n}$. V prípade neúspešného poskytnutia úveru firma osloví druhú banku v poradí a celý proces sa opakuje. Ak banka neuspeje ani v druhej banke, je nútená zrušiť plánovaný počet prijatých pracovníkov, navyše v prípade že nevie splniť ani mzdové požiadavky súčasných zamestnancov, prepustí potrebné množstvo pracovníkov, aby bola schopná uhradiť mzdové náklady.

Následne každá firma určí konečný počet zamestnancov, ktorých prijme, resp. prepustí na základe hodnoty finančných prostriedkov, z čoho dostane počet svojich zamestnancov v nasledujúcom období.

$$L_{f,t+1} = L_{f,t} + H_{f,t} - F_{f,t}$$

5.5 Trh statkov

Po tom, ako každá firma vyrobí Y_{ft} na základe svojich zdrojov pracovnej sily, sa otvorí trh statkov. Výroba Y_{ft} predstavuje vyrobené množstvo $Q_{ft} = 3Y_{ft}$. To z toho dôvodu, aby si spotrebiteľ mohol vybrať celé kusy tovaru. Na trhu statkov, podobne ako na iných trhoch, si spotrebiteľia vyberajú firmu, v ktorej nakúpia tovary. Uvažujeme, že zákazník si vyberie jednu firmu, v ktorej uspokojí všetky svoje potreby. Postupne si každý jeden zákazník určí, o nákup akého množstva tovaru má záujem. Toto množstvo je náhodná premenná z normálneho rozdelenia so strednou hodnotou 3, čo je množstvo aké v našom modeli vyrobí jeden zamestnanec. Záporné množstvo je samozrejme neprípustné, dokonca je stanovené minimálne množstvo 1. Tento výber je podmienený tým, že daný spotrebiteľ má potrebné množstvo peňazí. V prípade, že daný spotrebiteľ peniaze nemá, uvažujeme z jeho strany fixný dopyt po množstve 1, čo uvažujeme ako množstvo potrebné pre prežitie jednotlivca. Napríklad vo forme sociálneho príspevku, kedy za daného spotrebiteľa zaplatí štát. Tento predpoklad vychádza z toho, že aj v reálnej ekonomike existuje dopyt zo strany spotrebiteľov, ktorých majetok je nulový, resp. záporný, čo znamená, že žijú na dlh. Na rozdiel od firiem v našom modeli neuvažujeme

možnosť, že by mohol jednotliviec, čiže spotrebiteľ skrachovať.

Následne si daný spotrebiteľ vyberie 5 firiem, ktoré si zoradí podľa ponúkanej ceny. Najskôr spotrebiteľ osloví firmu s najnižšou cenou a pokiaľ je firma schopná uspokojiť dopyt daného spotrebiteľa, prebehne medzi nimi obchod. V prípade, že ani jedna z vybraných firiem nedokáže uspokojiť dopyt daného spotrebiteľa, je ten nútený zmeniť taktiku výberu a zvolí si firmu, ktorá má najviac nepredaných kusov, bez ohľadu na cenu. Zároveň zníži svoje dopytové požiadavky na minimum, čo je v našom modeli množstvo 1. Tento predpoklad vychádza z úvahy, že prioritou spotrebiteľa je uspokojiť svoje minimálne potreby. Napriek tomu môže nastať situácia, že niektorí spotrebiteľia z dôvodu nedostatočnej ponuky nebudú schopní uspokojiť svoj dopyt.

5.6 Strategické rozhodovanie firiem

Na záver časovej iterácie sa každá firma rozhoduje, akú hodnotu budú mať jednotlivé riadiace premenné pre nasledujúce obdobie. Tento proces je relevantný len pre firmy, ktoré prežili danú časovú iteráciu, čiže $A_{ft} > 0$ po pripočítaní tržieb a odpočítaní splátok za úvery, mzdových nákladov a fixných nákladov. Firmy, ktoré nespĺňajú túto podmienku, skrachujú, prepustia všetkých zamestnancov a ďalej nezasahujú do ekonomiky. Úvery, takejto firmy banky zaevidujú ako nesplatené a znášajú straty.

5.6.1 Očakávaný dopyt na nasledujúce obdobie

Vychádzame z predpokladu, že firma rozhoduje o objeme produkcie na základe minulých skúseností. Ak firma predá všetok vyrobený tovar a zároveň má ceny nad úrovňou priemernej ceny, je to indikátor toho, že po jej výrobkoch je dopyt aj napriek vyššej cene, a preto si môže dovoliť vyrábať viac, čiže jej očakávaný dopyt sa zvýši. Naopak, ak nejaké množstvo tovaru ostane nepredané aj napriek nižšej ponúkanej cene ako je priemerná cena, firma je nútená znížiť výrobu v nasledujúcom období. Vtedy je firma nútená znížiť svoj očakávaný dopyt pre nasledujúce obdobie.

$$De_{ft+1} = De_{ft} + \varphi, \quad S_{ft} = 0 \wedge P_{ft} > P$$

$$De_{ft+1} = De_{ft} - \varphi, \quad S_{ft} > 0 \wedge P_{ft} \leq P$$

kde:

P - je priemerná cena na trhu v čase t

$\varphi \sim R(0, 10)$

5.6.2 Cena

Ďalšou riadiacou premennou, ktorou firma riadi svoju stratégiu je cena. Opäť bude rozhodovacím kritériom úspešnosť predaja. Ak firma predala celú svoju produkciu, môže si dovoliť zdvihnúť ceny. V prípade, ak sa firme nepodarí predať všetok vyprodukovaný tovar a navyše má vyššie ceny ako je priemer všetkých firiem na trhu, tak v záujme zatraktívnenia svojho postavenia na trhu statkov zníži cenu za svoje výrobky. Ak je cena pod priemernou úrovňou a zároveň sa jej podarí predať všetok vyprodukovaný tovar, tak si môže dovoliť zvýšiť cenu za svoje výrobky.

$$P_{ft+1} = P_{ft} + \rho, \quad S_{ft} = 0 \wedge P_{ft} \leq P$$

$$P_{ft+1} = P_{ft} - \rho, \quad S_{ft} > 0 \wedge P_{ft} > P$$

kde:

P - je priemerná cena na trhu v čase t

$\rho \sim R(0, 50)$

5.6.3 Mzdy

V závislosti od úspešnosti na pracovnom trhu a vzhľadom na svoj dopyt po pracovnej sile každá firma určí ponúkanú mzdu pre nasledujúce obdobie. V prípade, že sa jej podarilo obsadiť všetky požadované pracovné miesta, nie je nutné aby zvyšovala ponúkanú mzdu a ponecháva mzdu nezmenenú. Ak sa však nepodarí zaplniť požadovaný počet pracovných miest, je daná firma nútená zvýšiť mzdu, aby zvýšila svoju atraktivitu na trhu práce.

$$w_{ft+1} \begin{cases} w_{ft} + \tau, & H_{ft} < V_{ft} \\ w_{ft}, & \text{inak} \end{cases}$$

kde:

$\tau \sim R(0, 100)$

H_{ft} -počet prijatých zamestnancov v čase t vo firme f

V_{ft} - počet voľných pracovných miest v čase t vo firme f

5.7 Vstup nových firiem na trh

Na konci každej časovej iterácie je možnosť pre vstup nových subjektov na trh. S pravdepodobnosťou 10% vznikne nová firma, ktorej parametre budú podobné ako keď vznikali ostatné firmy na začiatku simulácie.

Kapitola 6

Analýza počítačovej simulácie

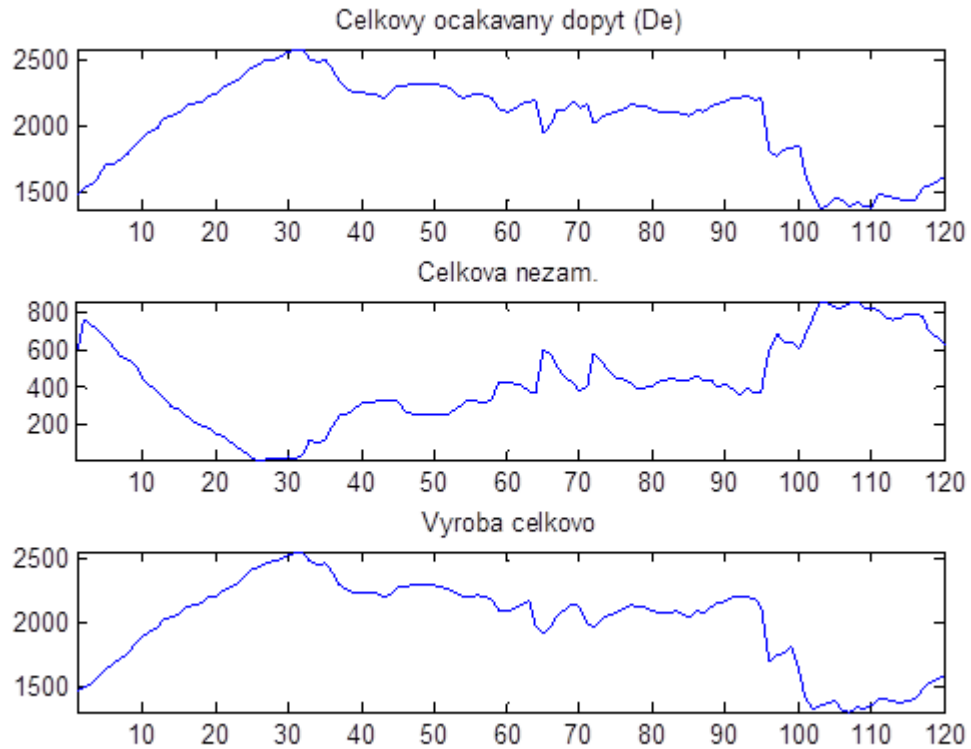
6.1 Hodnoty základných premenných

Pre potreby počítačových simulácií je najskôr potrebné zdefinovať základné premenné, ako početnosť jednotlivých subjektov a počet iterácií. Jedna iterácia predstavuje jednotku času, napríklad mesiac.

Počet firiem	$f = 25$
Počet bánk	$b = 5$
Počet spotrebiteľov/pracujúcich	$c = 2000$
Počet časových jednotiek	$t = 120$
Majetok firiem	$A_0 \sim R(250000, 300000)$
Majetok spotrebiteľov	$CA_0 \sim \mathcal{N}(50000, 10000^2)$

6.2 Dopyt, produkcia a nezamestnanosť

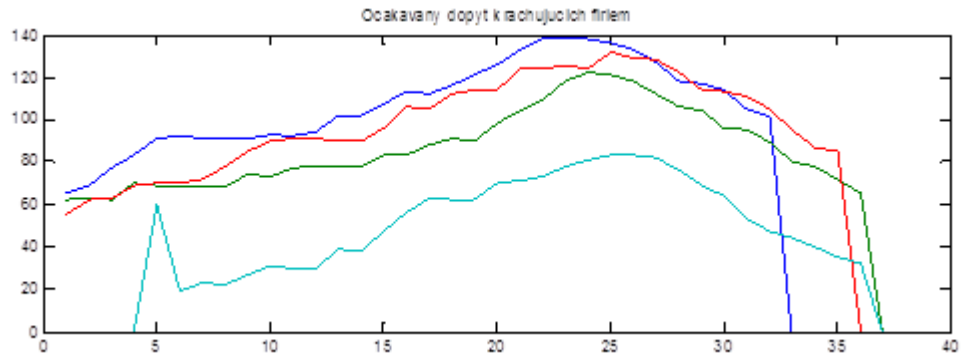
Najskôr sa pozrieme na výsledky simulácie z hľadiska vývoja očakávaného dopytu, nezamestnanosti a výroby. Ako je zrejmé z popisu modelu, tieto veličiny spolu úzko súvisia, čiže predpokladáme silnú koreláciu. Napríklad pri zvyšovaní celkového očakávaného dopytu firiem je možné očakávať znižovanie nezamestnanosti, keďže firmy budú musieť prijať nových zamestnancov, aby pokryli očakávaný dopyt. Tento predpoklad sa nám potvrdil aj v našej simulácii, čo potvrdzuje *Obrázok č 6.1*.



Obrázok č. 6.1: Celkový očakávaný dopyt, celková nezamestnanosť a celková výroba v priebehu simulácie

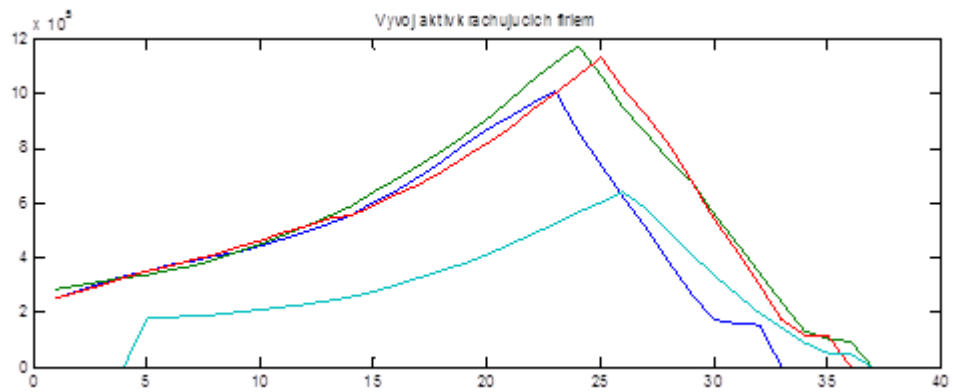
Zo začiatku nám v simulácii stúpa celkový očakávaný dopyt D^e čo sa nám, podľa očakávania, pozitívne prejavuje na poklese nezamestnanosti. Avšak od iterácie okolo $t = 30$ môžeme pozorovať zmenu trendu, kedy nám vplyvom postupného znižovania očakávaného dopytu stúpa nezamestnanosť. Ku koncu pozorovaného obdobia môžeme však opäť vidieť tendenciu otočenia trendu. Z tohto môžeme vyvodit' záver, že náš model sa vyvíja z pohľadu nezamestnanosti v cykloch, klesajúci trend strieda rastúci a naopak. To je však jav, ktorý môžeme pozorovať aj v reálnej ekonomike, čiže základná motivácia skonštruovať model, ktorý by sa čo najviac približoval k reálnej ekonomike sa zatiaľ javí ako splnená.

Dôvod zmeny trendu vývoja očakávaného dopytu spočíva v tom, že v období okolo $t = 35$ začínali niektoré firmy postupne strácať na majetku a po niekoľkých obdobiach dokonca skrachovali. Týmto firmám začal prudko klesať aj očakávaný dopyt, čo malo vplyv na celkový očakávaný dopyt. Vývoj očakávaného dopytu týchto firiem je zobrazený na *obr. č. 6.2*.



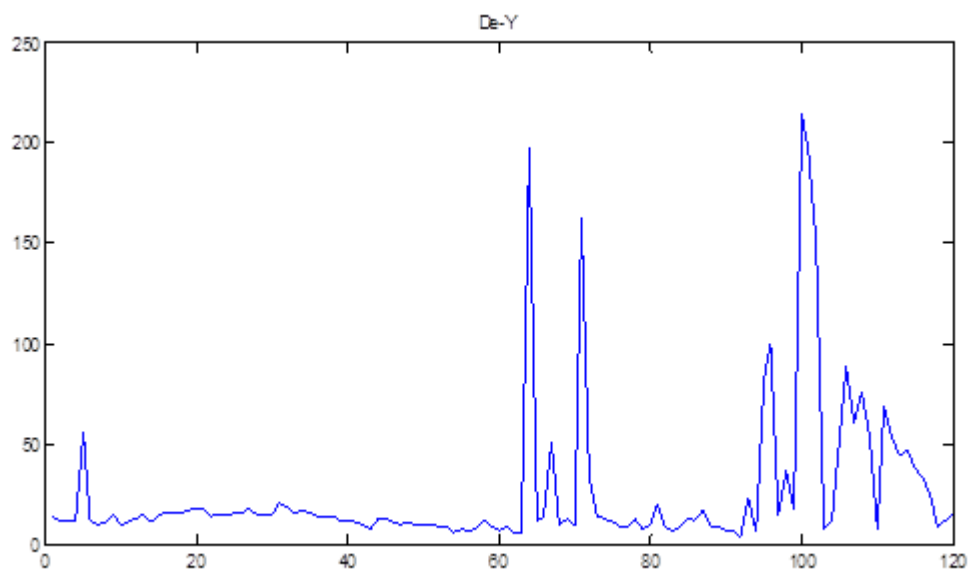
Obrázok 6.2: Vývoj očakávaného dopytu krachujúcich firiem

Jedna z týchto firiem je dokonca firma, ktorá prišla na trh až v priebehu modelu, čo naznačuje, že vstup na rozbehnutý trh, nie je jednoduchý. Pri analýze príčiny tohto poklesu očakávaného dopytu daných firiem sme zistili, že všetky tieto firmy mohli vďaka predaju všetkého svojho vyrobeného tovaru postupne zvyšovať ako cenu, tak aj vyrobené množstvo. Zlom však nastal, keď napríklad firma $f = 23$ (na obr. č. 6.2. označená modrou farbou) zvýšila cenu za svoje výrobky zo 615,44 na 646,44. Táto cena bola v tom čase druhá najvyššia na trhu, čo výrazne ovplyvnilo konkurencieschopnosť danej firmy a jej predaj sa prepadol v tomto čase o takmer 80%. Keďže sa jednalo o firmu, ktorá dovtedy pravidelne zvyšovala aj svoju výrobu, mala dokonca najviac zamestnancov, tak takýto prudký pád príjmov, pri zachovaní mzdových nákladov sa prirodzene prejavil na poklese aktív danej firmy, čo môžeme vidieť na obr. č. 6.3. Keď firma v nasledujúcom období zareagovala na nepriaznivé výsledky predaja znížením ceny, tak v nasledujúcom období sa predaj zvýšil o vyše 50%, avšak stále nedosahoval skoršie hodnoty a tak sa straty prehlbovali. Až keď firma nastavila cenu pod priemernú cenovú úroveň a stále nedokázala predať celú svoju výrobu, začala postupne znižovať očakávaný dopyt pre nasledujúce obdobie, čo však už nezabránilo krachu danej firmy, lebo nedokázala zniesť straty z období, keď zamestnávala najviac zamestnancov, navyše im platila nadpriemernú mzdu, a zároveň nedokázala predať dostatok tovaru, čím by kryla náklady. Firme nepomohli ani úvery, ktoré si postupne vzala. Takýchto firiem postupne pribúda, niektoré zo skrachovaných firiem boli dokonca také, čo vstúpili na trhu až v priebehu modelu. To naznačuje, že firmy, ktoré vstúpia na trh neskôr, môžu mať značné problémy uplatniť sa. Celkový počet skrachovaných firiem bol 14, z celkového počtu 38, ktoré zasiahli do modelu (25 na začiatku 13, ktoré postupne vstúpili na trh).



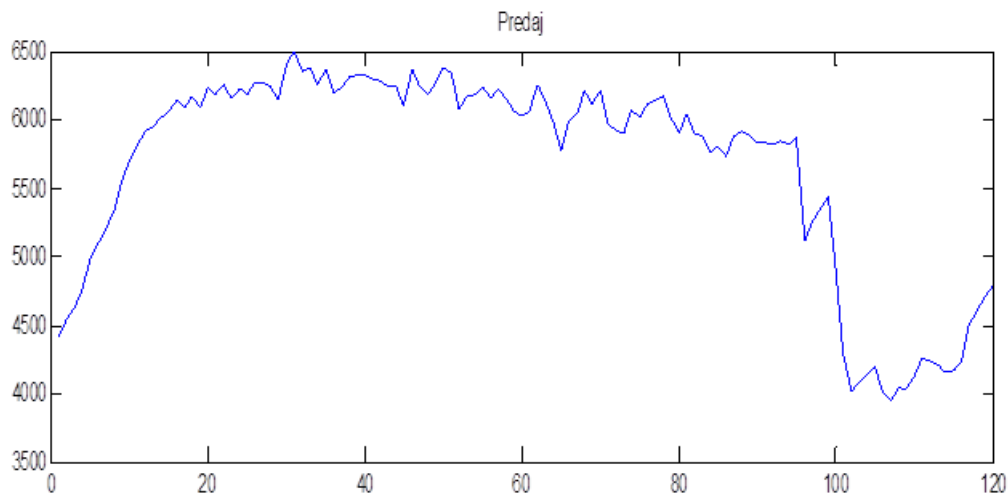
Obrázok 6.3: Vývoj aktív krachujúcich firiem

Pri pohľade na celkový očakávaný dopyt a celkovú výrobu, sa nám javí, akoby boli tieto veličiny rovnaké. *Obrázok č. 6.4.* zobrazuje rozdiel medzi týmito veličinami. Môžeme vidieť, že väčšinu času má stabilný priebeh, avšak v niekoľkých prípadoch je vidieť značný rozdiel. Tieto rozdiely sú spôsobené tým, že niektoré firmy nemohli vyrábať zamýšľaný objem, lebo nemali dostatočné množstvo finančných prostriedkov a nezískali pôžičku od bánk. Tento jav má však pozitívny vplyv na očakávaný dopyt do budúcnosti. Menší objem výroby v niektorých firmách zvýšil reálny dopyt po výrobkoch iných firiem, lebo spotrebitelia niekde museli uspokojiť svoje potreby. Najlepšie to vidieť ku koncu modelovaného obdobia, kedy na *obr. 6.5.* vidíme najvyššiu hustotu výkyvov okolo $t=100$, čo má za následok postupné zvyšovanie celkového očakávaného dopytu približne od času $t = 110$.



Obrázok 6.4: Rozdiel medzi celkovým očakávaným dopytom a celkovou produkciou

Ďalší vplyv na vývoj očakávaného dopytu má samozrejme aj reálny predaj. Ten môžeme vidieť na *obr. 6.5*.

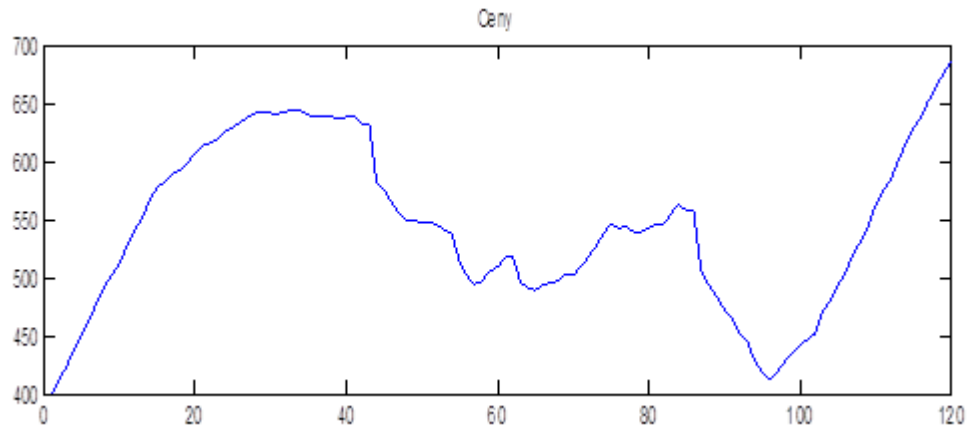


Obrázok 6.5: Vývoj celkového predaja

Tu vidíme, že predaje sa po niekoľkých iteráciách ustálili skôr ako očakávaný dopyt. To potvrdzuje, že firmy najskôr menili pri strategickom rozhodovaní cenu a až neskôr očakávaný dopyt. Taktiež tu vidíme, že aj zvyšovanie reálneho predaja ku koncu časového obdobia podporuje rast očakávaného dopytu, čo podporuje pokles nezamestnanosti.

6.3 Vývoj cien

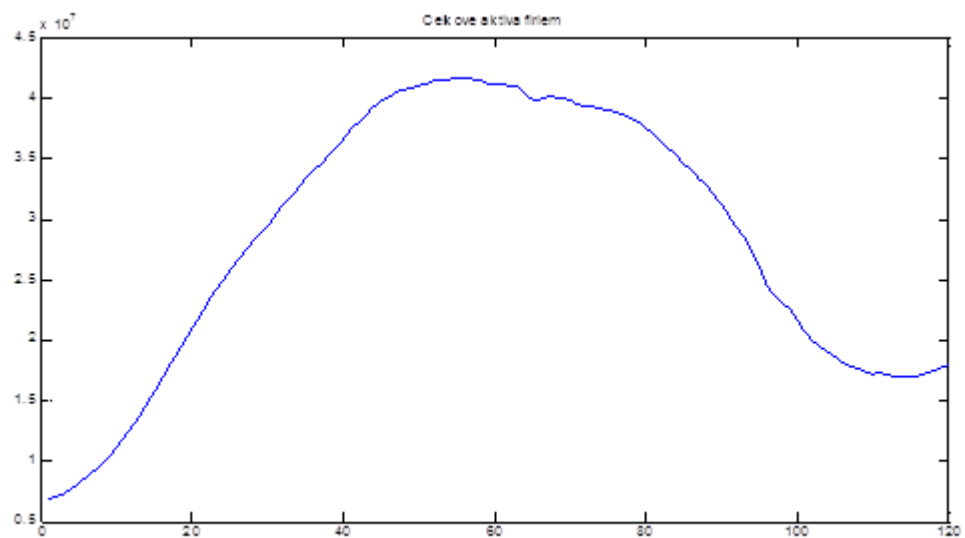
Keď sa pozrieme na vývoj cien zobrazený na *Obrázku 6.6*, vidíme, že po tom ako ceny ustálili, prichádza obdobie prudkého poklesu a následnej nestability. Môžeme pozorovať, že rast cien nastáva skôr ako rast očakávaného dopytu, čo nám opäť potvrdzuje, že firmy najskôr menia cenu, až potom očakávaný dopyt. To sa dá vysvetliť tým, že najmä firmy, ktoré majú ceny nižšie ako je priemerná cena, predajú celú svoju produkciu a vďaka tomu si pri strategickom rozhodovaní zvolia zvýšenie ceny.



Obrázok 6.6: Vývoj priemernej ceny

6.4 Vývoj aktív firiem

Po analýze vývoja celkových aktív všetkých firiem môžeme usúdiť, že firmám sa darí podľa toho, aký je predaj, čo je prirodzené.



Obrázok 6.7: Vývoj celkových aktív firiem

Poklesy sú spôsobené kvôli firmám, ktoré sa dostali do problémov a mnohé z nich nakoniec aj skrachovali. Tieto firmy majú spoločné to, že v čase kedy sa ich rast zmenil na pokles, takmer všetky mali ceny nastavené nad celkovým priemerom. V *Tabuľke 6.1.* vidíme porovnanie cien v čase najvyššej hodnoty majetku s priemernými cenami. Zahŕnuté sú len firmy, ktoré boli v modeli od začiatku a časom skrachovali.

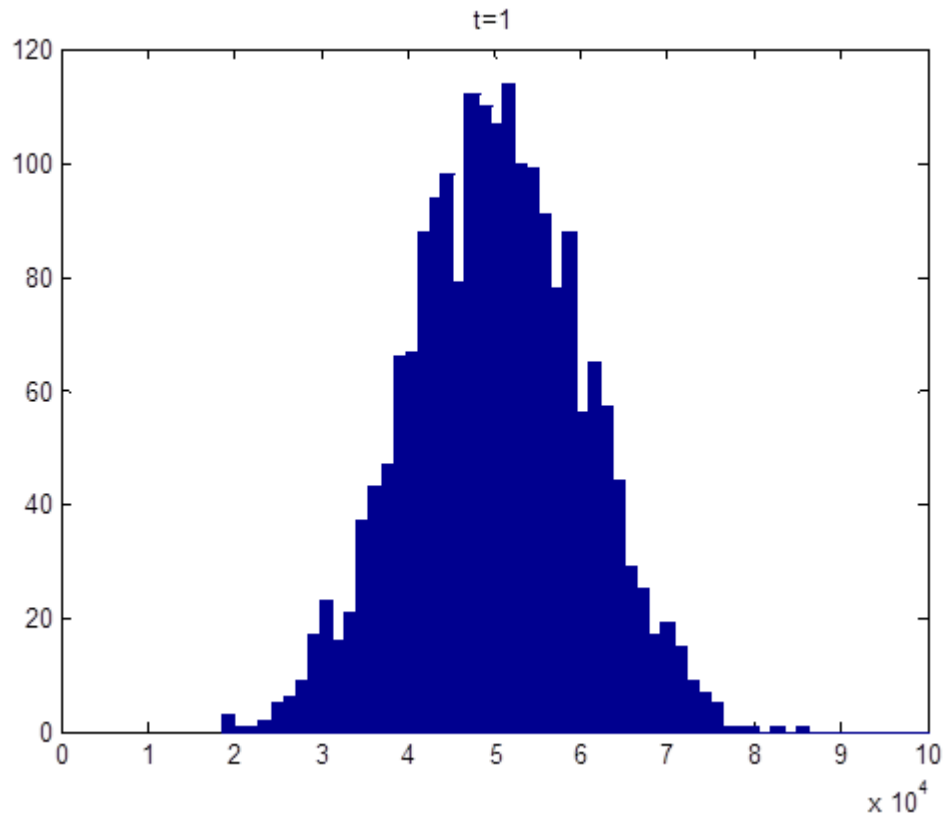
Cena v čase max. majetku.	Priem. cena	Rozdiel
659,99	502,33	157,66
644,86	490,09	154,77
659,76	639,05	20,71
649,72	510,04	139,68
630,47	497,37	133,10
650,47	546,88	103,59
659,45	638,30	21,15
583,97	564,20	19,77
637,53	639,49	-1,96
646,44	619,95	26,49
640,09	625,87	14,22
626,13	628,80	-2,67

Tabuľka 6.1: Ponúkaná cena firmami v čase ich maximálneho majetku oproti priemernej cene na trhu

Jeden z prvých záverov teda je, že firmy ktoré majú vysoké ceny, stratia skôr či neskôr konkurencieschopnosť a musia čeliť zníženiu dopytu, čo má za následok zníženie ziskov a vo väčšine prípadov aj krach. Celkovo ale môžeme pozorovať zvýšenie aktív firiem. To znamená, že veľká časť majetku sa presunula od spotrebiteľov k firmám.

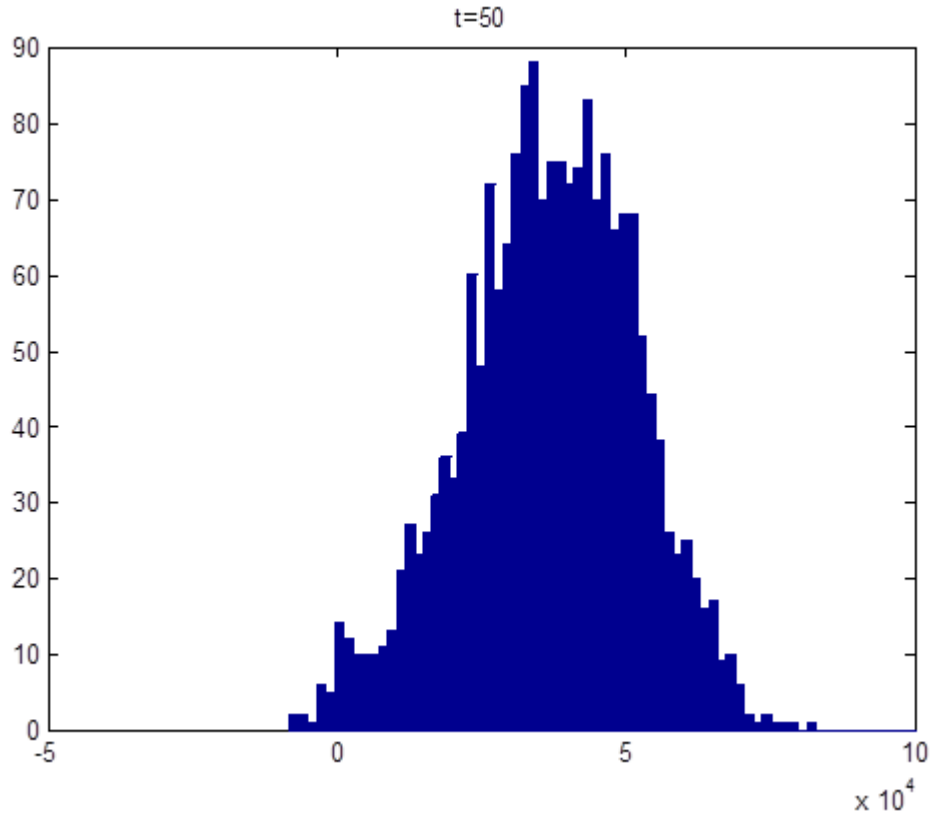
6.5 Vývoj rozdelenia majetku obyvateľstva

Nasledujúce histogramy nám zobrazujú vývoj rozdelenia majetku spotrebiteľov. Najskôr na začiatku simulácie, potom po 50 iteráciách a na konci simulácie.



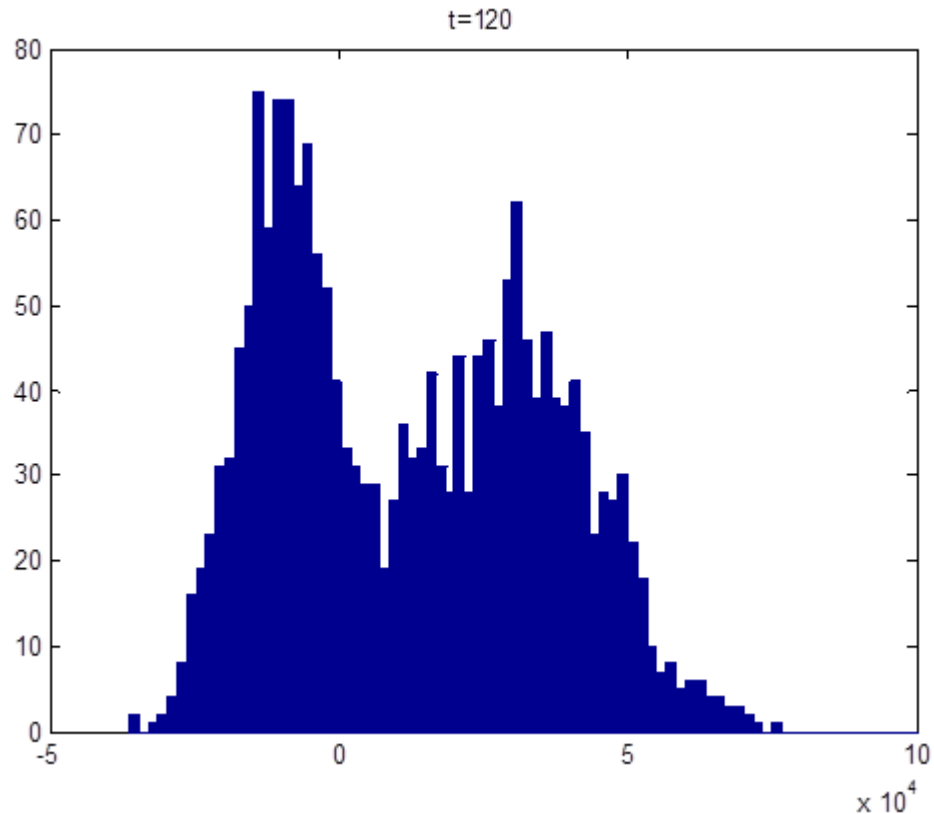
Obrázok 6.8: Rozdelenie majetku spotrebiteľov v čase $t=1$

Na začiatku môžeme vidieť rozdelenie majetku, ktoré sme si naštudovali, ako jeden zo vstupných parametrov modelu. Majetok každého spotrebiteľa sme zadefinovali ako náhodnú premennú z normálneho rozdelenia, so strednou hodnotou $\mu = 50000$ a $\sigma = 10000$. Toto rozdelenie je zobrazené na obr. č. 6.8.



Obrázok 6.9: Rozdelenie majetku spotrebiteľov v čase $t=50$

Po uplynutí 50-tich časových iterácií môžeme pozorovať celkový posun strednej hodnoty smerom doľava, ako aj väčší rozptyl. To nám naznačuje, že obyvateľstvo postupne chudobnie, čiže spotrebúva viac ako sú jeho príjmy. Môže to byť spôsobené nastavením modelu iba na kontrolu skutočnosti, či má daný spotrebiteľ nejaký majetok a nekontroluje príjem jednotlivých spotrebiteľov. Dlhodobo to však môže spôsobiť, že veľké množstvo obyvateľov príde o celý svoj majetok. Dokonca, vzhľadom na to, že pre spotrebiteľov nemáme v našom modeli rozpočtové ohraňenie, sa môžu mnohí dostať do záporných čísel, čiže žiť na dlh.



Obrázok č. 6.10: Rozdelenie majetku spotrebiteľov v čase $t=120$

Pri pohľade na rozdelenie majetku spotrebiteľov, ktoré nám ukazuje *obr. č. 6.10*, vidíme, že sa nám náš predpoklad potvrdil. Spotrebiteľia sa nám v podstate rozdelili na dve skupiny. Tí s kladným majetkom, pre ktorých sa hodnota ich majetku len o málo zmenila oproti hodnote v čase $t=50$. Druhou skupinou sú spotrebiteľia so záporným majetkom, respektíve s malým majetkom. Pri podrobnejšej analýze sme zistili, že skupina, ktorá má kladný majetok sú v prevažnej väčšine zamestnaní a naopak v druhej skupine sú najmä nezamestnaní. Tento jav bol očakávaný, keďže náš model je nastavený tak, že aj spotrebiteľ bez peňazí má určitý minimálny dopyt po výrobkoch, ktorý musí byť uspokojený. Paralelu s realitou môžeme nájsť v tom, že aj nezamestnaní nakupujú potraviny, napríklad zo sociálnych príspevkov od štátu.

Kapitola 7

Vyhodnotenie simulácií

Na základe výsledkov simulácie môžeme sformulovať niekoľko záverov. Náš primárny cieľ, skonštruovať zjednodušený model ekonomiky sa nám podarilo úspešne dosiahnuť. Subjekty na seba vzájomne pôsobili podľa vopred zadefinovaných pravidiel, krachovali a vznikali nové firmy a vývoj premenných spĺňal očakávané korelácie. Pri podrobnejšej analýze sme zistili príčiny krachu firiem, ako aj zvyšujúcej sa chudoby obyvateľstva, čo nám dáva priestor zamyslieť sa, ako by sa týmto javom dalo zabrániť.

7.1 Pokles aktív a následný krach firiem

Ako sme v predchádzajúcej kapitole zistili, najčastejšou príčinou strát firiem je vysoko nasadená cena. Firmy postupne zvyšovali ceny podľa pravidiel nastavených v modeli, avšak pri náhlom poklese predaja reagovali najskôr len znížením ceny, čo však nebolo postačujúce, lebo ich mzdové náklady boli stále na vysokej úrovni. Zníženie cien nebolo postačujúce pre zvýšenie konkurencieschopnosti na trhu. Firmám sa podarilo len znížiť straty, ale len niekoľko firiem sa dokázalo opäť vrátiť k ziskom. Tu vzniká otázka: Čo by bolo možné urobiť pre to, aby tieto firmy prežili?

Jedna z možností by bola, že v prípade ak firma čelí obrovskému prepadu tržieb, tak by pri strategickom rozhodovaní nepracovala len so zmenou jednej premennej. Čiže okrem zníženia ceny, by súčasne zareagovala aj okamžitým znížením očakávaného dopytu. Ďalej by mohla svoj očakávaný dopyt nielen upravovať o nejaký hodnotu smerom nadol, ale priamo odvodzovať od aktuálneho predaja.

Ďalšou možnosťou by bolo zaviesť do modelu akúsi formu investície. Napríklad vo forme zvýšenia produktivity práce. Firma by vynaložila jednorázovo určitú časť aktív na zefektívnenie výroby, čím by si mohla dovoliť zamestnávať menej zamestnancov, čo by dlhodobo šetrilo mzdové náklady. Určiť správne množstvo tejto investície však nemusí byť jednoduché. Možným riešením je aj investícia do reklamy, ktorá by sa

prejavila v tom, že pri výbere spotrebiteľa by aj vyššia cena mohla dostať prednosť. Investícia by jednoducho mala nejakým spôsobom zvýhodniť danú firmu na trhu.

Jedným z možných rozšírení modelu, ktoré by firmám pomohli, by boli zásoby, ktoré v našom modeli neuvažujeme. Firma by si nepredané množstvo tovaru ponechala na obmedzené množstvo časových období. V nasledujúcej časovej perióde by zas predávala najskôr zo zásob a až potom ako ich spotrebuje by predávala aktuálnu výrobu. To by umožnilo firmám počítať s týmito zásobami a tým by si mohli dovoliť zamestnávať menej zamestnancov, čo by im znížilo náklady. Avšak po obnove dopytu by vedeli okamžite reagovať dostatočným množstvom tovaru na jeho uspokojenie, čo by mohlo naštartovať ich zisky.

7.2 Postupné znižovanie majetku spotrebiteľov

Vďaka nastaveniu nášho modelu, kedy spotrebiteľia nemali rozpočtové ohraničenie, ale v prípade nepostačujúcich finančných prostriedkov sa len zafixoval ich dopyt na minimálnej úrovni nastalo, že mnoho spotrebiteľov sa dostalo do záporných hodnôt z hľadiska aktív. V takejto situácii sa ocitli najmä nezamestnaní.

Jeden zo spôsobov, ako zabrániť takejto situácii je zaviesť podmienku, že spotrebiteľ si môže kúpiť tovar, len ak má na to potrebné prostriedky. Ale z reálneho pohľadu nemôže mať jednotlivec nulový dopyt po akomkoľvek tovare. Takisto sa nedá použiť podobný princíp ako pri firmách, lebo krach jednotlivca by musel znamenať napríklad jeho smrť, čo tiež nie je v súlade s realitou. Ani pôžičky od bánk nemôžeme uvažovať, lebo banky by neposkytli úver, ktorý nie je ničím krytý. Spôsob ako zabezpečiť, aby každý mal zabezpečenú minimálnu spotrebu a zároveň nemal záporný majetok, je teda nenávratný príspevok. Napríklad od štátu v podobe sociálnych dávok. Spotrebiteľ, ktorý nemá dostatočné prostriedky pre zaobstaranie minimálnej spotreby by na ňu dostal príspevok, napríklad vo výške priemernej ceny.

V takomto prípade by sme však museli do modelu zahrnúť aj dane. Tie by slúžili na vyplácanie týchto dávok. Zdaňoval by sa napríklad zisk firiem a mzda spotrebiteľov. Avšak aj v prípade štátu by mohlo nastať, že vybrané prostriedky nepostačujú na pokrytie výdavkov a museli by zvýšiť dane čo by znížilo príjem jednotlivcov. Nasledoval by pokles dopytu, čo by malo za následok zvyšovanie nezamestnanosti a tým aj počet poberateľov príspevku.

Tu sa ukazuje, že úloha štátu je v súčasnej ekonomike nevyhnutná, aj keď pravdepodobne v inej forme, ako to funguje v realite. Avšak úplné vylúčenie štátu z

ekonomických interakcií podľa vzoru zástancov čistého trhového hospodárstva by práve z dôvodu prítomnosti obyvateľstva bez príjmu a akýchkoľvek aktív, avšak s dopytom po statkoch, nemalo dlhodobu udržateľný charakter.

7.3 Ďalšie možnosti rozšírenia modelu

Spomenuli sme možnosti rozšírenia modelu, ktoré by mohli vylepšiť naše dosiahnuté výsledky. Okrem toho sú aj ďalšie faktory, ktoré v modeli nie sú zahrnuté a vyskytujú sa v reálnom svete.

Napríklad populačný rast. Tak ako majú možnosť vznikáť nové subjekty, tak by mohli pribúdať aj noví spotrebitelia, čo by bolo vnímané ako prirodzený populačný rast. Ten by zvyšoval prirodzený dopyt, ako aj ponuku práce. Na druhej strane by spotrebitelia po konečnom počte období prestali byť pracovne aktívni, čiže by odišli do dôchodku. Napokon by modelové prostredie opustili úplne.

Vklady v bankách sú ďalšou možnosťou. V našom modeli slúžili banky len na poskytnutie kapitálu firmám, ktoré potrebovali financovať svoje prevádzkové náklady. Banky však slúžia aj na uloženie vkladov, čo by sa mohlo využiť ako pre spotrebiteľov, tak aj pre firmy. Spotrebiteľ s vysokým kapitálom by sa napríklad mohol rozhodnúť byť nezamestnaný a žiť len z úrokov.

Tým sa dostávame k ďalšej možnosti, ktorá by však značne pridala na komplexnosti modelu a tým je finančný trh. Spotrebitelia by mohli investovať do akcií firiem, ktoré by tým získavali kapitál a nemuseli by žiadať o úver v banke, alebo by im stačil nižší. Na druhej strane by dostávali dividendy.

Potom je tu možnosť pridať ďalšiu triedu agentov, resp. agenta a to spomínaný štát. Ten by plnil úlohu vyberania daní, poskytovania sociálnych príspevkov, vydával by dlhopisy, ktoré by mohli kupovať banky a firmy a určoval napríklad minimálnu mzdu.

Všetky tieto príklady nám ukazujú, že akékoľvek rozšírenie modelu by malo značný vplyv na všetky procesy v modeli. Naš model však môže slúžiť ako dobrý základ. Jeho postupným rozširovaním o spomenuté faktory by sa mohol dosiahnuť verný model súčasnej ekonomiky.

Záver

V tejto diplomovej práci sa nám podarilo skonštruovať model, ktorý simuluje pomocou počítačového programu v matematickom softvéri MATLAB interakcie medzi rôznymi finančnými a ekonomickými subjektmi. Na princípe základných ekonomických teórií, doplnených o najmodernejšie prístupy v ekonomickom modelovaní, ako je napríklad BAM model, sme vytvorili fungujúce ekonomické prostredie. Firmy, banky a spotrebitelia, ktorý sú zároveň aj pracovníci, sa stretávajú na rôznych trhoch ako je napríklad pracovný trh, trh statkov a kapitálový trh a vzájomne na seba pôsobia. Svoje rozhodnutia adaptívne prispôsobujú vzhľadom na vzniknuté situácie podľa zadaných pravidiel, ktoré sa zakladajú na fungovaní reálnej ekonomiky.

Na základe výsledkov počítačových simulácií sme analyzovali rôzne situácie, ako aj príčiny ich vzniku. Napríklad prečo firmy krachujú a aký má ich krach vplyv na ostatné javy v ekonomike. Ako vplyva cenová politika firmy na vývoj jej aktív. Čo by mala firma urobiť, aby zvýšila svoju konkurencieschopnosť na trhu. Zanalyzovali sme, ako sa vyvíja rozdelenie majetku obyvateľstva v čase, ako aj príčiny takéhoto vývoja. Výsledky vývoja jednotlivých premenných sme porovnali s očakávaniami založenými na fungovaní reálnej ekonomiky.

Nakoniec sme na základe týchto analýz navrhli možnosti rozšírenia modelu, ktoré by tento model ďalej približovali k fungovaniu súčasnej ekonomiky. Takými rozšíreniami sú napríklad pridanie štátneho aparátu ako ďalšej triedy agentov, ktorý by mal na starosti napríklad dane a podporu nezamestnaných. Práve štát sa ukazuje ako nevyhnutná súčasť ekonomiky. Napriek zástancom trhového hospodárstva, ktorí by úlohu štátu najradšej úplne vylúčili, je fungovanie takejto ekonomiky vysoko radikálne. Ak by pre spotrebiteľov platili rovnaké pravidlá ako pre firmy v súvislosti s krachom, ako by vyzeral krach a následný výstup z trhu z pohľadu spotrebiteľa? Vyhnanstvom? Ďalšími vylepšeniami by mohlo byť zavedenie populačného vývoja, zdokonalenie firemných stratégií, napríklad vo forme investícií, alebo rozšírenie o finančný trh. Banky by mohli poskytovať úvery nielen firmám, ale ja spotrebiteľom a na druhej strane by si spotrebitelia ukladali do bánk svoje úspory.

Náš model teda ponúka nástroj, ktorý simuluje jednoduché fungovanie ekonomiky s možnosťou rozšírenia o komplexnejšie udalosti, ktoré by umocnili podobnosť so súčasnou reálnou ekonomikou. Každé takéto rozšírenie by však bolo sprevádzané značným zvýšením komplexnosti samotného modelu, ako aj počítačového programu z hľadiska náročnosti na výpočty.

Verím, že táto práca, ako aj skonštruovaný model, môže poslúžiť pre ďalšie skúmanie a modelovanie vzájomných interakcií medzi rôznymi finančnými a ekonomickými subjektmi na rôznych trhoch.

Zoznam použitej literatúry

[1] BRUNOVSKÝ, P. *Mikroekonómia*. Učebný text FMFI UK, dostupný na internete: <http://pc2.iam.fmph.uniba.sk/skripta/brunovsky2/>

[2] DELLI GATTI, D. - DESIDERIO, S. - GAFFEO, E. - CIRILLO, P. - GALLEGATI, M. 2011. *Macroeconomics from the Bottom-up*. Italia: Springer, 2011. ISBN 978-88-470-1970-6

[3] OTTO, S. R. - DENIER, J.P. 2005. *An Introduction to Programming and Numerical Methods in MATLAB*. London: Springer, 2005. ISBN 978-185233-919-7