

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE  
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY



PREHĽAD APLIKÁCIÍ MODELU VŠEOBECNEJ  
EKONOMICKEJ ROVNOVÁHY ( CGE MODEL )

BAKALÁRSKA PRÁCA

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE  
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

**PREHĽAD APLIKÁCIÍ MODELU VŠEOBECNEJ  
EKONOMICKEJ ROVNOVÁHY ( CGE MODEL )**

**BAKALÁRSKA PRÁCA**

Študijný program: Ekonomická a finančná matematika  
Študijný odbor: 1114 Aplikovaná matematika  
Školiace pracovisko: Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky  
Vedúci práce: Mgr. Tomáš Miklošovič



Univerzita Komenského v Bratislave  
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

## ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

**Meno a priezvisko študenta:** Miroslav Liščinský  
**Študijný program:** ekonomická a finančná matematika (Jednoodborové štúdium, bakalársky I. st., denná forma)  
**Študijný odbor:** 9.1.9. aplikovaná matematika  
**Typ záverečnej práce:** bakalárska  
**Jazyk záverečnej práce:** slovenský

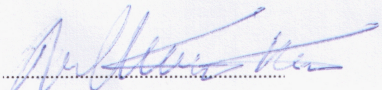
**Názov:** Prehľad aplikácií modelu všeobecnej ekonomickej rovnováhy ( CGE model )  
**Cieľ:** Teoreticky sa oboznámiť s modelom CGE a zmapovať rôznorodé možnosti jeho využitia.

**Vedúci:** Mgr. Tomáš Miklošovič  
**Katedra:** FMFI.KAMŠ - Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky  
**Dátum zadania:** 16.10.2011

**Dátum schválenia:** 27.10.2011

doc. RNDr. Margaréta Halická, CSc.  
garant študijného programu

.....  
študent

  
vedúci práce

**Pod'akovanie** Ďakujem svojmu bakalárskemu vedúcemu Mgr. Tomášovi Miklošovičovi, za všetky pripomienky k práci, za jeho čas a ochotu. Ďakujem aj mojím rodičom, že mi umožnili študovať na vysokej škole a podporovali moje matematické vzdelanie už od skorého školského veku. A posledné ďakujem patrí slovenským hokejistom, ktorí úspešne reprezentovali Slovensko a svojimi výkonmi mi spríjemňovali obdobie, v ktorom som dokončoval bakalársku prácu.

## Abstrakt v štátnom jazyku

Liščinský, Miroslav: Prehľad aplikácií modelu všeobecnej ekonomickej rovnováhy (CGE model) [Bakalárska práca], Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky; školiteľ: Mgr. Tomáš Miklošovič, Bratislava, 2012, 37 s.

CGE modely (Modely všeobecnej ekonomickej rovnováhy) sú konštruované a používané už niekoľko rokov pri riešení rôznych (nielen ekonomických) problémov. Jedná sa o makroekonomické modely s mikroekonomickým pozadím, ktoré predpokladajú racionálne správanie sa subjektov na trhu. Cieľom našej bakalárskej práce je objasniť teoretické pozadie modelov, prezentovať aplikácie týchto modelov v rôznych situáciách a ekonomických podmienkach, a taktiež ukázať niekoľko demonštratívnych scenárov pre podmienky slovenskej ekonomiky.

**Kľúčové slová:** SAM, CGE modely, Všeobecná ekonomická rovnováha

## Abstract

Liščinský, Miroslav: Overview of the general equilibrium model (CGE model) applications [Bachelor's thesis], Comenius University in Bratislava, Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Department of Applied Mathematics and Statistics; Supervisor: Mgr. Thomas Miklošovic, Bratislava, 2012, 37 p.

CGE models (Computable general equilibrium) are constructed and used to solve many different problems (not only economic) for several years. They are macroeconomic models with microeconomic background which forecast rational behavior of market entities. Our target is to explain teoretical background of models, to present application of these models in some situations and economic conditions, and also demonstrate a few scenarios in the slovak economy.

**Keywords:** SAM, CGE models, General economic equilibrium

---

# Obsah

|  |           |
|--|-----------|
| Úvod   | 8         |
| <b>1 CGE Modely - základy</b>  | <b>9</b>  |
| 1.1 Rozdiely medzi statickými a dynamickými modelmi . . . . .                    | 10        |
| <b>2 SAM</b>   | <b>12</b> |
| <b>3 Mikroekonomická teória</b>  | <b>16</b> |
| 3.1 Teória firmy . . . . .   | 16        |
| 3.2 Teória spotrebiteľa . . . . .  | 17        |
| 3.3 Zahranície . . . . .   | 18        |
| 3.3.1 Import . . . . .   | 18        |
| 3.3.2 Export . . . . .   | 18        |
| 3.4 Uzáver modelu . . . . .  | 19        |
| <b>4 Ekonomicko-politické využitie CGE modelov</b>                               | <b>20</b> |
| 4.1 Integrácia do EÚ a CGE modely . . . . .                                      | 20        |
| 4.2 Zmena daní . . . . .   | 22        |
| <b>5 Aplikácie v sektore životného prostredia, lesníctva a poľnohospodárstva</b> | <b>23</b> |
| 5.1 CGE modely a životné prostredie . . . . .                                    | 23        |
| 5.2 Využitie CGE modelov pri problémoch s odlesňovaním . . . . .                 | 25        |
| 5.2.1 Obmedzenia CGE modelov vhodných pre problém odlesňovania                   | 27        |
| 5.3 CGE modely v poľnohospodárstve . . . . .                                     | 28        |
| <b>6 Demonštratívny scenár v CGE modeli pre slovenskú ekonomiku</b>              | <b>29</b> |
| <b>Záver</b>   | <b>33</b> |
| <b>Zoznam použitej literatúry</b>  | <b>34</b> |
| <b>Príloha A</b>   | <b>37</b> |

## Úvod

Jeden z najlepších nástrojov na posudzovanie makroekonomických dopadov na ekonomiku je CGE model (Computable General Equilibrium model). Model vypočítateľnej všeobecnej ekonomickej rovnováhy je však u nás relatívne neznámym pojmom a proces hľadania kvalitnej publikácie zaoberajúcej sa danou témou v slovenskom jazyku môže byť veľmi zložitý. To spolu s nedostatkom vhodných softvérov výrazne sťažuje tvorbu CGE modelov v našich podmienkach. Vo svete je však bežne používaný, a teda odborná literatúra sa dá zohnať bez väčších problémov.

Táto práca sa snaží objasniť teoretické pozadie modelu, čo zahŕňa dôležité poznatky z mikroekonomickej, oboznámenie sa so SAM maticou (Social Accounting Matrix), vďaka ktorej vieme zistiť potrebné číselné údaje z jednotlivých ekonomických odvetví. Okrem toho obsahuje aj praktickú stránku, ktorá sa skladá hlavne z aplikácie exogénneho šoku do existujúceho CGE modelu v softvéri GAMS (General Algebraic Modeling System).

Jedná sa o makroekonomický model založený na mikroekonomických predpokladoch optimálneho správania sa subjektov na trhu - domácností, firiem, štátu a zahraničia. V bakalárskej práci sa pokúsím popísať model, ktorý by simuloval príchod zahraničného investora do dopravného priemyslu na Slovensku a skúmať, aký to bude mať vplyv na hlavné ekonomické ukazovatele krajiny.

Prvá kapitola obsahuje teoretické pozadie CGE modelov a taktiež ich základné vlastnosti. Dátová základňa a jej tvorba, teda SAM matica sa nachádza v druhej kapitole. Tretia kapitola popisuje mikroekonomickú teóriu, ktorá je potrebná pri konštrukcii modelu. Štvrtá kapitola je zameraná na riešenie ekonomicko-politických problémov Slovenska pomocou CGE modelov. V prvej časti sa zaoberá integráciou našej krajiny do EÚ. Vplyv transformácií v daňovom systéme na dôležité ekonomické ukazovatele Slovenska popisuje druhá časť kapitoly. Piata kapitola je venovaná aplikáciám CGE modelov v odvetviach ako sú životné prostredie, lesníctvo, poľnohospodárstvo (podľa čoho je aj členená na podkapitoly). Posledná kapitola prináša výsledky našej simulácie v podobe zmeny ekonomických ukazovateľov, ako sú HDP, spotreba, investície atď.



# 1 CGE Modely - základy

Ako bolo spomenuté v úvode, CGE model je makroekonomický model, ktorý vychádza z mikroekonomických predpokladov optimálneho správania sa subjektov na trhoch a snaží sa simulovať ich budúci vývoj a vzájomnú interakciu<sup>1</sup>. Je zväčša postavený na neoklasickom prístupe, ktorý predpokladá stopercentnú zamestnanosť, ale existuje aj keynesiánsky prístup pripúšťajúci nenulové množstvo nezamestnaných fyzických osôb.

Použitý CGE model je komparatívno-statický, čo znamená, že porovnávame ekonomiku v pôvodnom rovnovážnom stave s výsledkami pre rovnovážny stav ekonomiky po tom, ako bol do nej zavedený šok (najčastejšie v podobe zmeny rozpočtového ohraničenia, prípadne technológií subjektov). Rozdiely sú vyjadrené relatívne (teda pomocou percentuálnych zmien), nie v absolútnych číslach.

Výhodou CGE modelu je nenáročnosť na vstupné dáta, ktoré sú reprezentované údajmi z matice spoločenských účtov alebo SAM (Social Accounting Matrix), o ktorej sme sa už zmienili, ale neskôr jej bude venovaná celá kapitola. Zjednodušene možno SAM popísať ako tabuľku popisujúcu toky tovarov, peňazí a služieb v ekonomike medzi jej jednotlivými subjektami za dané obdobie, zväčša za rok.

Teoretickým základom modelov je teória všeobecnej mikroeconomickej rovnováhy, ktorú v roku 1874 prvý vyslovil francúzsky ekonómom Léon Walras (pozri [4]) a znie takto:

*” Ak trhy okrem jedného trhu sú v rovnováhe, tak všetky trhy musia byť v rovnováhe a ekonomika sa nachádza vo všeobecnej rovnováhe.”*

Z tohto Walrasovho tvrdenia vyplýva, že na ekonomických trhoch nemôže existovať jednostranná nerovnováha. Dá sa to vysvetliť na príklade, kde sa na trhu práce nachádza previs ponuky, čiže existuje nezamestnanosť, takže musí byť nerovnováha v ekonomike aj niekde inde a vyrovnanie nastáva v podobe previsu ponuky na trhu tovarov.

Slovo vypočítateľný v názve tohto modelu vypovedá o fakte, že sa využívajú numerické aplikácie tejto teórie. Aplikácia CGE modelu do praxe zaznamenala najväčší rozmach v polovici sedemdesiatych rokov, keď rôzne medzinárodné inštitúcie (MMF,

---

<sup>1</sup>v tejto kapitole sme sa opierali o [6], [14]

Svetová banka) zostavovali CGE modely v rozvojových krajinách. Model vďačí za popularitu taktiež technologickému pokroku v oblasti výpočtovej techniky v tomto období. Momentálne sa uplatňuje najmä v environmentálnej, zahraničnoobchodnej oblasti a taktiež oblasti daňovej politiky.

Vzhľadom na ich obmedzenie, sú CGE modely najlepšie využiteľné, ak neexistuje žiadna iná alternatíva vhodná pre analýzu problému. Napríklad devalvácia, široká liberalizácia obchodu, zmeny v zahraničných kapitálových tokoch a všeobecné zvýšenie dane majú rozsiahle účinky, ktoré je takmer nemožné skúmať konštrukciou čiastkových modelov rovnováhy.

K dôležitým potrebným predpokladom patrí, že uvažujeme všetky trhy ekonomiky s dokonalou konkurenciou. Jednotlivé sektory musíme rozdeliť podľa svojich vlastností na sektory produkčné, sektory konečnej spotreby (domácnosti, vláda a investície) a sektor zahraničia. Domácnosti (a ani vláda alebo investície) sa nerozdeľujú do skupín ako produkčné sektory (poľnohosp., služby atď), sú zovšeobecnené do jednej reprezentatívnej domácnosti. Dôvodom je fakt, že deliť ich podľa príjmov, príp. dosiahnutého vzdelania by bolo problematické hlavne z hľadiska údajov. Sektor konečnej spotreby (domácnosti, vláda a investície) je charakterizovaný funkciou užitočnosti s konštatnými výnosmi z rozsahu. Produkčné sektory sú popísané produkčnými funkciami (taktiež s konštatnými výnosmi z rozsahu) a zvyknú sa dezagregovať podľa odvetví.

Potom je z týchto funkcií vygenerovaný podmienený dopyt a ponuka sektorov. Vďaka predpokladu všeobecnej rovnováhy (na trhoch ekonomiky nemôže existovať jednosstranná nerovnováha) a dokonalej konkurencie (žaden subjekt na trhoch nemôže ovplyvniť výšku ceny) sformulujeme rovnice nulových ziskov firiem, rovnosti dopytu a ponuky na trhoch, pričom musíme pridať aj rovnice rozpočtových ohraničení sektorov konečnej spotreby, ktoré celý model uzatvárajú.

## 1.1 Rozdiely medzi statickými a dynamickými modelmi

CGE modely využívajú komparatívny prístup, čo znamená, že porovnávame stav danej ekonomiky pred a po zavedení vonkajšieho šoku (pozri [11]). Prvotným predpokladom je, že ekonomika sa nachádza v stave všeobecnej rovnováhy. Po zavedení šoku sa zmenia preferencie a v ekonomike sa generuje nový druh všeobecnej rovnováhy.

Naším cieľom je nasledovné porovnanie jednotlivých ekonomických parametrov v oboch rovnovážnych stavoch. Medzi ďalšie predpoklady patrí, že uvažujeme dokonalú konkurenciu, a navyše pri statických CGE modeloch analyzujeme len vonkajší zásah do ekonomiky, ktorý nastal v jednom období. Na rozdiel od nich dynamické CGE modely umožňujú zaviesť aj viacero šokov v rôznych časoch, a navyše analyzujú aj zmeny vyplývajúce z očakávaní jednotlivých subjektov smerom do budúcnosti. Jednotlivé exogénne a endogénne veličiny sa v nich vyvíjajú podľa presne stanovených vzťahov, preto je možné skúmať vplyv jedného konkrétneho šoku na priebeh vývoja ekonomiky smerom do budúcnosti. Tým pádom v každom časovom období je možné vypočítať percentuálnu odchýlku konkrétnej endogénnej premennej od hodnoty, ktorú nadobúdala pred zavedením šoku.

Je nutné dodať, že po každom šoku sa ekonomika vráti do stavu všeobecnej rovnováhy v priebehu jedného obdobia. Dynamické CGE modely nám preto umožňujú predpokladať, aký by bol nasledujúci vývoj, ktorý by vyplýval z novej alokácie zdrojov v ekonomike. Kalibrácia dynamických CGE modelov je založená taktiež na údajoch zo SAM matice za jedno (počiatočné) časové obdobie. Tieto modely sú však náročnejšie na konštrukciu, pretože využívajú aj mnoho parametrov a koeficientov, ktoré SAM matica neobsahuje. Medzi ne patria najmä veličiny týkajúce sa časového vývoja niektorých exogénnych veličín (napr. údaje o produktivite práce, technologickom pokroku, časovom vývoji úrokových mier).

## 2 SAM

Matica spoločenských účtov (Social Accounting Matrix) tvorí dátovú základňu pre CGE model. Slúži na zobrazenie všetkých nominálnych tokov v ekonomike medzi jednotlivými oblasťami, väčšinou za obdobie jedného roka, pričom riadky reprezentujú príjmy a stĺpce výdavky daného sektora. V SAM platia nasledovné dve pravidlá (z [6]):

- princíp input-output tabuľky: výdavky jedného subjektu sú zároveň príjmami iného subjektu
- princíp národného účtovníctva: suma príjmov určitého subjektu sa rovná sume jeho výdavkov

V štandardnej SAM je zahrnutých nasledovných šesť účtov zo systému národných účtov:

- účet výrobkov a služieb
- účet produkcie
- účet tvorby dôchodkov
- účet rozdelenia a použitia dôchodkov
- kapitálový účet
- účet pre zahraničie

Údaje zo SAM pochádzajú z publikácii Štatistického úradu. Jednou z nich sú aj Komoditno - odvetvové tabuľky dodávok a použitia. Odtiaľ získame sektorovo špecifické údaje o účte výrobkov a služieb (medzispotrebe, konečnej spotrebe domácností, konečnej spotrebe vlády, investíciách, exporte, importe).

Subjekty v SAM vieme rozlíšiť podľa odvetvovej klasifikácie ekonomických činností (OKEČ) do niekoľkých sektorov: poľnohospodárstvo, ťažba nerastných surovín, priemysel, výroba a rozvod elektriny, stavebníctvo, obchod, doprava a spoje, finančné sprostredkovanie, prenájom nehnuteľností, podnikateľské činnosti, verejná správa a

obrana, povinné sociálne zabezpečenie, vzdelávanie, zdravotná a sociálna starostlivosť a ostatné verejné služby.

V SAM rozlišujeme komodity a aktivity, vtedy je účet produkcie popísaný systémom tabuľky dodávok a tabuľky použitia. Ak nepotrebuje rozlišovať komodity a aktivity, účet produkcie stačí popísať input-output tabuľkou. Tabuľka 1 zobrazuje agregovanú a zjednodušenú (nenachádzajú sa v nej preto účet tvorby dôchodkov, účet rozdelenia a použitia dôchodkov ani kapitálový účet) formu SAM (rok 2005, sumy sú uvedené v mil. eur).

Riadky v SAM zvyknú štandardne zobrazovať zdroje sektorov a stĺpce použitie zdrojov. Naopak to platí len pre sektor, kde sa nachádza účet výrobkov a služieb. Takto je vyjadrený fakt, že toky tovarov sú protipoložkami peňažných tokov. Čiže každý účet v SAM tvorí jeden riadok a jeden stĺpec. Kvôli zjednodušeniu orientácie v tabuľke budeme jednotlivé prvky matice označovať  $SAM[i,j]$ , pričom  $i$  a  $j$  sú indexy riadku a stĺpca, kde je daný prvok (vychádzali sme z [4]).

### Účet tovarov a služieb (produkcie)

Sektor poľnohospodárstva (AGR), sektor priemyslu (IND), sektor dopravy a služieb (SER), (štvorcová matica začínajúca účtom  $SAM[AGR,AGR]$  až po účet  $SAM[SER,SER]$ ) tvorí medzispotrebu komodít produkčnými sektormi v ekonomike. Všetky tieto riadky predstavujú príjmy produkčných sektorov z medzispotreby, z domácností (stĺpec H-dopyt domácností po tovare), vlády (stĺpec G-dopyt vlády po tovare), z investícií (INV) a zo zahraničia (EX-ako export komodít). Naopak jednotlivé stĺpce predstavujú výdavky na medzispotrebu, na odmeny za poskytnutú prácu (riadok L), odvody/dane (tri riadky začínajúce písmenom T), tvorbu kapitálu (riadok K) a taktiež na výdavky do zahraničia (IM-ako import komodít).

### Účet L, K

Práca L a kapitál K sa v riadku podieľajú v rôznych mierach na výrobe tovaru a služieb v jednotlivých sektoroch. V riadku L je však navyše (na rozdiel od K) práca vykonaná slovenskými zamestnancami v prospech zahraničných subjektov -  $SAM[L,EX]$ . Stĺpec L poukazuje na využitie odmien za prácu domácnosťami -  $SAM[H,L]$  a zahraničnými

pracovníkmi v domácej ekonomike - SAM[IM,L]. Stĺpec K (príjmy domácností z pracovnej činnosti a kapitálu) je reprezentovaný SAM[H,K] a vládou SAM[G,K].

### Účet TL, TG, TP

Riadky týchto troch účtov reprezentujú nasledovné dane: TL je daň z objemu odvedenej práce a jej ceny, TG predstavuje daň z produktov a v TP je zahrnutá daň z produkcie. Hodnota dane v sektore poľnohosp. (časť TP) je záporná, čo znamená, že štát dotuje poľnohospodárov (pri sektore trhových služieb a netrhopých služieb je daň tiež záporná a funguje to podobne). Všetky tri typy daní sa vzťahujú na výrobné sektory v ekonomike. Pomocou prvkov SAM[G,TL], SAM[G,TP], SAM[G,TG] vieme zistiť celkový príjem štátu z daní.

### Účet H

Okrem už spomenutých príjmov domácností (riadok H) z práce (stĺpec L) a kapitálu (stĺpec K) sú ich príjmami aj transfery vlády - SAM[H,G] a zahraničia - SAM[H,EX] domácnostiam. Naopak v stĺpci HH nachádzame použitie zdrojov domácností na spotrebu tovarov a služieb, transfery vláde - SAM[G,H] a zahraničiu - SAM[IM,H] a odloženú časť spotreby, ktorá pripadne na investície - SAM[INV,H].

### Účet G

V riadku vlády G sme doposiaľ už popísali príjmy z odvodov/daní (stĺpce TP,TL,TG), kapitálu K, domácností H, zostal nám už len účet zahraničia - SAM[G,EX], kde sa nachádzajú vládne transfery do zahraničia. Použitie zdrojov vlády (stĺpec G) je už z väčšej časti spomínaný vyššie (riadky tovarov a služieb, transfery domácnostiam), Avšak s vládnymi transfermi zahraničiu - SAM[IM,G]) a investíciami - SAM[INV,G], ktoré predstavujú odloženú časť zo spotreby sa stretávame až teraz.

### Účet INV

Vzťah medzi riadkom investícií (INV) a stĺpcom domácností(H) a vlády(G) definovaný už bol. Doposiaľ sme nespomenuli len prvok spojený so zahraničím, t.j. obchodná bilancia - SAM[INV,IM]. Stĺpec INV poskytuje prehľad o celkovom množstve investícií

produkčných sektorov.

### **Účet IM, EX**

Nachádzame sa v poslednom riadku (IM) resp. stĺpci (EX), keďže vplyv zahraničia delíme na import a export. Účet IM, reprezentovaný riadkom, kde sa prekrýva s 5 výrobnými sektormi predstavuje objem tovarov a služieb importovaných na domáci trh, stĺpec EX na druhej strane vyjadruje produkciu domácich sektorov vyvázanú do zahraničia. Zvyšok už bol definovaný vyššie, takže každý prvok SAM je popísaný.

### 3 Mikroekonomická teória

V nasledovnej kapitole zhrnieme základy mikroekonomickej teórie, ktoré budú využité v našom CGE modeli<sup>2</sup>. Popísané budú hlavne teória firmy, spotrebiteľa a všeobecnej rovnováhy.

#### 3.1 Teória firmy

Každú firmu charakterizuje jej technológia, teda predpokladajme, že pre firmu máme  $n$  vstupov  $X_i (i = 1, \dots, n)$ , jeden výstup  $Y$  a ešte určité množstvá kapitálu  $K$  a práce  $L$  (potrebné na vytvorenie výstupu  $Y$ ). Správanie firmy je popísané produkčnou funkciou, ktorá odzrkadľuje jej technológiu tak, aby pri daných vstupoch bol maximálny možný výstup. Produkciu jednotlivých sektorov budeme označovať ako  $p_i$ . Ďalšie parametre majú nasledovný význam ( $\alpha_i$  slúži na vyjadrenie vzájomných pomerov medzi vstupmi,  $\gamma$  označuje produktivitu vstupov a  $\rho$  je parameter substitúcie pre CES a CET funkcie). Primárnu úlohu maximalizácie zisku prevedieme na duálnu úlohu minimalizácie nákladov, vďaka čomu dostaneme podmienené dopytové funkcie odvodené z produkčných funkcií.

Podľa elasticity substitúcie (elasticita substitúcie predstavuje podiel zámenny vstupov na vyprodukovanie rovnakého množstva výstupu) delíme produkčné funkcie na tieto najčastejšie používané typy:

- Cobb-Douglasova produkčná funkcia s elasticitou substitúcie  $\sigma = 1$  a tvarom:

$$Y = \gamma \prod_{i=1}^n X_i^{\alpha_i},$$

$$\text{kde } \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \text{ a } \gamma \geq 0$$

$$\text{Jej odvodený podmienený dopyt je: } \hat{X}_j = \frac{Y \alpha_j}{\gamma p_j} \prod_{i=1}^n \frac{p_i}{\alpha_i}^{\alpha_i}$$

- Leontieffova produkčná funkcia (produkčná funkcia dokonale komplementárnych faktorov) s elasticitou substitúcie  $\sigma = 0$  a tvarom:

$$Y = \gamma \min\left(\frac{x_1}{\alpha_1}, \dots, \frac{x_n}{\alpha_n}\right),$$

<sup>2</sup>v tejto kapitole sme čerpali z [14]



$$\text{kde } \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$$

Jej odvodený podmienený dopyt je:  $\hat{X}_j = \frac{\alpha_j}{\gamma} Y$

- CES (Constant Elasticity of Substitution) produkčná funkcia s elasticitou substitúcie  $\sigma = \frac{1}{1-\rho}$ , kde  $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$  a zároveň platí  $\rho \leq 1$  a  $\rho \neq 0$ ,  $\gamma \geq 0$  a tvarom:

$$Y = \gamma \left( \sum_{i=1}^n \alpha_i X_i^\rho \right)^{1/\rho}$$

Jej odvodený podmienený dopyt je:  $\hat{X}_j = \frac{Y}{\gamma} \left( \frac{P_j}{\alpha_j} \right)^{\frac{1}{\rho-1}} \left( \sum_{i=1}^n \alpha_i \frac{P_i^{\rho/\rho-1}}{\alpha_i} \right)^{1/\rho}$

- CET (Constant Elasticity of Transformation) produkčná funkcia s rovnakým predpisom ako CES a rozdielom podmienky pre  $\rho : \rho \geq 1$

Ďalším kritériom, podľa ktorého môžeme rozdeliť produkčné funkcie firiem je výnos z rozsahu. Ak predpokladáme, že parameter  $\gamma > 1$ , je možné zaviesť nasledovnú terminológiu:

- pre  $f(\gamma x) > \gamma f(x)$  hovoríme, že firma má rastúce výnosy z rozsahu
- pre  $f(\gamma x) = \gamma f(x)$  hovoríme, že firma má konštantné výnosy z rozsahu
- pre  $f(\gamma x) < \gamma f(x)$  hovoríme, že firma má klesajúce výnosy z rozsahu

### 3.2 Teória spotrebiteľa

Správanie spotrebiteľa (jeho preferencie) v modeli je možné charakterizovať pomocou funkcie užitočnosti. Spotrebiteľ chce optimalizovať svoj úžitok pri daných rozpočtových ohraničeniach, ktoré sú definované vlastnými príjmami a cenami statkov na trhu. Riešením úlohy maximalizácie úžitku  $\max_{x \in R_+^n} (u(x))$  za podmienky  $I = \langle P, x \rangle$  ( $I$  je príjem spotrebiteľa, ktorý má k dispozícii,  $x$  predstavuje vektor statkov a  $p$  vektor ich cien) zistíme optimálne množstvo spotreby statkov vďaka vzťahu, ktorý sa nazýva Marshallovská dopytová funkcia. Funkcie užitočnosti, podobne ako aj produkčné funkcie, môžu mať rôzny tvar, najčastejšie je používaná Cobb-Douglasova funkcia užitočnosti (predpis podobný ako u produkčnej funkcie s rozdielom chýbajúceho parametra  $\gamma$ ).

Spotrebiteľ si teda vie zvoliť, ktorý z košov statkov preferuje, no svoju preferenciu nevie numericky ohodnotiť.

### 3.3 Zahraničie

#### 3.3.1 Import

Najčastejšie používaný prístup pri modelovaní problematiky zahraničia je založený na Armingtonovej ponuke na domácom trhu (vychádzali sme z [4]). Postup pri simulácii zahraničia v CGE modeloch spočíva v rozdelení domácej produkcie na produkciu určenú pre domáci trh a produkciu vyvázanú mimo krajiny. Takéto delenie na dve časti odráža odlišný charakter a tiež ceny domácich a zahraničných komodít. Cieľom domáceho spotrebiteľa je minimalizovať svoje náklady pri kúpe tovarov, preto berie do úvahy cenu domácej a zahraničnej produkcie. Celková ponuka komodít na domácom trhu je modelovaná CES funkciou ako suma celkovej produkcie pre domáci trh spolu s celkovým objemom importu, čím je vytvorená ponuka pre domáci trh a má nasledovný tvar:

$$DS_j = \gamma_j(\alpha_j DP_j^j + (1 - \alpha_j) IM_j^{\rho_j})^{\frac{1}{\rho_j}}, \rho_j \leq 1 \wedge \rho_j \neq 0, \text{ kde}$$

$DS_j$  - je celková ponuka komodity  $j$  na domácom trhu,

$DP_j$  - je domáca produkcia určená pre domáci trh,

$IM_j^{\rho_j}$  - je celkový import komodity.

#### 3.3.2 Export

Pri exporte využívame podobne ako pri importe Armingtonov koncept. Domáci producenti vyrábajú časť produkcie určenú pre domáci trh a časť určenú na export. Ich snahou je pritom maximalizovať zisk z predaja tovarov. Modelovanie delby produkcie na domáci trh a export sa zapisuje pomocou CET funkcie v tvare:

$$Y^i = \gamma_i(\alpha_i DP_i^{\rho_i} + (1 - \alpha_i) EX_i^{\rho_i})^{\frac{1}{\rho_i}}, \rho_i \geq 1, \text{ kde}$$

$Y^i$  - je celková produkcia domácej komodity,

$DP_i^{\rho_i}$  - je produkcia určená pre domáci trh,

$EX_i^{\rho_i}$  - je produkcia určená na export komodity.

### 3.4 Uzáver modelu

CGE model definovaný doposiaľ obsahuje menej rovníc ako premenných. Teda je potrebné ho dodefinovať - zafixovať dve premenné z  $TK$  (celkový kapitál),  $TL$  (celková práca) alebo  $TINV$  (celkové investície). Klasický uzáver fixuje celkový kapitál a prácu v ekonomike, je pri tom však nutné predpokladať existenciu rovnováhy a nulovú nezamestnanosť. Ak pripúšťame nenulovú nezamestnanosť, je možné použiť keynesiánsky uzáver, ktorý fixuje celkový kapitál a investície v ekonomike. Prvý uzáver sa však používa častejšie a pre naše potreby je vyhovujúci, takže vďaka nemu tak pribudnú dve nové rovnice:

Do modelu tak pridáme dva nové vzťahy (pozri [14]):

- trh práce:  $TL + trans_A^L ER = \sum_i L_i + trans_L^A ER$ , kde  $TL$  predstavuje celkovú ponuku práce v ekonomike,  $trans_A^L ER$  predstavuje výmenný kurz pre zahraničnú ponuku práce,  $L_i$  dopyt po práci v sektore  $i$ ,  $trans_L^A ER$  je naopak výmenný kurz pri dopyte po zahraničnej pracovnej sile.
- trh kapitálu:  $TK = \sum_i K_i$ , kde  $TK$  predstavuje celkovú ponuku kapitálu v ekonomike a  $K_i$  dopyt po kapitáli v sektore  $i$ .

## 4 Ekonomicko-politické využitie CGE modelov

### 4.1 Integrácia do EÚ a CGE modely

Najprv je veľmi vhodné zvážiť, ktoré parametre chceme brať do úvahy, a ktoré zanedbáme<sup>3</sup>. Keď sa jedná o dohody v rámci EÚ alebo integráciu krajín vo všeobecnosti, máme totiž na výber široké spektrum možností, budeme sa však snažiť zaoberať iba ekonomickými príčinami (vstupu do EÚ). V minulosti (pri tvorbe únie a zoskupení štátov) bolo zvykom tvrdiť, že voľný obchod maximalizuje svetové bohatstvo. Akákoľvek únia znižuje obmedzenia, takže je to krok smerom k voľnému obchodu, takže akákoľvek únia zlepšuje svetové bohatstvo aj keď nevedie k jeho maximalizácii. V skutočnosti je však táto teória o ľubovoľnej únii len príkladom tvrdenia z r. 1960, ktorého autorom je Richard Lipsey a znie:

” Ak je nemožné zaručiť všetky podmienky pre optimum (v tomto prípade rovnaké relatívne ceny vzhľadom k sadzbám zo zmeny výroby), potom zmena, ktorá spôsobí splnenie niektorých z podmienok optima, môže veci zlepšiť alebo zhoršiť.”

Takže je možné, že po zhliadnutí výsledkov budeme môcť skonštatovať, že význam rozšírenia EÚ je hlavne politický, lebo ten ekonomický sa nepotvrdí, alebo potvrdí len v minimálnom rozsahu. Na druhej strane je však možný aj výsledok, ktorý ukáže správnosť horeuvedeného tvrdenia (vyše 50 rokov starého) a presvedčí nás, že vstup do EÚ signifikantne zlepši ekonomické ukazovatele novoprijatých krajín.

Pre krajiny strednej a východnej Európy bolo skonštruovaných niekoľko ekonomických CGE modelov v posledných dvadsiatich rokoch. Vyvinuli sa do podoby ďalekej od ich predchodcov, vstupno-výstupných modelov, po tom ako tieto postkomunistické krajiny zmenili svoje centrálné riadené ekonomiky na trhovo-orientované a dokázali, že sú vhodné na modelovanie nových trhov. Väčšina CGE modelov konštruovaných pre členské krajiny EÚ z východnej a strednej Európy majú všeobecné použitie a snažia sa odpovedať na široké spektrum zásadných otázok, od dôsledkov distribúcie, cez pokles produkcie priemyselného odvetvia až po proces finančného oslobodzovania. Väčšina z nich analyzuje Poľsko ako najväčšiu z týchto krajín pomocou upravenej

<sup>3</sup>v tejto kapitole sme čerpali z [10] a [8]

verzie Robertsovhovho modelu (1994). Ostatné CGE modely boli vybudované s cieľom analýzy spoločných problémov východoeurópskych ekonomík, ako je oslobodzovanie trhu a environmentálne plánovanie.

Medzi tvorcami modelov však neexistuje dohoda, aký typ modelu najvhodnejšie popisuje stred a východ európskej ekonomiky. Vlastnosti modelov sa pohybujú od čisto neoklasického až po štrukturalistický prístup. Ďalší problém spôsobuje stanovenie parametrov. Väčšina z nich je nakalibrovaná, takže ich spoľahlivosť je závislá priamo na pôvodných odhadoch elasticity, ktoré pochádzajú z vonkajších zdrojov. Nedostatok ekonomických údajov o strednej a východnej Európe spôsobuje dojem, že vytvoriť spoľahlivé ekonometrické odhady elasticity je takmer nemožné. Vo väčšine prípadov sú hodnoty elasticity fixované podľa skúseností tvorca modelu s ekonomikou daného štátu. Väčšina CGE modelov zhotovených pre stredoeurópske a východoeurópske členské štáty EÚ sú statické alebo zahŕňajú rekurzívne dynamické vlastnosti. Existuje aj niekoľko intertemporálnych dynamických CGE modelov, pri nich však vystupujú dva hlavné problémy. Po prvé, zvyčajne reprezentujú hospodárstvo pri zvažovanej vysokej úrovni agregácie (napr. len 1 produkčného sektora, vzhľadom k výpočtovej námahe, ktoré potrebujú). Z tohto dôvodu, nie sú vždy vhodné pri analýze štruktúrnych strategických otázok. Za druhé je pochybné, či sú schopné popísať dynamické správanie ekonomík v prípade s veľmi silnými predpokladmi o budúcich očakávaníach. Ale to opäť vyvoláva otázku, či tieto krajiny disponujú dostatkom konkrétnych ekonomických údajov.

Výsledky jedného konkrétneho CGE modelu ukazujú ([10]), že krajiny V4 si vďaka vstupu do EÚ ročné HDP polepšia: Poľsko o 1%, Maďarsko o 1.8% a Československo o 0.8% (keďže obe krajiny mali podobný politický vývoj a nemajú také množstvo obyvateľov, autor ich zoskupil do jednej). Ročný prínos pre HDP EÚ je prekvapivo malý, len 0,012%, čo je však spôsobené jej veľkosťou a množstvom obyvateľov. Takže vďaka modelu môžeme prehlásiť, že vstup nových krajín do EÚ vplyva pozitívne na ich HDP.

Iný model zaoberajúci sa výlučne Slovenskom a jeho vstupom do EÚ však priniesol trochu podrobnejšie výsledky (pozri [9]). Spotreba domácností vzrastie o 2 % z dôvodu zmeny daní (najmä zníženia daní z príjmov fyz. a práv. osôb) podľa noriem EÚ.

Spotreba vlády klesne o 8,8 % hlavne kvôli zmene colnej politiky, ako aj zníženiu sadziieb priamych daní z príjmov. Potreba environmentálnych technológií zapríčiní nárast investícií v slovenskej ekonomike o 4,2 %. Zlepší sa aj obchodná bilancia, keďže import vzrastie o 3,2 % a export až o 3,8 % (dôvodom opäť zmenená colná politika).

Výsledkom množstva komplikovaných procesov bude rast HDP vo výške 0,6 %. Toto číslo je porovnateľné s výstupom z predošlého modelu, takže sa potvrdil pozitívny ekonomický význam vstupu do EÚ.

## 4.2 Zmena daní

V poslednom období sa modely CGE využívajú aj v hospodárskej politike viacerých európskych krajín, napr. dánsky štatistický úrad používa DREAM, írsky model IMAGE je používaný pre mnohé výskumné vládne úlohy, nórske ministerstvo financií má MSG (Multisectoral Growth) model. Na Slovensku je pre podobné úlohy taktiež primeraná štruktúra dátového zabezpečenia. Aj vďaka tomu môžeme vychádzať z konkrétneho CGE modelu (pozri [3]), ktorého cieľom bolo nastaviť zjednotenú sadzbu DPH, aby boli zachované nezmenené príjmy štátu. Postup bol teda založený na fixácii príjmov a sadzba DPH sa stala endogénnou premennou. Kvôli zjednoteniu daní bude znížená produkcia sektorov so zníženou sadzbou DPH (10%), naopak produkcia sektorov zaťažených vyššou sadzbou DPH (23%) vzrastie. Najväčší pokles zaznamená odvetvie rozvodu elektriny, plynu a teplej vody (cca 1,3%), najväčší nárast produkcia ťažkého priemyslu (cca 0,9%). V prípade, že si Slovensko udrží nezmenené príjmy, bude vplyv zjednotenia sadzby DPH na ekonomiku krajiny minimálny. Reálna mzda klesne o 0,09%, ale investície sa zvýšia o 0,14% (no ich cena klesne o 0,1%). Výsledkom všetkých pozitívnych a negatívnych vplyvov bude nárast DPH o 0,04%, a taktiež redukcia deformácií v ekonomike. Optimálna sadzba dane je niečo málo nad 17%, pričom príjem štátu z DPH pri tejto miere sa o niečo zníži. Tento pokles však bude nahradený zvýšením príjmov iných daní, a teda reálne celkové príjmy vlády ostanú na rovnakej úrovni.

## 5 Aplikácie v sektore životného prostredia, lesníctva a poľnohospodárstva

### 5.1 CGE modely a životné prostredie

Táto kapitola stručne popisuje postup pri tvorbe CGE modelov, ktoré sú nápomocné pri analyzovaní problémov v oblasti životného prostredia<sup>4</sup>. Niektoré z nich sú len lokálne a špecifické pre určitú oblasť ako napr. téma kvality vzduchu a hladiny hluku v mestskej krajine a v blízkosti veľkých priemyselných závodov. Ďalšie sa viažu iba s používaním určitých škodlivých látok ako napr. freóny pri priemyselných procesoch alebo produktov, ktoré môžu byť jednoducho nahradené inými. Avšak existujú oveľa dôležitejšie environmentálne problémy s omnoho širším geografickým a ekonomickým pozadím, ktorých objasnenie by malo význam v národnej alebo dokonca globálnej ekonomike. "Kyslé dažde", ktoré súvisia s emisiami síry a oxidmi dusíka sú jedným z nich, ďalším sú klimatické zmeny vzťahujúce sa na emisie  $CO_2$  (oxidu uhličitého) a iných plynov prispievajúcich k "skleníkovému efektu". V oboch týchto prípadoch existuje silné prepojenie medzi použitou energiou a emisiami nečistôt. Zvažuje sa, že na vysporiadanie sa s oboma problémami bude nevyhnutné zaviesť podstatné redukcie emisií kvôli ochrane životného prostredia. A práve CGE modely sú široko používané na vyhodnotenie prístupov prislúchajúcich k otázke kyslých dažďov a klimatických zmien.

"Kyslé dažde" a "skleníkový efekt" sú javy poškodzujúce životné prostredie, ktoré vznikajú kvôli emisiám vznikajúcim pri spaľovaní fosílnych palív. Závisia od množstva nahromadených zásob nečistôt, ktoré sa však kumulujú pomaly. Tým pádom dochádza k časovému oneskoreniu (hlavne pri klim. zmenách) medzi emisiou škodlivín a výsledným dopadom na životné prostredie, čo musí byť zohľadnené pri konštrukcii vhodných CGE modelov pre danú problematiku. Uvažovaná simulácia by teda mala obsahovať možnosti pre nahradenie fosílnych palív inými formami energie. A to sa odzrkadlí pri produkčných sektoroch takýchto environmentálnych CGE modelov, ktoré sú rozdelené na elektrinu, transport, kovy, papier a celulóza a chemikálie, kým zvyšok ekonomiky môže byť agregovaný už len do pár ďalších sektorov. Avšak produkčné sektory s intenzívnou spotrebou fosílného paliva by mali pozostávať zo sub-sektorov, ktoré sa v

---

<sup>4</sup> v tejto kapitole sme čerpali z [2]

tomto líšia, ako napr. v prípade sektora elektriny, ktorá môže byť produkovaná technológiami založenými na uhlí alebo naftě (vysoké využívanie fos. palív) a technológiami ako hydroelektrická a nukleárna sila (nulové využívanie fos. palív). A toto je (vďaka technologickému pokroku) práve časť energetického sektora, ktorú je niekedy lepšie reprezentovať sub-modelom ako štandardnou neoklasickou produkčnou funkciou. Taktiež by mal obsahovať explicitný vzťah medzi používaním fosílnych palív a emisiou rozličných škodlivín.

Posledný veľmi dôležitý je fakt, že dosiahnuté benefity v environmentálnej oblasti sa prejavajú v kvalitnejšom životnom prostredí, čo je ťažko zmerateľné ekonomickými veličinami, ako sú peniaze. Preto musia tieto CGE modely obsahovať "environmentálny modul" slúžiaci na konverziu množstva zredukovaného znečistenia v monetárnu mieru environmentálneho prínosu. Taktiež by mal zahŕňať aj spätný mechanizmus, ktorý vyjadří vplyv zlepšenia (príp. zhoršenia) životného prostredia na faktor produktivity a úžitkovosť domácností v environmentálnych službách.

Je teda zjavné, že po environmentálnych CGE modeloch je vysoký dopyt, a že ich tvorba je náročná kvôli množstvu komplikácií, preto by mali byť tieto modely dynamické alebo aspoň kvázi-dynamické.

Existuje však aj iný prístup k analýze enviroproblematiky pomocou CGE modelov (pozri [1]). Rozdiel spočíva v tom, že nepoužijeme "environmentálny modul" na konverziu množstva vyprodukovaných emisií, ale jednoducho si ohraničíme množstvo celkových emisií. Je to značne ovplyvnené krajinou, v ktorej prostredí sa nachádzame (limit môže byť zákonom striktné určený) a cenou za ktorú je možné s emisiami obchodovať (ak predpokladáme dokonalú konkurenciu na trhu, tak jednotná cena bude ustanovená trhom). To znamená, že marginálne výdavky na využitie nových technológií s cieľom zníženia emisií môžu byť porovnané s jednotkovou trhovou cenou za povolenie emisií. A to je tiež možný prístup, ako vyrovnáť emisie a náklady na ich znižovanie.

Jeden konkrétny CGE model (spracované v [15]), ktorý sa zaoberal "daňou z oxidov uhlíka" a jej dopadom na americkú ekonomiku priniesol zaujímavé výsledky. 50 dolárová daň za tonu vyprodukovaných emisií uhlíka dvíhla ceny petroleja a zemného plynu o 20percent a spravil uhlie takmer 1.5 krat dražším, kým 200 dolárová daň za tonu dvíhla ceny nafty o tri štvrtiny a ceny uhlia vzrástli takmer 5.5 násobne.



Iný model (pozri [16]) pozoruje Čínu a jej emisie  $SO_2$ . Hlavné zistenia autorov sú nasledovné: Ak nebudú spravené potrebné opatrenia, emisie  $SO_2$  v nasledujúcich 15 rokoch porastú veľmi rýchlo a dosiahnu takmer 31,8 miliónov ton v roku 2020. Rozdiel medzi vyprodukovanými emisiami a environmentálnou kapacitou pre  $SO_2$  v Číne dosiahne 12-14 miliónov ton. Tým pádom budú nastávať kyslé dažde oveľa častejšie, čo bude mať za následok väčšie ekonomické straty (až okolo 2% HDP).

## 5.2 Využitie CGE modelov pri problémoch s odlesňovaním

CGE modely je možné zúžitkovať pri riešení zlej situácie s nadmerným výrubom lesov<sup>5</sup>. Jedným z najhorších problémov pre životné prostredie v Zimbabwe je fakt, že kvôli zlej situácii v ekonomike došlo k zvýšenému vykorisťovaniu krehkých prírodných zdrojov, čo viedlo k poškodzovaniu životného prostredia v tomto štáte. Odhaduje sa, že krajina stráca 0,6 percent ročne z celkového množstva lesnatých oblastí (spolu asi 23 miliónov hektárov). Množstvo odlesnenej pôdy od roku 1980 za účelom premeny na ornú sa odhaduje na 70 000 ha pôdy za rok. Dôkazom toho je aj prudký nárast v oblasti pestovania rôznych druhov plodín v tejto dobe. Napríklad plocha pre pestovanie kukurice sa zvýšila z 649 000 ha v 1970-72 na 966 000 ha v roku 1987-89.

CGE model bol použitý práve pri pokuse o zastavenie tohto negatívneho trendu. Jeho snahou bolo zachytenie vzťahov medzi množstvom vyrúbaných lesov, ziskom z exportu a nárastom cien, a taktiež následného dopadu na politické reformy v ekonomike a životnom prostredí. Aj keď tento prístup nie je priamo zameraný na odvetvia lesného hospodárstva, celková ekonomika krajiny má vplyv na odlesňovanie a znehodnocovanie lesov. V skutočnosti zo štúdií Svetovej banky vyplynulo, že medzi hlavné príčiny globálneho výrubu lesov patria aj politické opatrenia. CGE modely sú teda vhodným nástrojom pre komplexnú analýzu takýchto politických opatrení a ich vedľajších účinkov. Simulujú totiž interakcie medzi výrobou a spotrebou súčasne pre celé hospodárstvo.

Konkrétny sub-model použitý v inej štúdii (vypracovanej pre Filipíny, spracovanej v [12]) uvádza sedem parametrov ovplyvňujúcich rast lesníckeho sektora (t.j. maximálny rast, maximálny objem, aktuálny objem, aktuálny vek, minimálny objem, minimálny vek a exponent). Parametrizácia lesníckeho sub-model je diskutovaná nižšie.

---

<sup>5</sup>v tejto časti sme čerpali z [13]

Aby bol model správne funkčný, je potrebné uvažovať nasledovnú funkciu popisu fyzického rastu lesa :

$$F(T) = \frac{M}{(1 - (1 - M/F(0))e^{-gT})}$$

kde  $M$  je maximálny možný objem dreva na hektár a kde  $g$  je maximálna vnútorná miera rastu stromov. Rovnice v lesníckom sub-modeli sú prevedené do log-lineárnej podoby a sú nastavené takto. Maximálna hustota kmeňov je stanovená na 247 metrov kubických na hektár, rovnajúca sa hustote v zostávajúcich starých rastúcich lesoch na Filipínach (Účty filipínskych aktív z roku 1998). Poznajúc rast logaritmickej krivky a parciálne derivácie objemu dreva s ohľadom na vek použijeme vzťah:

$$\frac{\delta F}{\delta T} = gf(1 - F/M)$$

Maximálna vnútorná rýchlosť rastu je riešením tohto výrazu pre  $g$  vzhľadom k tomu, že  $M = 247$ ,  $F = 161,625$ , čo je súčasná priemerná hustota vo všetkých lesoch, a  $\frac{\delta F}{\delta T} = 1,3$  metrov kubických za rok (Účty filipínskych aktív z roku 1998). Výsledná hodnota je  $g = 0,02327$ , čo zodpovedá viac ako 2 percentám ročne. Pre  $F(0)$ , teda hustota pri  $t = 0$ , je nastavená hodnota 100 metrov kubických na hektár. Dostatočne zásobený les je definovaný ako lesné oblasti s najmenej 100 metrov kubických na hektár stojaceho dreva. S priemernou úrodu 85 kubických metrov na hektár za rok,  $F$  predstavuje 185 metrov kubických na hektár. Hodnoty  $F$ ,  $F(0)$ ,  $G$  a  $M$  sú dosadené do nášho vzťahu, čím sa získa hodnota rotačnej doby (rovnovážny stav pre vek optimálnej úrody) asi 24 rokov. To sa javí ako primerané vzhľadom k tomu, že stanovená rotačná doba na Filipínach je 25 rokov. Avšak, používali sme staršie údaje, takže sa to dalo očakávať.

Existujú dva možné scenáre mobility pozemkov. Ak filipínska vláda môže využívať pozemok, buď len ako ornú pôdu, alebo iba ako les, hovoríme o imobilnom scenári. Ak sa naopak predpokladá, že krajina je v tomto zmysle mobilná, je možné previesť poľnohospodársku pôdu na lesnú (vysadením nových stromov) a naopak.

Obrázok 1, v ktorom je tabuľka, nám ukazuje hodnoty elasticity pre objem dreva (v lesnej oblasti), množstvo "úrody" na hektár rotácie, dĺžku rotácie a cenu dreva s ohľadom na vybrané príčiny odlesňovania na Filipínach. Je zrejmé, že bez ohľadu na mobilitu krajiny, politika povoleného ročného výrubu má významný vplyv na objem dreva. To podporuje autorov tvrdenia, že ťažba by mohla byť hlavnou príčinou odlesňovania na

Filipínach. Povolený ročný výrub na Filipínach bol označený za prehnaný a v dlhodobom období neprispieva odvetviu lesného hospodárstva. Vysoký povolený ročný výrub má tiež za následok väčšie "úrody" a kratší čas rotačného obdobia a tiež zníženie ceny dreva. Ostatné faktory neovplyvňujú (v porovnaní s povoleným ročným výrubom) tak výrazne na 4 sledované veličiny, takže nie je potrebné detailne ich rozoberať s výnimkou riadku s vysokými diskontnými sadzbami v lesníctve. V tomto prípade sa pri mobilnom prístupe výrazne skracuje rotačná doba a zvyšuje cena dreva.

Obr. 1: Elasticity prípadov odlesňovania na Filipínach

| Causes                                  | Land is mobile |                      |                 |              | Land is immobile |                      |                 |              |
|---|----------------|----------------------|-----------------|--------------|------------------|----------------------|-----------------|--------------|
|   | Timber volume  | Harvest per Rotation | Rotation Period | Timber Price | Timber Volume    | Harvest per Rotation | Rotation Period | Timber Price |
| High discount rate in forestry          | -0.1242        | -0.2702              | -0.8836         | 0.9229       | -0.0088          | -0.0191              | -0.0625         | -0.0652      |
| High annual allowable cut               | -1.2751        | 0.7461               | -0.1055         | -2.7854      | -1.3498          | 0.5810               | -0.6422         | -2.1564      |
| Non-availability of off-farm employment | 0.0022         | 0.0049               | 0.0160          | -0.3533      | -0.0130          | -0.0282              | -0.0924         | -0.2243      |
| High agricultural output prices         | -0.0147        | -0.0320              | -0.1047         | -0.0462      | 0.0217           | 0.0473               | 0.1552          | -0.3555      |
| Technological progress in agriculture   | 0.0143         | 0.0311               | 0.1020          | -0.0140      | -0.0205          | -0.0446              | -0.1461         | 0.2821       |
| Export tax                              | 0.0024         | 0.0052               | 0.0170          | -0.0208      | 0.0339           | 0.0739               | 0.2423          | -0.2898      |
| Trade liberalisation                    | -0.0024        | -0.0052              | -0.0169         | 0.0775       | 0.0041           | 0.0089               | 0.0292          | 0.0226       |
| Population growth                       | -0.0047        | -0.0102              | -0.0335         | 0.0370       | 0.0023           | 0.0051               | 0.0166          | -0.0228      |

### 5.2.1 Obmedzenia CGE modelov vhodných pre problém odlesňovania

CGE modely sú vhodné pre analýzu interakcií medzi rôznymi odvetviami a trhmi, ale preto, že tieto interakcie sú veľmi zložité, modely majú značné požiadavky na údaje, ktoré často nemôžu byť uspokojivo splnené<sup>6</sup>. Hlavne ak sa jedná o údaje pre africké krajiny, sme nútení používať zastarané informácie, keďže národné štatistiky majú tendenciu byť menej úplné a spoľahlivé, ako v Ázii alebo Latinskej Amerike. Nedostatok členených regionálnych údajov pre väčšinu krajín je obzvlášť problematické, pretože odlesňovanie je zvyčajne sústredené v niekoľkých málo oblastiach, ktoré tvo-

<sup>6</sup>v tejto časti sme čerpali z [5]

ria malú časť poľnohospodárskej produkcie. Taktiež sa môžeme stretnúť s kopírovaním parametrov z modelov vyrobených v iných kontextoch, ktoré sú založené na silných predpokladoch o produkčných funkciách výrobných sektorov, alebo boli jednoducho stanovené ľubovoľne. V takýchto situáciách závery týkajúce sa zmien v poľnohospodárstve môžu poskytnúť malý náhľad do odlesňovania. Či tieto modely pomáhajú predvídať rozsah predpokladaných vplyvov je sporné. Sú však pravdepodobne užitočnejšie ako nástroj pre pochopenie mechanizmov spätnej väzby, ktoré môžu spochybniť inak intuitívne výsledky dosiahnuté na základe čiastkových rovnovážnych modelov.

### 5.3 CGE modely v poľnohospodárstve

CGE modely sú vhodným nástrojom aj pri predpovediach v poľnohospodárstve po zavedení určitého šoku. Model robený pre Egypt (pozri [7]) sa zaoberal vplyvom zníženia zásob vody z Nílu pre poľnohospodársky sektor na veľkosť úrody. V tomto prípade sa jedná o dynamický model, ktorý sa odohráva medzi rokmi 1990 a 2020 s tým, že každých 5 rokov sa znížia zásoby vody o 10% (začiatok pri 0%-nom, koniec pri 60%-nom znížení). Podľa výsledkov modelu ročná miera rastu v poľnohospodárstve v danom období klesla z 3,5% na 2,0%. Pokles bol zaznamenaný aj v ročnej miere rastu reálneho HDP, a to z 5,2% na 4,8%.

## 6 Demonštratívny scenár v CGE modeli pre slovenskú ekonomiku

V tejto kapitole sa budeme zaoberať, aký vplyv by mal na hlavné ekonomické ukazovatele republiky príchod investora v oblasti regionálnej autobusovej dopravy. Tento jav spôsobí jednorázové zvýšenie investícií v slovenskej ekonomike. Naším cieľom je porovnať peňažné toky medzi jednotlivými ekonomickými odvetviami v pôvodnom stave a v novom rovnovážnom stave, ktorý nastane, keď sa ekonomika prispôsobí zvýšeniu investícií.

Kapitola sa zameriava hlavne na postup pri získavaní potrebných vstupných dát, k samotnej konštrukcii programu nedošlo, lebo sme sa opierali o už existujúci CGE model v softvéri GAMS. V prvom rade bolo potrebné upraviť pôvodnú SAM (neuvádzam ju, lebo je enormne veľká) podľa pravidiel Odvetvovej klasifikácie ekonomických činností (ďalej len OKEČ [17]). Peňažné toky medzi odvetviami sme rozdelili do niekoľkých základných skupín, čím sme si prácu výrazne zjednodušili a SAM zmenšili. Agregovaná verzia SAM (tabuľka 1, skratka v zátvorke reprezentuje stĺpec v tabuľke) sa skladá z týchto základných skupín odvetví:

- poľnohospodárstvo, rybolov (AGR)
- ťažba nerastných surovín, priemysel a výroba, rozvod vody (IND)
- stavebníctvo (CON)
- verejné služby (PUBSER)
- doprava (TRANS)
- neverejné služby (NSER)

Máme dostatočnú dátovú základňu pre našu simuláciu, chýbajú nám však ešte nejaké údaje. Potrebujeme si zvoliť obnos peňazí, ktorý nový regionálny autobusový dopravca preinvestuje na Slovensku. Takisto je potrebné zistiť údaj o počte zamestnancov, aby sme prípadne vedeli, koľko nových pracovných miest vznikne kvôli tejto investícii. Rozhodli sme sa teda vyhľadať si takýto typ údajov vo výročných správach mestskej

Tabuľka 1: Agregovaná verzia SAM (zdroj: Výpočty autora)

|          | AGR_c  | IND_c    | CON_c   | PUBSER_c | TRA_c  | NSER_c  | GOV    | H       | INV     | EX      | SUMA     |
|----------|--------|----------|---------|----------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|----------|
| AGR_a    | 3375,6 | 132,4    | 44,2    | 133,5    | 21,4   | 15,1    | 3,2    | 1704,7  | 175,0   | 573,7   | 4696,7   |
| IND_a    | 81,2   | 47904,3  | 491,0   | 1735,0   | 161,5  | 192,7   | 1019,7 | 15259,2 | 6637,3  | 32559,2 | 100283,1 |
| CON_a    | 0,7    | 371,0    | 8216,2  | 305,7    | 55,3   | 37,2    | 4,2    | 231,4   | 5649,4  | 154,8   | 10159,8  |
| PUBSER_a | 254,7  | 2744,4   | 1004,6  | 22202,5  | 520,0  | 322,2   | 155,1  | 6874,8  | 624,8   | 1696,4  | 19688,0  |
| TRA_a    | 22,7   | 96,8     | 37,5    | 192,2    | 8413,1 | 27,9    | 118,8  | 2141,7  | 0,0     | 2015,2  | 9461,7   |
| NSER_a   | 34,8   | 52,0     | 33,5    | 648,3    | 13,6   | 10607,1 | 7828,9 | 1995,9  | 2,8     | 603,4   | 11579,5  |
| IM       | 544,5  | 35431,6  | 214,9   | 2346,6   | 1116,6 | 210,3   | 0,0    | 0,0     | 177,1   | 0,0     | 45131,0  |
| SUMA     | 4696,7 | 100283,1 | 10159,8 | 19688,0  | 9461,7 | 11579,5 | 9616,9 | 30310,4 | 14416,1 | 45131,1 | -        |

hromadnej dopravy našich niektorých krajských miest, konkrétne Bratislavy a Trenčína (pozri [18] a [19]). V prípade veľkého investora využijeme údaje o bratislavskej MHD, ak by bol menší, budeme vychádzať z trenčianskych dát. Môžeme predpokladať, že daný dopravca dovedy na Slovensku nepodnikal, a teda hodnota jeho celkového majetku (hmotný + nehmotný) bude predstavovať výšku nových investícií, ktoré prídu do krajiny, teda o toto množstvo budú v SAMke zvýšené investície v sektore dopravy. Potom spustíme v GAMSe program, ktorý vygeneruje nové rovnovážne podmienky v ekonomike. Percentuálne rozdiely medzi stavom pred šokom a po ňom potom analyzujeme. Z našej simulácie vyplynuli tieto zaujímavé výsledky (Tabuľka 2, Benchmark predstavuje vstupné údaje, LAB(I.), že údaje sú uvádzané ako počty ľudí, percentuálne rozdiely predstavujú zmeny oproti stavu pred príchodom investora):

**Tabuľka 2:** Zmeny v ekonomických ukazovateľoch po príchode investora (Zdroj: Výpočty autora)

|          | Benchmark(mil.EUR) | BA(mil.EUR) | TN(mil.EUR) | BA(%)   | TN(%)  |
|----------|--------------------|-------------|-------------|---------|--------|
| AGR_a    | 3722,52            | 3255,24     | 3790,98     | -12,55% | 1,84%  |
| IND_a    | 50565,89           | 50139,99    | 50513,64    | -0,84%  | -0,10% |
| CON_a    | 8986,37            | 10431,42    | 8837,28     | 16,08%  | -1,66% |
| PUBSER_a | 27048,69           | 26454,69    | 27042,43    | -2,20%  | -0,02% |
| TRA_a    | 8790,45            | 9021,56     | 8905,85     | 2,63%   | 1,31%  |
| NSER_a   | 11389,48           | 11736,06    | 11450,52    | 3,04%   | 0,54%  |
| GOV      | 9616,94            | 9626,55     | 9628,62     | 0,10%   | 0,12%  |
| H        | 30310,45           | 30356,31    | 30326,15    | 0,15%   | 0,05%  |
| INV      | 14416,15           | 14644,31    | 14638,87    | 1,58%   | 1,54%  |
| IM       | 45131,09           | 44912,33    | 45233,70    | -0,48%  | 0,23%  |
| EX       | 45131,09           | 44912,33    | 45233,70    | -0,48%  | 0,23%  |
| LAB(I.)  | 2275154            | 2298217     | 2277234     | 1,01%   | 0,09%  |
| HDP      | 49315,25           | 49410,21    | 49360,05    | 0,19%   | 0,09%  |

Prvých 6 riadkov predstavuje zmenu v produkcii, teda jednotlivé bunky ukazujú, o koľko sa zmenili finančné toky medzi odvetviami kvôli zmenám finálnej výroby (riadok/stlpec SUMA), resp. spotreby. Riadky GOV, H, INV, EX zmenu vo vlád-

nej spotrebe a spotrebe domácností, investíciách a exporte. LAB predstavuje počet zamestnaných ľudí a ich zmenu. Zaznamenali sme zväčšenie medzispotreby odvetví naviazaných na dopravný priemysel (AGR\_c,TRA\_a; IND\_c,TRA\_a;. . .) o 2,7 percenta, čo predstavuje spolu 132 mil. eur v prípade BA, o 1,2 percenta, teda spolu 60 mil. eur v prípade TN Najväčšie zmeny sa udiali v sektore poľnohospodárstva, kde došlo k poklesu produkcie, naopak najviac vzrástla produkcia v stavebníctve. Na spotrebu vlády a domácností tento šok prakticky nemal vplyv, v prípade investícií sa prejavil pozitívne, zaznamenali sme pre oba scenáre rast vo výške zhruba 1,5 percenta. Import a export v prípade väčšieho investora o čosi poklesol, v prípade menšieho naopak o trochu vzrástol, obchodná bilancia (hodnota exportu zmenšená o import) sa však nezmenila. HDP bolo pred zavedením šoku 49315,25 mil. eur, nová hodnota pri veľkom investorovi je 49410,21 mil. eur (nárast o 0,193%), pri menšom 49360,05 mil. eur (nárast o 0,091%). Nových pracovných miest v dopravnom priemysle bude 3200 resp. 650. Celkový vplyv tohto šoku je teda pozitívny, vidíme však, že príchod menšieho investora na Slovensko nemal veľký vplyv na ekonomiku, príchod väčšieho už niektoré odvetvia ovplyvnil výraznejšie.



## Záver

Jedným z hlavných cieľov našej bakalárskej práce bolo zamerať sa na teoretické poznatky potrebné pre prácu s CGE modelmi. Na začiatku sme sa venovali pozadiu modelov, popísali sme ich vlastnosti a porovnali ich jednotlivé typy (statický a dynamický). Potom sme sa venovali matici spoločenských účtov (SAM), aké v nej platia vzťahy medzi jednotlivými odvetviami, a ako vstupuje do modelu. V kapitole Mikroekonomická teória sme zhrnuli najpodstatnejšie vzťahy pre produkčné funkcie z teórie firmy. Venovali sme sa aj teórii spotrebiteľa, zahraničiu a pridali vzťahy, ktorými sme dodefinovali model.

Druhým nemenej dôležitým cieľom práce bolo zmapovať rôzne druhy využitia CGE modelov. Tie sme rozdelili do viacerých kapitol a podkapitol s cieľom porovnať odlišné prístupy vo viacerých odvetviach. Zamerali sme sa hlavne na ekonomicko-politické problémy v rámci daňovej problematiky a integrácie do EÚ. V piatej kapitole sme sa však venovali aj téme životného prostredia a poľnohospodárstva, pričom sa nám podarilo zhrnúť zaujímavé fakty o viacerých krajinách Ázie a Afriky.

Nakoniec sme aplikovali nadobudnuté vedomosti a vytvorili vlastnú simuláciu, kde sme analyzovali vplyv vstupu regionálneho dopravného investora na základné ekonomické ukazovatele krajiny. Výsledky ukázali, že najmä v prípade väčšieho investora sa zmenili peňažné toky medzi jednotlivými odvetviami a dokonca sme zaznamenali aj rast HDP a pracovných miest, čo je pre slovenskú ekonomiku pozitívny jav.

Prínos tejto práce vidíme najmä v predstavení týchto modelov a v tom, že sme ukázali ich výhody (nenáročnosť na vstupné dáta) a použitie aj pre slovenskú ekonomiku. Ďalšie možnosti vidíme v konštrukcii vlastného modelu, čo bolo však v bakalárskej práci len ťažko uskutočniteľné.

## Zoznam použitej literatúry

- [1] L. Bergman: *General equilibrium effects of environmental policy: A CGE-modeling approach*, *Environmental & Resource Economics* (1991) 43-61, dostupné na internete (25.11.2011):  
<https://springerlink3.metapress.com/content/19j324578173334g/resource-secured/?target=fulltext.pdf&sid=rzcx35eybgxv2nd2tbxlvmtn&sh=www.springerlink.com>
- [2] L. Bergman, M. Henrekson: *CGE Modeling of Environmental Policy and Resource Management*, Stockholm School of Economics Department of Economics, Sweden (2003) 7-14, dostupné na internete (25.5.2012):  
[https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=gmail&attid=0.1&thid=133ac9b8bbd5e40e&mt=application/msword&url=https://mail.google.com/mail/?uin%3D2%26ik%3Db93cc991da%26view%3Datt%26th%3D133ac9b8bbd5e40e%26attid%3D0.1%26disp%3Dsafe%26realattid%3Df\\_gv2djomj0%26zw&sig=AHIEtbTs7lm5ZMfRxxU3JhUOzi2DtoUocA](https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=gmail&attid=0.1&thid=133ac9b8bbd5e40e&mt=application/msword&url=https://mail.google.com/mail/?uin%3D2%26ik%3Db93cc991da%26view%3Datt%26th%3D133ac9b8bbd5e40e%26attid%3D0.1%26disp%3Dsafe%26realattid%3Df_gv2djomj0%26zw&sig=AHIEtbTs7lm5ZMfRxxU3JhUOzi2DtoUocA)
- [3] P. Brunovský, V. Páleník, M. Kotov, M. Mráz: *Simulácie vplyvov zmien vybraných daňových parametrov s využitím CGE modelov* (2002) 33-44
- [4] A. Fašung: *Model všeobecnej ekonomickej rovnováhy ekonomiky Slovenskej republiky, diplomová práca*, FMFI UK, Bratislava, 2007, dostupné na internete (25.5.2012):  
<http://www.iam.fmph.uniba.sk/studium/efm/diplomovky/2007/fasung/diplomovka.pdf>
- [5] D. Kaimowitz, A. Angelsen: *Economic models of tropical deforestation a review*(1998) 64-70, dostupné na internete (25.5.2012):  
[http://www.google.sk/books?hl=sk&lr=&id=9ul0YEUyOWwC&oi=fnd&pg=PR9&dq=cge+model+forest&ots=7ddQLqvbZa&sig=J9vNtw57zb80KJah33KIEZ7OdcI&redir\\_esc=y#v=onepage&q=cge%20model%20forest&f=false](http://www.google.sk/books?hl=sk&lr=&id=9ul0YEUyOWwC&oi=fnd&pg=PR9&dq=cge+model+forest&ots=7ddQLqvbZa&sig=J9vNtw57zb80KJah33KIEZ7OdcI&redir_esc=y#v=onepage&q=cge%20model%20forest&f=false)

- [6] M. Kotov: *Modely všeobecnej ekonomickej rovnováhy*, diplomová práca, FMFI UK, Bratislava, 2002, dostupné na internete (25.5.2012):  
<http://www.iam.fmph.uniba.sk/studium/efm/diplomovky/2002/kotov/diplomovka.pdf>
- [7] H. Lofgren, S. Robinson: *The mixed-complementarity approach to specifying agricultural supply in Computable general equilibrium models* (1997) 6-9, dostupné na internete (16.04.2012):  
<http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/tmdp20.pdf>
- [8] M. Mohora: *Computable general equilibrium model for the central and eastern european EU member states: A survey*, Romanian Journal of Economic Forecasting, (2007) 26-30, dostupné na internete (25.5.2012):  
[http://www.ipe.ro/rjef/rjef1\\_07/rjef1\\_07\\_2.pdf](http://www.ipe.ro/rjef/rjef1_07/rjef1_07_2.pdf)
- [9] V. Páleník, M. Kotov: *Aplikácia modelu CGE na kvantifikáciu prínosov a nákladov vstupu Slovenskej republiky do Európskej únie*, Ekon. cas. 50 (2002) 765 – 778
- [10] T. Petersen: *An introduction to CGE-modelling and an illustrative application to Eastern European Integration with EU*, Kobenhavns Universitet, Denmark (1997) 7-11, dostupné na internete (25.11.2012):  
[http://www.dst.dk/upload/w1998\\_04.pdf](http://www.dst.dk/upload/w1998_04.pdf)
- [11] S. Sekereš: *Teória statických a dynamických CGE modelov*, diplomová práca, FMFI UK, Bratislava, 2006, dostupné na internete (25.5.2012):  
<http://www.iam.fmph.uniba.sk/studium/efm/diplomovky/2006/sekeres/diplomovka.pdf>
- [12] M. Siriwardana, L.C Stenberg: *Analysing the Causes of Deforestation in a CGE Framework: The Case of the Philippines*, University of New England, Armidale, N.S.W., Australia 2351 (2006) 8-14, dostupné na internete (25.5.2012):  
[http://researchonline.nd.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1037&context=bus\\_article](http://researchonline.nd.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1037&context=bus_article)
- [13] J. Stage: *Environment for Development*, Environmental Economics Unit, University of Gothenburg (2007), dostupné na internete (25.5.2012):

- <http://www.efdinitiative.org/research/researchers/researcher-repository/sweden/mxmcontactsperson.2007-10-28.5339013070>
- [14] M. Vojtekova: *Analýza zmien dôchodkového systému pomocou CGE modelov*, diplomová práca, FMFI UK, Bratislava, 2009, dostupné na internete (25.5.2012):  
<http://www.iam.fmph.uniba.sk/studium/efm/diplomovky/2009/vojtekova/diplomovka.pdf>
- [15] I. S. Wing: *Computable General Equilibrium Models and Their Use in Economy-Wide Policy Analysis*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA(2004) 17-21, dostupné na internete (25.5.2012):  
[http://mit.edu/globalchange/www/MITJPSPGC\\_TechNote6.pdf](http://mit.edu/globalchange/www/MITJPSPGC_TechNote6.pdf)
- [16] Y. Xu, T. Masui *Local air pollutant emission reduction and ancillary carbon benefits of SO<sub>2</sub> control policies: Application of AIM/CGE model to China*, European Journal of Operational Research (2009) 315-325, dostupné na internete (16.04.2012):  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221708007042>
- [17] : *Odvetvová klasifikácia ekonomických činností* dostupné na internete (25.5.2012):  
[http://www.infostat.sk/ELIS/RES/okec.html\(2005\)](http://www.infostat.sk/ELIS/RES/okec.html(2005))
- [18] : *Výročná správa za rok 2009* (2009), dostupné na internete (25.5.2012):  
[http://www.dpb.sk/\\_media/file/VS\\_individualna\\_za\\_rok\\_2009.pdf](http://www.dpb.sk/_media/file/VS_individualna_za_rok_2009.pdf)
- [19] : *SAD Trenčín : Výročné správy* (2009), dostupné na internete (25.5.2012):  
<http://www.sadtn.sk/?mod=sad-trencin-vyročne-spravy>

## **Príloha A**