



VPP

Valsts pētījumu
programma

Enerģētika

Enerģētikas un klimata modelēšana virzībā uz
oglekļa neitralitāti, VPP-EM-2018/NEKP_0001

**VISPĀRĒJĀ LĪDZSVARA
APRĒĶINA METODES LIETOJUMA
ANALĪZE. SASAISTE AR TIMES
MODELI.**

**Pētījumu finansē Latvijas Republikas Ekonomikas Ministrija, projekts
“Enerģētikas un klimata modelēšana virzībā uz oglekļa neitralitāti”, projekta
Nr. VPP-EM-2018/NEKP_0001**

Vispārējā līdzsvara aprēķina metodes lietojuma analīze. Sasaiste ar TIMES modeli. 2020., 45 lpp.

Izstrādāja

Latvijas Universitātes Biznesa, vadības un ekonomikas fakultāte

Autori

Dr.oec. Gundars Bērziņš

Dr.oec. Edgars Brēķis

Dr. oec. Jānis Priede

Mg.math. Rīta Freimane

Mg.oec.,Mg.iur. Līga Leitāne



**LATVIJAS
UNIVERSITĀTE**



**RĪGAS TEHNISKĀ
UNIVERSITĀTE**

SATURS

Saturs	4
Ievads	5
1. Latvijas vispārējā līdzsvara aprēķina (VLA) modelis	7
1.1. Literatūras pārskats	7
Modeļa vēsture un veidi	7
VLA modeļa lietojums enerģētikas politikas efektu novērtēšanā	11
1.2. Latvijas VLA modelis	14
Pētījuma izstrādes gaitā veiktās aktivitātes, to raksturojums	14
Modeļa pieņēmumi	14
Modelī ieviestie reālās situācijas vienkāršoējumi	16
Modeļa datubāzes un datu raksturojums	17
Aizvietojamības elastību vērtību noteikšana un kalibrēšana	19
Simulācijas	21
Validācija	28
2. VLA un TIMES modeļu sasaiste	30
2.1. Literatūras pārskats	30
2.2. Latvijas VLA un TIMES mīkstā sasaiste	31
SECINĀJUMI un Turpmākās darbības plāns	36
Būtiskākie secinājumi	36
Priekšlikumi VLA modeļa un abu modeļu sasaistes pilnveidošanai	36
Literatūra	38
Pielikumi	41
1. pielikums: Latvijas VLA nozaru saraksts	41
2. pielikums: VLA modeļa struktūra	42

IEVADS

LU pētnieku uzdevums: tāda vispārējā līdzsvara aprēķina modeļa (VLA) modeļa izstrāde, lai sadarbībā ar TIMES modeļa ekspertiem, varētu veikt enerģētikas politikas ekonomisko efektu novērtēšanu Latvijas tautsaimniecībai.

Pārskata periodā LU pētnieku darbība ietvērusi aktivitātes, kas saistītas ar:

- 1) esošās situācijas analīzi un zinātniskās literatūras studijām par VLA modeļu izveides mērķiem, problēmām un lietojumiem; novērtēšanai izmantotajām programmatūrām;
- 2) zinātniskās literatūras studijas par TIMES tipa un VLA tipa modeļu sasaistes iespējām; vairāku valstu piemēru (Zviedrija, Somija, Portugāle, Norvēģija) pieredzes apkopošanu;
- 3) pieejamās statistiskās informācijas detalizācijas pakāpes apzināšanu, apkopošanu un analīzi, datu failu (xlsx) un modeļa datubāzes izveidi (har failu izveide);
- 4) programmatūras GEMPACK apguvi;

Viens pārstāvis no LU pētniekiem no 09.09.2019. līdz 13.09.2019. Vīnē, Austrijā apmeklēja intensīvos vispārējā līdzsvara modeļu praktiskās novērtēšanas kursus ar programnodrošinājumu GEMPACK: "Practical GE Modelling Course". Kursi notika Austrijas Ekonomisko Pētījumu centrā (WIFO), docētāji bija no Austrālijas - Viktorijas Universitātes profesori no CoPS (Centre of Policy Studies). Kursu mērķis: sniegt teorētisko bāzi vispārējā līdzsvara modelēšanai atvērtā tautsaimniecībā, kā arī praktiska ORANI-G tipa modeļa pielāgošana konkrētu politikas efektu novērtēšanai konkrētā tautsaimniecībā. Kursu beidzot, tika gūtas iemaņas darbā ar GEMPACK, zināšanas kas, kā un kāpēc jāmaina datubāzēs un jāprogrammē komandu failos, lai veiktu simulācijas īstermiņa un ilgtermiņa efektu novērtēšanai.

Komandā kopumā GEMPACK un ORANI-G darbības apguvei sākumā tika izmantots neliels MINIMAL modelis (tā adaptācija Latvijas datiem), vēlāk tika izveidots lielais modelis ar WIOD doto input-output dalījumu 35 nozarēs (jaunākie dati par 2014. gadu), bet rezultātā tika izvēlēti Latvijas CSP dati (jaunākie dati par 2015. gadu), tos iedalot tikai 20 nozarēs. (Nozaru saraksts dots 1. pielikumā) No vienas puses, detalizācijas pakāpēs mazinājums varētu liecināt par VLA modeļa kvalitātes un pielietojamības krišanos, bet no otras, tā drīzāk ir modeļa optimizācija, jo Latvijā dažas no WIOD dotajām nozarēm nav attīstītas vai ir mazattīstītas, kā arī tika domāts par abu modeļu sasaistes pārskatāmību.

- 5) modeļa pieņēmumu apzināšanu;
- 6) modeļa struktūras izstrādi un modeļa tablo faila izstrādi; modeļa izveidi un kalibrēšanu, kā arī modeļa pagaidu rezultātu analīzi un novērtēšanu, strādājot pie modeļa pilnveides.

Nodevuma sākumā sniegts vispārējā līdzsvara aprēķina modeļu raksturojums zinātniskās literatūras pārskata veidā. Tam seko īsi aprakstīts Latvijas vispārējā līdzsvara aprēķina modelis, tā datubāze, pieņēmumi un pilnveides iespējas. Pēc tam izskatītas iespējas, kā veidot efektīvāko sasaisti starp VLA un TIMES modeļiem, kā arī sniegts vienas iterācijas ilustratīvs piemērs. Noslēgumā secinājumi par līdzšinējā darba sekmēm un priekšlikumi VLA modeļa un TIMES modeļa sasaistes uzlabošanai.

1. LATVIJAS VISPĀRĒJĀ LĪDZSVARA APRĒĶINA (VLA) MODELIS

1.1. Literatūras pārskats

Modeļa vēsture un veidi

Izstrādātais vispārējā līdzsvara aprēķina (VLA, angliki: *Computable General Equilibrium, CGE*) modelis balstās uz ekonomikas vispārējā līdzsvara eksistences teorētisko pieeju, kas tika aizsākta 1970-to gadu beigās Austrālijā un vēlāk – vairākos gadu desmitos pilnveidota.¹ Mūsdienās šī pieeja tiek plaši izmantota gan akadēmiskās aprindās praktiskā ekonomiskās politikas analīzē un seku prognozēšanā, gan arī ekonomistiem ministrijās, citās valsts institūcijās un privātajās struktūrās daudzās pasaules valstīs.² Vispārējā līdzsvara modeļi ir izstrādāti Austrālijai, ASV, Japānai, Īrijai, Dānijai, Brazīlijai, Dienvidāfrikas republikai, Ķīnai, Filipīnām, Fidži, Taizemei, Vjetnamai, Korejai, Malaizijai, Pakistānai, Indonēzijai, Kazahstānai un pielāgoti lietojumam arī citām valstīm pasaulē (skat. 1.1.att.).



1.1. att.: Austrālijā izstrādāto VLA modeļu lietotāju ģeogrāfiskais izvietojums.

Avots: <https://www.copsmodels.com/>

Atkarībā no konkrētiem ekonomikas analīzes un prognozēšanas mērķiem un uzdevumiem, analītiski izmanto dažādas vispārējā līdzsvara modeļa versijas: vienas valsts modelis bez reģionu iedalījuma (ORANI, MONASH), reģionālie modeļi (TERM un VURM), visbeidzot – globālie vispārējā līdzsvara modeļi (GTAP).

¹ Pearson, K.R., Parmenter, B.R., Powell, A.A., Wilcoxon, P.J., Dixon, P.B., Notes and Problems in Applied General Equilibrium Economics, Vol.32., 1992

² Parmenter and Meagher, 1985; Powell and Lawson, 1989, Powell, 1991; Vincent, 1989.

Ekonomikas līdzsvara aizsākumi ir meklējami 18.gadsimtā, kad vispārējos tirgus līdzsvara principus aprakstīja Ādams Smits ar savu “neredzamās rokas” principu 1776.gadā. Gadsimtu vēlāk tirgus līdzsvara principu matemātiskus aprēķinus veica franču matemātiķis Antuāns Kurno (Antoine Augustin Cournot) un franču matemātiķis – ekonomists Leons Valras (Marie-Esprit-Léon Walras).

Tieši Valrasa ieguldījums tiek uzskatīts par būtisku pamatu turpmākajiem pētījumiem par tirgus līdzsvaru un viņš tiek uzskatīts par vispārējā līdzsvara aprēķināšanas modeļa pamatlicēju (Walras & Williams, 1954). Valras (1954) izstrādāja vispārēju konkurētspējīga tirgus apmaiņas modeli, taču sniedza tikai neoficiālu argumentu par to, ka šim modelim ir tirgus līdzsvars. Wald sniedza pierādījumu par Valras modeļa vienkāršotu versiju, un šo pierādījumu pamatā bija Debreu (1952), Arrow & Debreu (1954), Gale (1955), Nikaido (1956), McKenzie (1959), Negishi (1960) un citu pētnieku turpmākie pētījumi. Valras apzinājās, ka viņa argumentiem bija jābalstās uz cenu korekcijas teoriju, kas nodrošinātu līdzsvaru un stabilitāti. Viņš uzskatīja, ka galvenais spēks, kas noveda pie līdzsvara, bija konkurence, ko viņš redzēja, īstenojot regulāras ekonomikas dalībnieku cenu pielāgošanu (Gintis & Mandel, 2013).

Šeit noteikti ir minams nozīmīgais Arova-Debro (Arrow-Debreu) modelis, kuru 1954.gada izstrādāja Kenets Arovs (Kenneth Arrow) un Žerārs Debro (Gérard Debreu). Šis modelis paredz, pie noteiktiem pieņēmumiem (konveksas preferences, pilnīga konkurence un neatkarīgs pieprasījums), ka pie noteiktām cenām katrai preču grupa ekonomikā kopējais pieprasījums būs līdzvērtīgs kopējam pieprasījumam. Šis modelis ir viens no galvenajiem, ko izmanto citos mikroekonomikas modeļos un vispārējā līdzsvara aprēķina (VLA) modeļiem (Arrow & Debreu, 1954). McKenzie arī tiek minēts pie pētniekiem, kuram šajā laikā bija nozīmīgs ieguldījums VLA modeļa pilnveidē (L. McKenzie, 1954; L. W. McKenzie, 1959).

VLA modelis laika gaitā tika attīstīts un pielāgots dažādiem pētījumiem. Piemēram, 1972.gadā Shoven & Whalley pilnveidoja Arova-Debro modeli un papildināja to ar nodokļiem un tarifiem, lai varētu vērtēt fiskālās politikas ietekmi uz ekonomiku. Lai gan sākotnējā Arova-Debro modelī bija paredzēti nodokļi vienkāršotā versijā, Shoven & Whalley deva iespēju analizēt visa veida nodokļus daudz sarežģītākās ekonomiskajās situācijās (Shoven & Whalley, 1972).

Vispārējā līdzsvara aprēķina (VLA) modeļa veidošanas vēsture ir ilga un tajā savu ieguldījumu ir devuši daudzi pētnieki. Piemēram, būtiski ir V. Ļeontjeva (W. Leontief) inovatīvie pētījumi, kas ieviesa izmaksu un izlaides sistēmu, un L. Juhansena darbi (L. Johansen), kurš analizēja Norvēģijas pirmo VLA modeli, kurā iekļautas 22 nozares (Benkovskis, Goluzins, & Tkačevs, 2016).

Viens no svarīgākajiem sasniegumiem lietišķajā ekonomikā kopš 20. gadsimta septiņdesmitiem gadiem ir pārveidota plaši pazīstamā Valrasa vispārējā līdzsvara struktūru no abstrakta ekonomikas attēlojuma uz reālām ekonomikām, lai veiktu politikas novērtējumus, norādot ražošanas un pieprasījuma funkcijas un iekļaujot reālos informācijas datus (Levin, 2006).

Kopš tā laika VLA modelēšana ļoti pilnveidojusies. VLA modeļu arvien lielāko popularitāti galvenokārt noteica to sniegtās iespējas kvantificēt ekonomiskās politikas un dažādu šoku atšķirīgo ietekmi uz dažādām nozarēm, reģioniem, kā arī sociālajām un ekonomiskajām grupām. Šāda veida modeļi ir lieliski piemēroti, lai rastu atbildes uz monetārās politikas jautājumiem, kas prasa iedziļināšanos ne tikai vispārējā makroekonomiskajā situācijā. Piemēram, kā produktivitātes šoks vienā nozarē ietekmē citu nozaru produkcijas izlaidi? Kā kādas preces PVN likmes pārmaiņas ietekmē patērētājus? Kā kāds ārējs šoks ietekmē nodarbinātību tautsaimniecības nozarēs? Atbildes uz šādiem jautājumiem nevar rast (vismaz pietiekami detalizētā veidā), izmantojot vairākumu tradicionālo, daļēji strukturālo makroekonomisko modeļu vai dinamiskos stohastiskos vispārējā līdzsvara (DSGE) modeļus, lai gan pieejami vairāki nesen izstrādāti daudznozaru DSGE modeļi (M. Bukovskis (M. Bukowski) un P. Kovals (P. Kowal), M. Antosevičs (M. Antosiewicz) un P. Kovals). Ar VLA modeļi (salīdzinājumā ar DSGE modeļi) samērā vienkārši un efektīvi var rast atbildes uz minētajiem jautājumiem (Beņkovskis et al., 2016).

VLA modeļa pielietojums praksē ir daudzpusīgs un zinātniskajā literatūrā un praksē to lieto, lai analizētu:

- nodokļu reformas (Álvarez-Martínez et al., 2019; Bhattarai, Nguyen, & Nguyen, 2018; Freebairn, 2018; Llambi, Laens, & Perera, 2016);
- tirdzniecības liberalizāciju (Bchir, Decreux, Guérin, & Jean, 2002; Europe Economics, 2016);
- ekonomisko integrāciju (Pelipas, Tochitskaya, & Vinokurov, 2014);
- pasaules cenu pārmaiņas (He, Zhang, Yang, Wang, & Wang, 2010; Li, 2010; Siddig & Grethe, 2014);
- ilgtspējīgu ekonomisko izaugsmi (Böhringer & Löschel, 2004; Christoph, 2004);
- izmaiņas fiskālajā politikā (Beņkovskis et al., 2016; Mabugu, Robichaud, Maisonnave, & Chitiga, 2013; Sophat, 2015);
- enerģētikas un vides politiku (Barbe, 2013; Weitzel, Ghosh, Peterson, & Pradhan, 2015).

VLA modeļi kopš 1980. gadu beigām ir standarta rīks liela mēroga ietekmes novērtējumu veikšanai. Tie ietver plašu tēmu klāstu, piemēram, brīvās tirdzniecības līgumus, valdības vai institucionālo politiku, ekonomiskos scenārijus (piemēram, jaunus infrastruktūras ieguldījumus) un notikumus (piemēram, sausumu vai naftas noplūdi). VLA modelis ir kvantitatīva metode, kas imitē galvenās ekonomiskās mijiedarbības. Tajā tiek izmantoti dati par ekonomikas struktūru, lai novērtētu šoka ietekmi (piemēram, attiecībā uz IKP pieaugumu, nodarbinātību, inflāciju, tirdzniecības plūsmām utt.). Neskatoties uz to lietderību politikas seku modelēšanā, VLA modeļi bieži tiek uztverti ar aizdomām kā „melnā kaste”, kuru rezultātus nav iespējams izsekot to strukturālās sarežģītības dēļ.

VLA modeļi atšķiras ar to teorētisko ietvaru un tā pamatā esošajiem pieņēmumiem. Atšķirības starp modeļiem atspoguļo atšķirības teorijā, kas ir uzvedības vienādojumu pamatā, cik lielā mērā tiek izskaidrotas saiknes ekonomikā un dati, kas izmantoti analīzes veikšanai. Kopumā VLA modeļi atšķiras, pamatojoties uz (Europe Economics, 2016):

- ģeogrāfiskā darbības joma (t.i., reģionālā vai nacionālā vai starptautiskā) - VLA modeļi var ietvert vairākus reģionus valstī (t.i., vairāku reģionu) vai tikai vienā reģionā (t.i., valsts līmenī). Reģionālais VLA modelis balstās uz reģionālo ekonomikas teoriju, jo reģionu mijiedarbība atšķiras no mijiedarbības starp valstīm. Piemēram, valsts stimulu ietekme uz reģionālo dzīves kvalitāti un starpreģionālo migrāciju netiek atspoguļota valstu modeļos, bet to var modelēt reģionālā modelī. Reģionālie VLA modeļi atspoguļo arī reģiona ietekmi uz valstu tirdzniecības modeļiem. Turpretim valsts vai starptautiskie modeļi pieņem, ka reģionālās aktivitātes neietekmē starptautiskās tirdzniecības noteikumus un modeļus.
- laika struktūra (t.i., statiska vai dinamiska) - statisks VLA modelis tiek atrisināts uz vienu periodu, bet dinamiskais VLA modelis ietver vairākus periodus. Dinamiskajā grupā ir vēl viens apakš-kategorijas sadalījums starp laikiem dinamiskiem modeļiem un rekursīviem dinamiskiem modeļiem. Pirmajā gadījumā patērētājiem un uzņēmumiem nākas saskarties ar lietderības un peļņas maksimizācijas problēmu; otrajā gadījumā modelis atrisina statiskā līdzsvara secību, kurā uzvedība ir netieši balstīta uz pagātnes adaptīvām cerībām, nevis uz nākotni vērstām racionālām cerībām.
- pamatā esošā tirgus struktūra (t.i., pilnīga pret nepilnīgu konkurenci) - VLA modeļi var ietvert alternatīvas tirgus struktūras. Nepilnīgu konkurenci var panākt, ieviešot cenu uzcenojumus. Būtiska nepilnīgas konkurences pieņēmuma iezīme ir tāda, ka cenu uzcenojumus samazina pastiprināta konkurence, kas saistīta ar politikas šoku, tādējādi radot papildu labklājības

pieaugumu. Savukārt, pilnīgas konkurences pieņēmuma par tarifu simulācijām būtiska iezīme ir tāda, ka tarifu samazinājumi ir pilnībā nodoti patērētājiem.

- ĀTI iekļaušana - aizvien nozīmīgāka VLA modeļa iezīme ir ārvalstu tiešo investīciju (ĀTI) iekļaušana. Tas ir būtiski, lai modelētu investīciju ietekmi mūsdienu tirdzniecības līgumos un novērtētu pakalpojumu nozares liberalizācijas ietekmi.
- heterogēnu uzņēmumu raksturlielumu iekļaušana - ja standarta VLA modeļos ir reprezentējošs uzņēmums konkrētā nozarē, tad heterogēnu uzņēmumu gadījumā modelis norāda, ka nozarē ir dažādi uzņēmumi, kuriem ir dažādi raksturlielumi, piemēram, uzņēmuma lielums, produktivitātē un citi raksturlielumi. Turklāt, teorija nosaka, ka uzņēmumi saskaras ar fiksētām izmaksām ienākšanai eksporta tirgos. Vairāki VLA modeļi ir izstrādāti nesen, ieviešot uzņēmumu heterogenitātes elementus. Tomēr šādi mēģinājumi vēl ir agrīnā attīstības stadijā.

VLA modeļi sākas ar pirms-politikas bāzes definēšanu, kurā tiek veiktas simulācijas, lai noteiktu pēc-politikas ietekmi. Bāze tiek veidota, izmantojot bāzes gada datus (t.i., pirms politikas), lai modelī noteiktu eksogēnos mainīgos (modeļa vienādojumu un uzvedības parametru uzstādīšana datiem). Tas nozīmē, ka modelis ir paredzēts, lai modelētu šoka ietekmi uz pašreizējo ekonomikas struktūru, kas tiek uzskatīta par stabilu vai līdzsvarotu pozīciju.

VLA modeļa lietojums enerģētikas politikas efektu novērtēšanā

Literatūrā ir daudz piemēru, kur vispārējā līdzsvara aprēķina modelis tiek izmantots enerģētikas politikas pasākumu efektu modelēšanai. Norvēģijā ir izveidojusies prakse, veidojot un izmantojot dezagregētus daudznozaru vispārējus līdzsvaru modeļus, izvērtēt politiku veidojošus mērķus. Tradīcija balstās uz Leifa Johansena (Leif Johansen) darbu (1960, 1974). Kopš septiņdesmito gadu sākuma darbu galvenokārt veica Norvēģijas Statistikas departamenta Pētniecības nodaļa. Laika gaitā enerģijas un emisijas moduļi ir integrēti ekonomikas pamatmodelī, kas ļauj konsekventi analizēt ekonomikas, enerģētikas un vides jautājumus, pamatojoties uz vienu visaptverošu modelēšanas sistēmu. Norvēģijas valdība, gatavojot ekonomiskās attīstības, enerģijas pieprasījuma prognozes un emisijas laikā no 1980.gadu sākuma līdz mūsdienām, visaptveroši ir izmantojusi paplašināto modelēšanas rīku.

Integrētai ekonomikas – enerģētikas – vides modelēšanai Norvēģijā arī ir jau vairāk kā 20 gadu pieredze, kuras aizsākumi ir redzami Alfsen (1996, 1997) pētījumos. Enerģētikas un vides statistikas pieejamība ļāva izstrādāt aprēķināmus daudznozaru vispārējā līdzsvara modeļus (VLA modeļus) ar stingru enerģijas piedāvājuma un pieprasījuma aprakstu, kā arī saikni starp saimniecisko darbību, enerģijas ražošanu un izmantošanu un emisijām. Ietekme uz vidi lielākoties

ir cieši sasaistīta ar saimniecisko darbību. Šīs ietekmes sasaiste, izmantojot integrētus ekonomikas – enerģētikas – vides modeļus, ir svarīgs priekšnosacījums, lai virzītos uz ilgtspējīgu ekonomiku un iegūtu precīzākas vides prognozes. Pēdējo 15 gadu laikā modeļi ir piedzīvojuši strauju attīstību, jo tos nācies piemērot mainīgajai ekonomikas politikas paradigmai, lai risinātu globālo klimata pārmaiņu jautājumu, ar tādu jautājumu kā optimālu oglekļa nodokļa vai oglekļa kvotu shēmu izstrādi (Bye, 2008).

Izveidojušās divas pretēji vērstas modelēšanas pieejas, lai risinātu enerģijas pieprasījuma problēmu: “bottom-up” inženiertehniskā pieeja un “top-down” makroekonomiskā pieeja (Wene 1996, Hourcade, Jaccard et al. 2006):

- Inženiertehniskā pieeja ir izstrādāt “bottom-up” modeļus ar pilnīgu enerģētikas sistēmas tehnoloģisko aspektu aprakstu un to, kā tas nākotnē varētu attīstīties. Enerģijas pieprasījums parasti tiek sniegts ārēji, un modelī analizē, kā konkrētais enerģijas pieprasījums būtu jāapmierina izmaksu ziņā optimālā veidā.
- Ekonomiskā pieeja ir veidot “top-down” modeļus, kas raksturo visu ekonomiku, un uzsver tās iespējas aizstāt dažādus ražošanas faktoros, lai optimizētu sociālo labklājību. Šie modeļi neietver daudzus tehniskus aspektus. Enerģētikas un citu ražošanas faktoru mijiedarbība, lai radītu ekonomisko izaugsmi, ir ietverta ražošanas funkcijās, un iespējas veikt izmaiņas izejvielās ir aprakstītas ar aizvietošanas elastību. Vēl viens svarīgs parametrs attiecībā uz enerģētikas politiku ir autonomais energoefektivitātes uzlabojums (Murphy, Rivers et al. 2007).

Abas pieejas būtiski atšķiras, tās dažādi apraksta ekonomikas sistēmu, un tādēļ tās var radīt atšķirīgus priekšlikumus politikas veidotājiem. Ražošanas funkcijām “top-down” modeļiem parasti būs vienmērīga aizstāšana - neliela cenu izmaiņas izraisa nelielas izmaiņas izejvielu vai izlaides kombinācijā. “Bottom-up” inženiertehniskie modeļi bieži reaģēs binārā veidā: neliela cenu izmaiņas var neradīt nekādas sekas, vai arī tas var radīt lielas pārmaiņas izejvielu vai izlaides kombinācijā. Abu pieeju salīdzinājumus un lietderīgums politikas veidotājiem ir pieejams (Alghed, Wirsenius et al 2009).

Šīs modelēšanas pieejas ir atšķirīgas, taču viena otru papildinošas. “Bottom-up” inženiertehnisko modeļu apvienošana ar “top-down” makroekonomiskajiem modeļiem ir vēlams, lai izstrādātu enerģētikas sistēmas, kas ir saderīgas ar ilgtspējīgu ekonomisko izaugsmi (Helgesen, 2013).

“Bottom-up” modeļus iedala četrās galvenajās kategorijās (Fleiter, Worrell et al. 2011, Herbst, Reitze et al. 2012):

- Optimizācijas modeļi;
- Simulācijas modeļi;
- Grāmatvedības modeļi;
- Multi-aģentu modeļi

Optimizācijas modeļi optimizē tehnoloģiju alternatīvu izvēli attiecībā uz kopējām sistēmas izmaksām, lai atrastu mazākās izmaksas. Šādi modeļi ir arī klasificēti kā daļēja līdzsvara modeļi, jo tie līdzsvaro pieprasījumu un piedāvājumu aptvērtajās nozarēs. Simulācijas modeļi veido ļoti plašu un neviendabīgu grupu. To modelēšanas aspekti atšķiras no tīrās optimizācijas sistēmas. Tie var ietvert ekonometriski aprēķinātas attiecības. Lielie simulācijas modeļi var ietvert daļēju optimizāciju (piemēram, no uzņēmuma viedokļa), un tie var sastāvēt no dažādiem moduļiem, kas aptver vairāk aspektus. Grāmatvedības modeļi ir mazāk dinamiski un neņem vērā enerģijas cenas. Šie modeļi galvenokārt attiecas uz ārējiem pieņēmumiem par tehnisko attīstību. Multi-aģentu modeļi ir plašāki nekā optimizācijas modeļi, jo tie ietver vairāku aģentu vienlaicīgu optimizāciju.

Tā dēvētie “top-down” savstarpēji saistītie ekonomikas – enerģijas – vides modeļi nodrošina konsekventu sistēmu gan prognozēšanas jautājumos, gan politikas jautājumu analīzei un ekonomikas, enerģētikas un vides politikas novērtēšanai, nepārprotami iekļaujot vidi mērķa funkcijā. Tie ir veicinājuši ekonomistu izpratni par vides jautājumiem un paplašinājuši vides aktīvistu viedokļus publiskajās debatēs par to, ka vides jautājumiem ir ekonomiska ietekme (Bye, 2008).

“Top-down” modeļus kopumā var iedalīt četros galvenajos veidos (Herbst, Toro, Reitze, & Jochem, 2012):

- Ievades - izvades (Input - Output) modeļi;
- ekonometriskie modeļi;
- vispārējā līdzsvara aprēķina modeļi;
- dinamiskie sistēmas modeļi.

Ievades - izvades modeļi seko naudas plūsmām starp dažādām tautsaimniecības nozarēm un ietver gan starpproduktu, gan gala produktu no katras nozares. No šīm savstarpējām attiecībām var novērtēt ekonomikas satricinājumu vai strukturālo pārmaiņu monetārās sekas ekonomikā. Šiem modeļiem nav cenu dinamikas un pieņem, ka cenas tiek uzdotas ārēji – eksogēni. Ekonometriskie modeļi attiecas uz laikerindu analīzi un novērtē statistiskās attiecības starp ekonomikas mainīgajiem

lielumiem laika gaitā, lai aprēķinātu prognozes no iegūtā modeļa. Vispārējā līdzsvara aprēķina (VLA) modeļi balstās uz mikroekonomikas teoriju un aprēķina, kā mainās cenas un aktivitātes visās nozarēs, lai panāktu vispārēju līdzsvaru ekonomikā. Tāpat kā pirmā grupa, šie modeļi balstās arī uz ievades - izlaides datiem no nacionālajiem kontiem. Dinamiskajiem sistēmas modeļiem ir iepriekš definēti noteikumi par dažādu modeļa dalībnieku uzvedību un dod iespēju uz šī pamata veikt sarežģītas nelineāras simulācijas.

1.2. Latvijas VLA modelis

Pētījuma izstrādes gaitā veiktās aktivitātes, to raksturojums

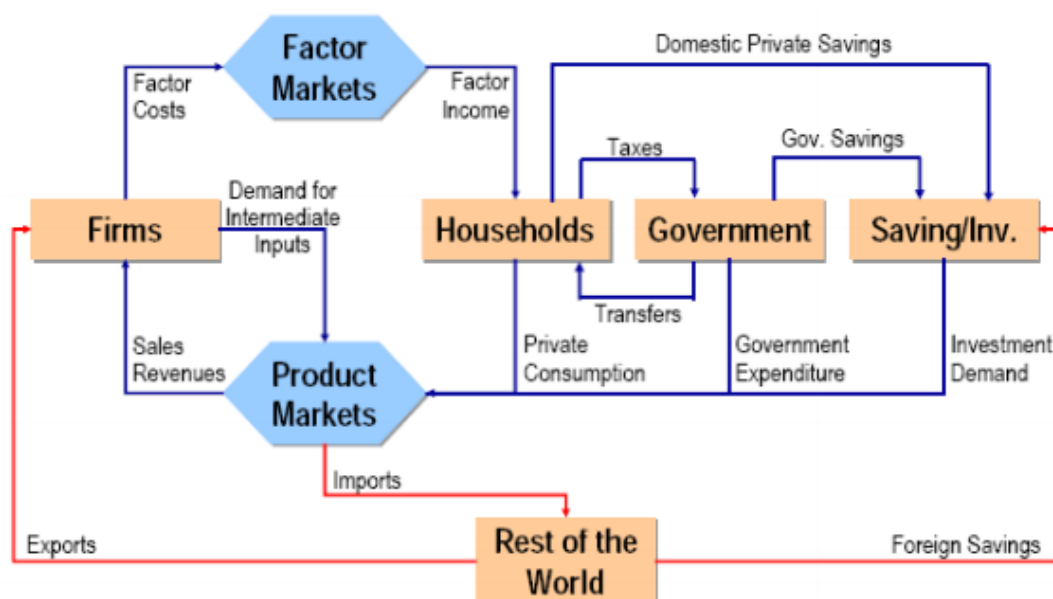
Vispārējā līdzsvara modeļa novērtēšanai iegādāta programmatūra GEMPACK, kuras izstrādātāji arī radījuši pasaulē labi pazīstamo un plaši izmantoto ORANI tipa modeli. Latvijas tautsaimniecības modelēšanai izvēlēts adaptēt vienas valsts ekonomikas modelēšanai izstrādāto ORANI-G (*generic*) modeli. Projekta turpinājumā tiks uzsākts darbs pie pārejas uz ORANI-RD modeli, kas varētu atvieglot sasaisti ar TIMES modeli. ORANI -RD modelis ir rekursīvs dinamiskais (prognozēšanas) modelis, tāda kā vienkāršota MONASH modeļa versija, kas ļautu papildināt vispārējā līdzsvara aprēķina modeli ar laika dimensiju.

Iedalījumu nozarēs jeb modeļa detalizācijas pakāpi nosaka nepieciešamība sasaistīt divus atšķirīga veida modeļus – vispārējā līdzsvara modeli ar daļējā līdzsvara modeli TIMES. Sākotnēji izvēlētais iedalījums 35 nozarēs nebija veiksmīgs, jo radās problēmas ar atšķirīgas struktūras modeļu savietošānu pat "mīkstajā sasaistē" (*soft-linkage*). Rezultātā izvēlēts izmantot tautsaimniecības iedalījumu 20 nozarēs.

Latvijai jau ir bijušas dažas ORANI tipa modeļa adaptācijas, tomēr šajā reizē izaicinājums ir ne tikai vispārējā līdzsvara modeļa izstrāde, bet arī tā sasaiste ar TIMES modeli, nodrošinot kopējo pētījuma mērķu sasniegšanu. Ņemot vērā šo nosacījumu, Latvijas vispārējā līdzsvara aprēķina modelis netiek veidots ļoti detalizēts ne attiecībā uz nozarēm, ne mājsaimniecību veidiem, eksporta saņēmējvalstīm vai darbaspēka kvalifikāciju.

Modeļa pieņēmumi

Klasiska VLA modeļa pamatā ir pieņēmums par vispārēja līdzsvara eksistenci tautsaimniecībā kopumā, aptverot svarīgākos ekonomikas sektorus un ekonomiskos aģentus (uzņēmumus, mājsaimniecības, valdību un pārējo pasauli).



1.2. att. Klasiska VLA modeļa struktūra³

Kā redzams 1.2. attēlā, VLA modelī iekļauti ekonomisko aģenti (uzņēmumi, mājsaimniecības, valdība, kā arī pārējā pasaule), preču un pakalpojumu un naudas plūsmas, saglabājot un nodrošinot to saistību un vienlaikus līdzsvaru tautsaimniecībā kopumā.

Latvijas VLA modeļa pamatprincipi ir tādi paši kā ORANI-G modelī. Tas ir aprēķināms statisks modelis, tā vienādojumi raksturo situāciju kādā laika periodā:

- tiek pieņemts, ka konkrētā, modelī izmantotā input-output tabula ir tautsaimniecības līdzsvara punkts;
- ražotāju pieprasījums veidojas no ražošanas izmantotajiem resursiem (inputs, starppatēriņa precēm) un primārajiem faktoriem;
- ražotāju piedāvājums ir saražotās preces;
- kapitāla veidošanas izlietojuma pieprasījums;
- mājsaimniecības izmanto saražotās preces un pakalpojumus = mājsaimniecību pieprasījums;
- eksporta pieprasījums;
- valdības pieprasījums;
- sakarību starp bāzes cenām, ražotāju cenām un pircēju cenām;
- tirgus līdzsvara (*market-clearing*) nosacījumi, kas attiecas uz precēm un pamatfaktoriem;

³ Pearson, K.R., Parmenter, B.R., Powell, A.A., Wilcoxon, P.J., Dixon, P.B., (1992) Notes and Problems in Applied General Equilibrium Economics, Vol.32.

- virkne sakarību, kas saista makroekonomiskos rādītājus un cenu indeksus.

Privātā sektora aģentu pieprasījuma un piedāvājuma vienādojumi tiek novērtēti kā optimizācijas problēmas atrisinājums (izmaksu minimizācija un derīguma maksimizācija). Tādējādi Latvijas VLA modelī ekonomisko aģentu uzvedības vienādojumi atbilst neoklasiskajai mikroekonomikas teorijai. Tiek izmantots pieņēmums, ka aģenti ir cenu ņēmēji, kas darbojas konkurences tirgos.⁴

VLA modeļi īpaši detalizēti ietver daudzus optimizācijas uzdevumus, kas risināmi vienlaicīgi. GEMPACK piedāvā šo problēmu risināt, nelineāros vienādojumus pārveidojot procentuālo pieaugumu formā, tādējādi linearizējot tos. Šādas pieejas izmantošana padara modeli par praktiski novērtējamu, kā arī sniedz pētniekam vajadzības gadījumā mainīt pieņēmumus par to, kuri mainīgie uzskatāmi par eksogēniem (tiem var veidot šokus), un kuri par endogēniem. Eksogēno un endogēno mainīgo izvēli nosaka tas, vai vērtējams īstermiņa, vai ilgtermiņa šoks.

Linearizācijas dēļ radušos aproksimācijas kļūdu mazināšanai, novērtējumos izmantojam Eilera vairāksloju metodi.

Modelī ieviestie reālās situācijas vienkāršojumi

Modelī tiek izmantoti divi iedalījuma veidi atbilstoši ielaides -izlaides (INPUT-OUTPUT) tabulu specifikai. Detalizācija attiecas gan uz nozarēm (modelī ar indeksu IND), gan uz precēm (modelī ar indeksu COM). Šobrīd arī veikts pieņēmums, ka viena nozare ražo viena veida produktu. Līdz ar to dalījumi nozarēs un produktos jeb precēs (IND un COM) sakrīt. Šis pieņēmums ieviests, lai vienkāršotu modeļa struktūru, tomēr apzinoties, ka praksē vienas nozares uzņēmumi bieži ražo citu nozaru produktus lielākos vai mazākos apjomos. Šī atšķirība vēl jo vairāk izpaužas pakalpojumu nozarē.

Katrai precei izcelsme var būt vai nu vietējā ražotāja vai importēta. VLA modeļa 1.3. attēlā tas apzīmēts ar "Source" jeb S. Visu lietotāju kopu šajā modelī apzīmē ar USER.

Viens no primārajiem ražošanas faktoriem – darbaspēks - Latvijas modelī tiek aplūkots pa nozarēm apkopotā veidā, tas ir, sīkāk darbaspēku neiedalot ne pēc kvalifikācijas, ne vecuma, ne dzimuma vai citām pazīmēm. Mājsaimniecības, kā ekonomiskais aģents, arī izmantotas apkopotā veidā, neveicot iedalījumu ne pēc ienākumu līmeņa, ne mājsaimniecības lieluma, ne pēc citām pazīmēm.

⁴ ⁴ Horridge, M. ORANI-G: A Generic Single-Country Computable General Equilibrium Model, 2014: <https://www.copsmodels.com/ftp/gpextra/oranig06doc.pdf>, 2.lpp.

Modelī izmanto pieņēmumu, ka ražošanas faktori ir savstarpēji aizvietojami. Aizvietojamības elastības jānovērtē un jāievada kā eksogēna informācija – atsevišķi.

Ražošanas procesu visām nozarēm iedala divās pakāpēs. Pirms ražošanas procesa uzsākšanas katra nozare nosaka tās ražoto un tirgum piegādāto preču kopējo pieprasījumu. Pieņem, ka visām kādas nozares piegādātajām precēm ir vienāda ražošanas struktūra. Tāpēc kopējais pieprasījums ir vienāds ar attiecīgās nozares ražoto atsevišķu preču pieprasījuma summu. Var uzskatīt, ka ir zināms kopējais pieprasījums uzņēmuma līmenī (Beņkovskis u.c., 2016).

Ražošanas procesa abus posmus apraksta attiecīgi divpakāpju ražošanas funkcija (Leontjeva ražošanas funkcija), kura ir pamatā optimizācijas uzdevumam – izmaksu samazinājumam. Līdzīgi aprakstīti arī pārējie ekonomisko aģentu mijiedarbības procesi – risinot optimizācijas uzdevumus.

Modeļa datubāzes un datu raksturojums

Latvijas VLA modeļa pamatā izmantotas csb.gov.lv publicētās simetriskās ielaides-izlaides matricas par 2015. gadu (jaunākie pieejamie dati). Izmantojot Excel failā apkopoto informāciju, dati tika pārgrupēti atbilstoši precizētajai modeļa struktūrai, modelējamo sektoru skaitam un iespējai saskaņot scenāriju instrumentus sasaistei ar TIMES modeli. Pārliecinoties, ka dati izvēlētajā dimensiju skaitā veido simetrisku matricu (ir balansēti), informācija var tikt konvertēta GEMPACK programmatūrai saprotamā veidā. Pēc tam dati tiek pārnesti GEMPACK programmatūrā, izveidojot Latvia.har failu (Header Array File). Šī faila rediģēšanai un modificēšanai izmanto ViewHAR programmu.

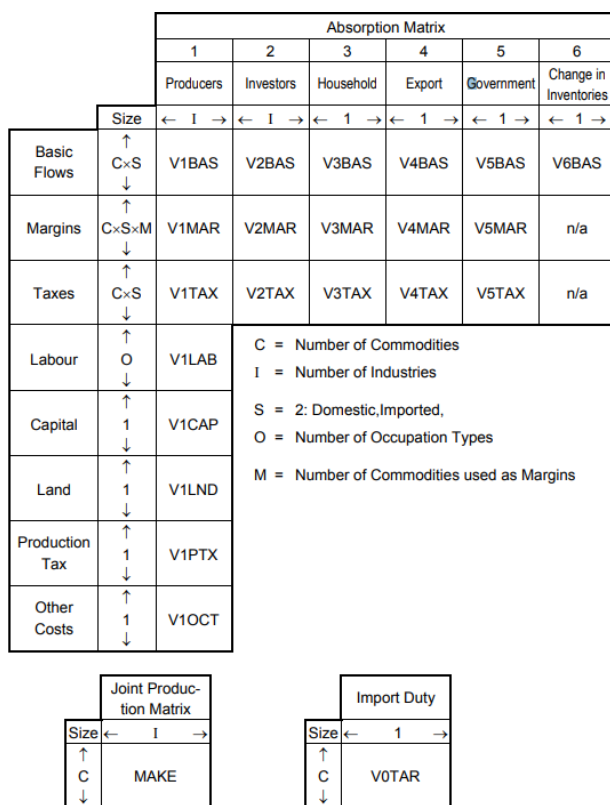
Pirmajā VLA versijā, kas tika izmantota programmatūras apguvei un iespēju izziņāšanai, izveidotais fails bija ar fiksētām dimensijām ("mazais modelis": 7 nozares, 7 produkti). To aprobējot un personalizējot to ar TABLO programmatūru, tika panākts, ka elastīgāk var mainīt modeļa dimensijas, bez papildus datu pārgrupēšanas Excel failā. Tas dod iespēju elastīgāk strādāt pie VLA un TIMES modeļu sasaistes.

Atbilstoši modeļa pilnveidei datu bāze tiek regulāri atjaunota un paplašināta.

Latvijas VLA modeļa datubāzes struktūra atbilst vispārējam ORANI-G modelim. Tā atspoguļo modeļa pamatstruktūru. Novērtēšanai izmantojot GEMPACK, modeļu aprakstos tiek izmantota vienota apzīmējumu sistēma, kas atbilst *tablo* sintaksei. Modeļa input – output datubāzes struktūru parādīta 1.3. attēlā. Visi koeficienti un mainīgie, kas attiecas uz ražošanu apzīmēti ar ciparu 1, investori ar 2, mājsaimniecības ar 3, eksports ar 4, valdība ar 5, krājumi ar 6.

Vispārējā līdzsvara modeļa galvenais avots ir *input-output* tabulas (IOT), kas ir ņemtas no LR CSP datubāzes. Paralēli tika strādāts arī ar Pasaules input-output datubāzē WIOD publiski pieejamām IOT par Latviju un arī par citām Eiropas Savienības valstīm, lai salīdzinātu ekonomikas un izmaksu struktūru. Starptautisko salīdzinājumu nepieciešamību noteica fakts, ka, lai varētu VLA modeli izmantot prognozēšanā, varētu būtu lietderīgi izskatīt iespēju izveidot "nākotnes līdzsvara" modeli, kura pamatā būtu pieņēmums par Latvijas tautsaimniecības konverģences līdzību ar kādu citu ES valsti (piemēram, Dāniju). Detalizētu informāciju par pašām IOT un darbu ar tām var atrast Timera uc. (2015) un Timera uc. (2012) pētījumos.

Latvijas VLA sākotnēji tika izmantots lielāks skaits nozaru un plašāks preču klāsts, bet beigās modeļa struktūra tika vienkāršota (lai varētu skaidrāk definēt sasaisti ar TIMES modeli), un tika izdalītas 20 nozares un tikpat preces ($I=C$). Mājsaimniecības un darbaspēks nav iedalīti detalizēti. Zeme kā primārais resurss Latvijas VLA netiek izmantots.



1.3.att. ORANI-G tipa vispārējā līdzsvara modeļa plūsmu datubāzes struktūra un izmēri⁵

Kā jau tika minēts, izstrādājot Latvijas VLA modeli, saglabāta klasiskā ORANI -G struktūra un apzīmējumi; izvēlēts izmantot tikai 2 pamatfaktorus: darbaspēku un kapitālu, izslēdzot no modeļa

⁵ Horridge, 2011, <https://www.copsmodels.com/ftp/gpextra/oranig06doc.pdf>: 9.lpp.

zemi kā pamatfaktoru. Bez tam, turpinās darbs pie izveidotās datu bāzes testēšanas saistībā ar makroekonomiskā un nozaru līdzsvara nodrošināšanu atskaites periodā.

Aizvietojamības elastību vērtību noteikšana un kalibrēšana

VLA datubāzes pielāgošana Latvijas tautsaimniecības modelēšanai nav iespējama bez parametru matricu izveides. Parametru novērtējumi jāiegūst ārpus VLA modeļa. (Par konkrētāku parametru lietojumu priekšstatu var gūt, aplūkojot 2. pielikumā dotās shēmas). VLA modeļa simulācijas rezultāti ir būtiski atkarīgi no tā parametru vērtībām. Īpaši svarīgas ir aizvietojamības elastības, kas nosaka iekšzemē ražoto un importēto preču aizvietojamību dažādiem lietotājiem (importa aizvietojamības elastības) un pamatresursu - darba vai kapitāla aizvietojamības elastības. Sākumā aplūkosim Armingtona (sk. Armington, 1969) elastības. Tās apraksta importa un konkurējošās vietējās produkcijas aizstājamību dažādiem ražojumiem dažādās nozarēs un dažādiem lietotājiem.

No literatūras pārskata (Bems un Giovanni (2016), Welsch (2008), Oleksevuk un Frosch (2016), Lundmark un Shahrammehr (2011), Nemeth uc. (2011) un Antimiani uc. (2015)) redzams, ka lielā daļā vispārējā līdzsvara aprēķina modeļos izmanto laika rindu vai paneļdatu modelēšanā ar ekonometriskām metodēm iegūtus Armingtona elastību novērtējumus, vai arī vienkārši adaptē citur aprēķinātus elastību koeficientus, piemēram, no GTAP datubāzes. Pārskatot zinātniskajā literatūrā publicētos aizvietojamības elastību novērtējumus, nākas secināt, ka tie ir ļoti plašā amplitūdā, kas skaidrojams ar dažādu metožu un izlašu lietojumu novērtēšanas procesā.

Kā savā pētījumā pierādīja Antoszewski (2019), vispārējā līdzsvara aprēķina modeļu rezultātu ticamība ir tieši atkarīga no eksogēno parametru – tādu kā aizvietojamības elastības – vērtību pieņēmumiem. Tieši aizvietojamības elastības nosaka, kā VLA ietvaros ekonomiskie aģenti reaģē uz cenu izmaiņām. Viņš akcentē VLA modeļos izmantoto elastības koeficientu novērtējumu heterogenitāti, pamatojot to ar metodoloģiju atšķirībām. Savā publikācijā Antoszewski (2019) ieguvis novērtējumus lielam skaitam dažādu sektoru modelēšanai izmantojamajām konstantas aizvietojamības elastības (CES) funkcijām, kas ir VLA pamatā. Novērtēšanai viņš izmantojis paneļdatus, balstoties WIOD datubāzē, kā arī demonstrē dažāda līmeņa (arī nested) CES funkciju elastību novērtēšanas paņēmienus.

Arī Oleksevuk & Schürenberg-Frosch (2016) parādīja, ka aizvietojamības elastību vērtībām ir kvantitatīva un pat kvalitatīva ietekme uz VLA modeļa rezultātiem. Lundmark & Shahrammehr (2011) novērtēja meža biomasas Armingtona elastības Eiropā un secināja, ka starp parametru vērtībām ir būtiskas atšķirības starp valstīm, tas nozīmē, ka VLA modelētājiem jābūt ļoti

uzmanīgiem un piesardzīgiem, pieņemot elastības no citiem pētījumiem, neņemot vērā konkrētās valsts un modeļa raksturlielumus.

Pārskatot aizvietojamības elastību vērtības ar enerģētikas politikas modelēšanu saistītos pētījumos, ir vērts pieminēt Welsch (2008) pētījumu. Viņš novērtēja aizvietojamības elastība 15 preču grupām četrās Eiropas valstīs un secināja, ka patiesās elastību vērtības ir vidēji zemākas nekā bieži tiek lietotas, paņemot tās no citu valstu, piemēram, ASV, pētījumiem. Tāpat Welsch (2008) uzsvēra, ka, elastības nosakot, jāņem vērā produkta veids. Piemēram, iekārtām un citām ar lielām investīcijām saistītam precēm, elastība parasti ir lielāka nekā izejvielām, rūdām, ķīmiskām vielām, kā arī plaša patēriņa precēm.

Tātad, papildus Latvijas vispārējā līdzsvara aprēķina modeļa ievaddatu failam tika izveidota parametru matrica. Tajā tika iekļauti aizvietojamības elastību un citu parametru novērtējumi Latvijas tautsaimniecības raksturošanai. Tika izvēlēts neņemt aizvietojamības elastību vērtības no citās valstīs veikto pētījumu publicētajiem rezultātiem. Daļa no parametru vērtībām tika aizgūta no iepriekšējos pētījumos par Latviju (piemēram, Latvijas Bankas speciālistu 2016. gadā izstrādātais VLA modelis), tomēr pārsvarā tās tika noteiktas kalibrējot.

Aizvietojamības elastības būtu jānosaka visām precēm un nozarēm. Viena no pieejām ir izmantot IO tabulas par ilgāku laika periodu un aprēķināt vērtības izmantojot ekonometriskos novērtējumus. Šim nolūkam varētu izmantot ielaides – izlaides tabulu vērtības ilgākā laika periodā. Latvijas gadījumā WIOD datubāzē pieejamas tabulas par laiku no 2000-2014. gadam, vai otrs avots ir LR Centrālās Statistikas pārvaldes datubāzē pieejamās tabulas par laiku no 2010.-2015. gadam. Abos gadījumos iegūtās laika rindas ir pārāk īsas kvalitatīvu regresiju novērtējumiem, kā arī abi minētie laika periodi satur arī 2008-2009. gadu krīzi kā strukturālu lūzuma punktu. Kā savā pētījumā uzsvēra Bems & DiGiovanni (2016), krīzes laiks būtiski ietekmēja patērētāju uzvedību Latvijā. Salīdzinoši īsās laika rindas dēļ, aprēķini tika veikti, bet vien dažām nozarēm, lai gūtu priekšstatu par elastību izmēru. Teorētiski varētu izmantot arī mikro līmeņa datus (uzņēmumu datus), bet praksē tas ir grūti realizējams, jo, piemēram, cenas uzņēmumu līmenī nebūs pieejamas un vienalga nāktos izvīzīt pieņēmumus.

Pašreizējā modeļa versijā aizvietojamības elastības noteiktas ar kombinētu pieeju (aprēķini, vērtības no literatūras un kalibrēšana), papildus pieņemot, ka visiem lietotājiem tā būs vienāda. Līdzīgi kā Beňkovskis uc. (2016), faktori, kas noteica vērtību izvēli, ir preces aizvietojamība un iekšzemes ražojuma pieejamība. Piemēram, iekšzemē un ārvalstīs ražotas degvielas aizvietojamības elastība ir ļoti zema (ap 0,1), jo Latvijā nav iekšzemes naftas produktu pārstrādes

rūpniecības, bet citā gadījumā – piemēram pārtikas produkti un dzērieni – aizvietojamības elastība ir augsta (ap 2,2-3). Vissarežģītāk ir noteikt piemērotāko aizvietojamības elastības vērtību nozarēm, kurās ražotās preces ir ļoti nehomogēnas (piemēram, ķīmisko vielu un produktu gadījumā aizvietojamības elastības tika noteiktas zemas – ap 0,2-0,5, bet kokapstrādes produktiem kā homogēnākai produkcijai augstākas – ap 2,1-2,5).

Darbaspēka un kapitāla aizvietojamības elastības sākotnēji tika paņemtas no Beņkovskis uc. (2016), bet pēc tam arī kalibrētas - ņemot vērā ražošanas procesa īpatnības nozarē. Augstākās aizvietojamības elastības vērtības tika noteiktas pakalpojumu nozarē, bet zemākās apstrādes rūpniecībā un enerģētikas nozarē.

Piezīme:

Novērtēto koeficientu integrēšana modelī vēl prasa papildus testēšanu, kas joprojām turpinās. Ir ielānota tikšanās ar Latvijas Bankas ekspertiem nolūkā izvērtēt elastības koeficientu vērtības un to potenciālās izmaiņas, domājot par nākotnes prognozēšanu.

Šobrīd tieši parametru matrica ir tā, pie kuras vērtību precizēšanas tiek strādāts visvairāk, jo tajā apkopotās vērtības būtiski izmaina, kādi pieņēmumi par ekonomikas aģentu uzvedību tiek izmantoti vispārējā līdzsvara noteikšanā ar optimizācijas procedūru palīdzību.

Nepieciešamību atgriezties pie kalibrēšanas noteica arī pašreizējā VLA modeļa nepilnības, kas tika atklātas modeļa validēšanas procesā (par to tālāk).

Parametru vērtību kalibrēšana arī tiek izmantota, testējot sasaisti ar TIMES modeli.

Simulācijas

Ar vispārējā līdzsvara aprēķina modeļiem var pētīt dažādu politiku pasākumu efektu ietekmi uz tautsaimniecību kopumā, kā arī uz atsevišķām nozarēm.

Simulāciju veikšanas pamatā ir izvirzīti hipotētiski scenāriji, kurus identificē kā atsevišķu eksogēno mainīgo izmaiņas (šokus).

Sākumā tiek izstrādāts bāzes scenārijs, kura pamatā parasti ir pieņēmums par līdzšinējo tendenču stabilitāti, norisēm tirgos bez papildus ārējo šoku ietekmes. Bāzes scenārijs parasti ir saskaņā ar visticamākajām attīstības tendencēm. Tikai tad, kad kalibrēšanas rezultāti atbilst izvirzītajam bāzes scenārijam, var pētīt konkrētu pasākumu ietekmi uz vispārējo līdzsvaru.

Gatavā VLA modeļa mērķis ir sniegt iespēju veikt simulācijas, veidojot šokus un novērtējot absolūtas un relatīvas izmaiņas interesējošajos mainīgajos – gan makrolīmenī- IKP un tā komponentos, gan pa nozarēm.

Simulācijās šokus var veikt uz dažādiem lielumiem, rodot iespēju vispārējā līdzsvara modeļus izmantot dažādiem mērķiem un ar to palīdzību var dažādos veidos pētīt un analizēt iespējamo ekonomikas attīstību un dažādu faktoru izmaiņu ietekmi. Simulāciju pamatā ir fakts, ka modelī ir vairāk mainīgo nekā vienādojumu un modeļa novērtēšanai ir nepieciešams, lai lietotājs izvēlas, kuri mainīgie būs eksogēni. Šokus var iegūt tikai eksogēniem mainīgajiem.

Tātad, VLA modelī šoka identifikācija nozīmē norādīt, kuri mainīgie būs eksogēni un var tikt "šokēti", pārējos nosakot kā endogēnus. Mainīgos izvēlas arī atkarībā no pieņēmuma par šoka ietekmes ilgumu. VLA modelī izšķir īstermiņa un ilgtermiņa šokus. Tas saistīts ar tirgus dalībnieku, kā arī tautsaimniecības kopumā iespējām piemēroties konkrētajām izmaiņām. Īstermiņa *closure* pieņem, ka pietiek laika, lai izmainītos cenas, iestātos cenu izmaiņu izraisīta aizvietošana, bet vēl netiek ietekmēti investīciju lēmumi, kas spētu ievērojami mainīt nozaru kapitāla apjomu. Tas pamatojams ar to, ka tādi kapitālieguldījumi (jaunas ēkas, iekārtas, to iegāde un uzstādīšana) ir laikietilpīgs process un attiecināms uz ilgtermiņu.

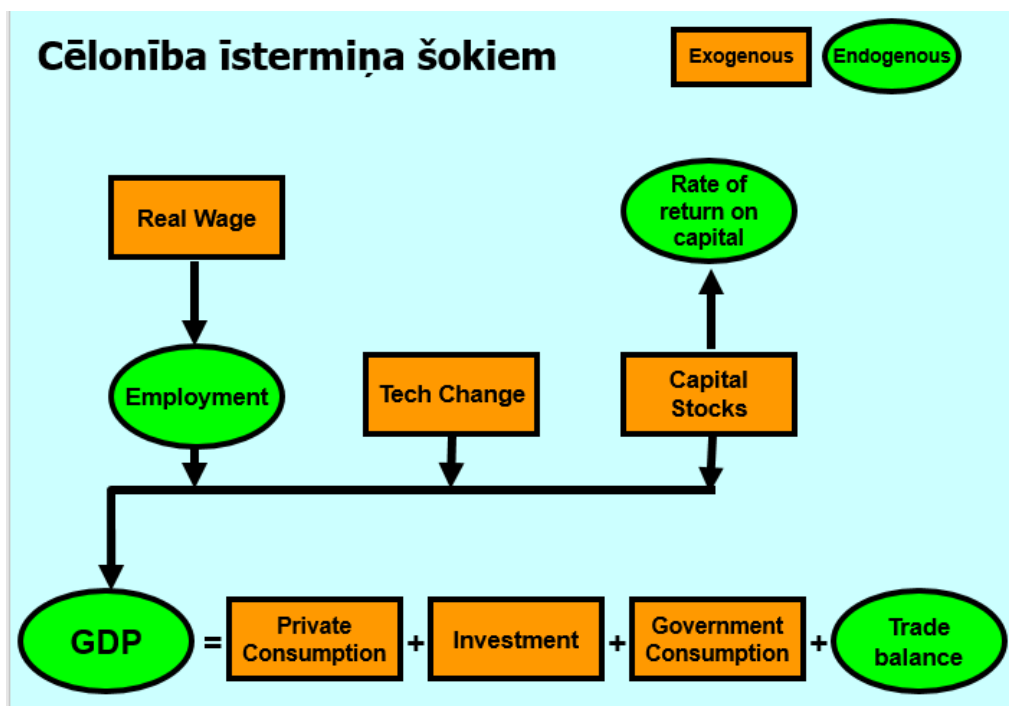
Tradicionāli, īstermiņā endogēnie mainīgie ir nodarbinātība, kapitāla ienesīgums, ārējās tirdzniecības bilance un iekšzemes kopprodukts. Attiecīgi eksogēni ir reālā darba samaksa, primāro ražošanas faktoru tehnoloģiskās izmaiņas, kapitāls, privātais patēriņš, investīcijas un valdības izdevumi.

1.1. tabulā un 1.4. attēlā iekļauti mainīgie, ko potenciāli varētu izmantot īstermiņa šoku simulācijām.

Mainīgie, ar kuriem ORANI-G modelī veidot īstermiņa šokus

Exogenous variables constraining real GDP from the supply side	
x1cap x1lnd	industry-specific endowments of capital and land
a1cap a1lab_o a1lnd a1prim a1tot a2tot	all technological change
f1lab_io	real wage shift variable
Exogenous settings of real GDP from the expenditure side	
x3tot	aggregate real private consumption expenditure
x2tot_i	aggregate real investment expenditure
x5tot	aggregate real government expenditure
f5	distribution of government demands
delx6	real demands for inventories by commodity
Foreign conditions: import prices fixed; export demand curves fixed in quantity and price axes	
pf0cif	foreign prices of imports
f4p f4q	individual exports
f4p_ntrad f4q_ntrad	collective exports
All tax rates are exogenous	
delPTXRATE f0tax_s f1tax_csi f2tax_csi f3tax_cs	
f5tax_cs t0imp f4tax_trad f4tax_ntrad f1oct	
Distribution of investment between industries	
finv1(selected industries)	investment related to profits
finv2(the rest)	investment follows aggregate investment
Number of households and their consumption preferences are exogenous	
q	number of households
a3_s	household tastes
Numeraire assumption	
phi	nominal exchange rate

Īstermiņa noslēguma (*closure*) veidošanai uzskatāmi izmantojama zemāk sniegtā shēma, kurā ar taisnstūriem apzīmēti īstermiņā fiksēti lielumi, bet ar ovāliem – endogēnie lielumi (tie mainās).



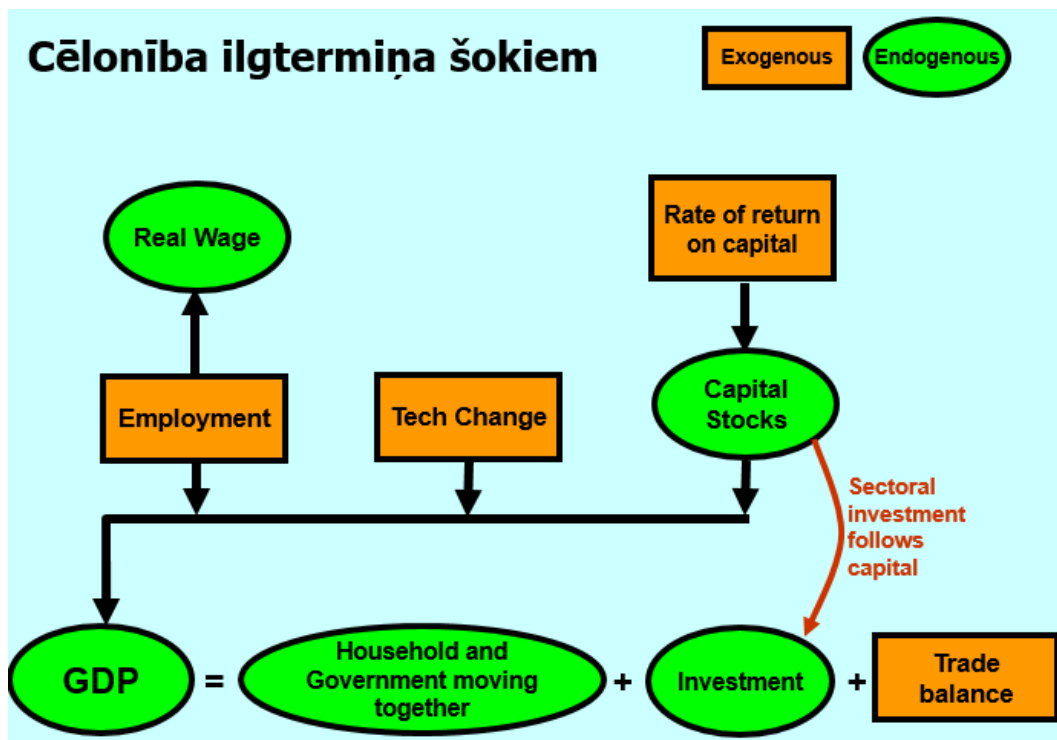
1.4. att. Īstermiņa šoku pamatpieņēmumi par mainīgo eksogenitāti un endogenitāti

1.2. tabulā un 1.5. attēlā iekļauti mainīgie, ko potenciāli varētu izmantot ilgtermiņa šoku simulācijām. Ilgtermiņā ekonomisko aģentu rīcībā ir pietiekami ilgs laiks, lai pieņemtu investīciju lēmumus, novirzot kapitālu no vienas nozares uz citu. Līdz ar to, ilgtermiņā kapitāla apjoms mainās, saglabājot fiksētu tikai kapitāla ienesīguma lielumu. Fiksēts ir arī kopējās nodarbinātības apjoms, bet mainās reālā darba samaksa. Ilgtermiņā pieņem, ka reālie mājsaimniecību gala patēriņa izdevumi un reālie valdības izdevumi ir saistīti un modelējami kopā.

Mainīgie, ar kuriem ORANI-G modelī veidot ilgtermiņa šokus

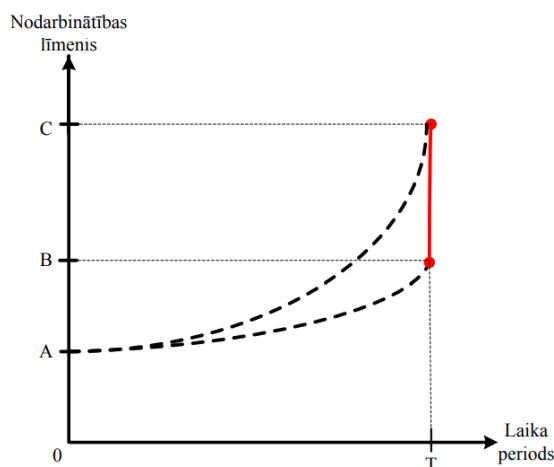
Exogenous variables constraining real GDP from the supply side	
<i>gret</i>	<i>gross sectoral rates of return</i>
<i>x1lnd</i>	industry-specific endowments of land
<i>a1cap a1lab_o a1lnd a1prim a1tot a2tot</i>	all technological change
<i>employ_i</i>	<i>total employment - wage weights</i>
Exogenous settings of real GDP from the expenditure side	
<i>delB</i>	<i>balance of trade/GDP</i>
<i>invslack</i>	<i>aggregate investment determined by industry specific rules</i>
<i>f5tot2</i>	<i>link government demands to total household</i>
<i>f5</i>	distribution of government demands
<i>delx6</i>	real demands for inventories by commodity
Foreign conditions: import prices fixed; export demand curves fixed in quantity and price axes	
<i>pf0cif</i>	foreign prices of imports
<i>f4p f4q</i>	individual exports
<i>f4p_ntrad f4q_ntrad</i>	collective exports
All tax rates are exogenous	
<i>delPTXRATE f0tax_s f1tax_csi f2tax_csi f3tax_cs</i>	
<i>f5 f5tax_cs t0imp f4tax_trad f4tax_ntrad f1oct</i>	
Distribution of investment between industries	
<i>finv3(selected industries)</i>	<i>fixed investment/capital ratios</i>
<i>finv2(the rest)</i>	investment follows aggregate investment
Number of households and their consumption preferences are exogenous	
<i>q</i>	number of households
<i>a3_s</i>	household tastes
Numeraire assumption	
<i>phi</i>	nominal exchange rate

Ilgtermiņa *closure* veidošanai uzskatāmi izmantojama zemāk sniegtā shēma, kurā ar taisnstūriem apzīmēti īstermiņā fiksēti lielumi, bet ar ovāliem – endogēnie lielumi (tie mainās). Ilgtermiņā eksogēnie mainīgie ir nodarbinātība, primāro ražošanas faktoru tehnoloģiskās izmaiņas, kapitāla ienesīgums un ārējās tirdzniecības bilance. Kā endogēni paliek reālā darba samaksa, kapitāls, iekšzemes kopprodukts, privātais patēriņš, investīcijas un valdības izdevumi.



1.5. att. Ilgtermiņa šoku pamatpieņēmumi par mainīgo eksogenitāti un endogenitāti

Statiska VLA modeļa rezultāti interpretējami kā izmaiņa interesējošā mainīgā "kādu laiku pēc šoka". VLA modeļu lietojums sākas ar pirms-politikas bāzes definēšanu, kurā tiek veiktas simulācijas, lai noteiktu pēc-politikas ietekmi. Bāze tiek veidota, izmantojot bāzes gada datus (t.i., pirms politikas), lai modelī noteiktu eksogēnos mainīgos (modeļa vienādojumu un uzvedības parametru uzstādīšana datiem). Tas nozīmē, ka modelis ir paredzēts, lai modelētu šoka ietekmi uz pašreizējo ekonomikas struktūru, kas tiek uzskatīta par stabilu vai līdzsvarotu pozīciju.



1.6. att. Statiska VLA modeļa rezultātu interpretācijas piemērs.

1.6. attēlā parādīts, kā izskatās simulācijas, jeb šoka rezultāts uz konkrētu mainīgo (piemēram, nodarbinātības līmeni). Ar A apzīmēts interesējošā mainīgā līmenis bāzes periodā (0), B apzīmē līmeni, kas tiktu sasniegts laika momentā T, ja nemainītos neviens ietekmējošais faktors, bet C, savukārt, parāda prognozēto līmeni, ja bāzes periodā (0) būtu ieviesti konkrēti politikas pasākumi. VLA modeļa rezultātu tabulā parādās izmaiņas procentos $\frac{(C-B)}{B} \times 100$.

1.6. attēlā laika periods T uz horizontālās ass nav fiksēts. Literatūrā īstermiņa šokus parasti asociē ar ietekmi līdz 2 gadiem, ilgtermiņa šokiem pieņēmuma pamatā ir uzskats, ka tautsaimniecībai ir pietiekami laika, lai ekonomiskie aģenti pasēj izmainīt savus investīciju lēmumus.

Pateicoties VLA iespējām modelēt dažādu faktoru ietekmi, strukturālu vai tirgus izmaiņu ietekmi, vispārējā līdzsvara aprēķina modeļi sekmīgi tiek izmantoti ekonomisko izmaiņu analīzē, un ekonomiskās politikas lēmumu pieņemšanā. Vispārējā līdzsvara aprēķina modelis ir izmantojams dažādu ārējo šoku analīzē (importa un eksporta cenu izmaiņas, ārvalstu investīciju izmaiņas, mājsaimniecību pirktspējas izmaiņas, produkcijas ražošanas un tehnoloģiju izmaiņas u.tml.).

Veidojot sasaisti starp VLA un TIMES modeļiem, ļoti konkrēto enerģētikas politikas pasākumu identificēšana ir vienkāršāka TIMES modelī, tādēļ iteratīvo procesu uzsāk ar TIMES modeli. Lai veiktu izvēlētam pasākumu plānam atbilstoša scenārija simulāciju, TIMES modeļa rezultāti (Excel fails) tiek izmantoti, lai kvantificētu izmaiņas energobalancē, tiek izvēlēti instrumentālie mainīgie attiecīgā šoka identifikācijai, tiek aprēķinātas šo mainīgo vērtību relatīvās izmaiņas un ievadītas VLA modelī.

Tā kā *tablo* fails ir ļoti liels, tad simulācijas veikšanai parasti izmanto modeļa saspiešanu. Izmantojam divus paņēmienus: vai nu ORANIG_LV.TAB formāta failā norāda, kuri mainīgie būs eksogēni, kuri endogēni un simulāciju veic sapsēstajā *Stored-input file* (ORANIG_LV.SIT) failā; vai arī TAB failā izmantojam komandas OMIT, SUBSTITUTE un BACKSOLVE.

VLA modeļa rezultāti parāda izmaiņas līdzsvara vērtībās dažādiem mainīgajiem, tai skaitā, enerģijas pieprasījumam, ko, savukārt, atgriez TIMES modelī kā eksogēno mainīgo vērtības.

Mīkstās sasaistes procesā informācijas pārnesi no viena modeļa uz otru kontrolē lietotājs. Viņš novērtē viena modeļa rezultātus, izlemj vai un kā tos jāmodificē, lai panākti abu modeļu konvergenci.

Kā savā pētījuma secina Helgesen (2013), mīkstās sasaistes priekšrocības varētu būt: praktiskums, caurspīdīgums un modeļa apmācība. Pašreizējā CGE un TIMES sasaiste simulāciju

veikšanai vēl ir "apmācības" fāzē. Kā pirmā mācībstunda bija sapratne par aizvietojamības elastību kalibrēšanas nepieciešamību un par modeļa izmēru.

Validācija

Lai pārliecinātos, ka izstrādātais Latvijas VLA modelis veic aprēķinus pareizi – saskaņā ar ekonomikas teoriju un datiem – nepieciešama modeļa validācija. Validācijas procedūra balstīta Dixon & Rimmer (2013) ieteikumos.

Latvijas VLA modeļa validācijai tika izmēģinātas vairākas procedūras. Pirmie testi modeļa validācijā bija saistīti ar nacionālo kontu identitāšu pārbaudēm, lai pārliecinātos, ka tās ir spēkā ar esošiem ievaddatiem. Šajā procedūrā tika izmantotas nominālā un reālā IKP vērtības. Tika izmēģinātas arī simulācijas, kuras atbilst reāliem notikumiem tautsaimniecībā periodā pēc bāzes gada. Tātad, veidojot simulācijas, kuru rezultātus zinām *a priori*. Tika veiktas pārbaudes, izmantojot jau zināmas eksogēno mainīgo vērtības, lai pārliecinātos, vai modeļa prognozētās endogēno mainīgo vērtības ir tuvu reālajiem novērojumiem.

Viena no validācijas procedūrām, ar ko tika sākta modeļa testēšana, bija nominālo un reālo vērtību stabilitātes pārbaude. Piemēram, nominālo vērtību stabilitātes pārbaudi veic, modelējot 10% pieauguma šoku uz visiem nominālajiem eksogēniem mainīgajiem, un pārliecinoties, ka visi endogēnie nominālie rādītāji arī palielināsies par 10%, bet reālās vērtības nemainīsies. Šajā validēšanas procedūrā problemātiska ir šokējamo mainīgo izvēle, tādēļ nākamajos soļos tika izvēlēts balstīt modeļa validēšanas procedūru IKP identitātes pārbaudēs.

Tātad, strādājot pēc Dixon & Rimmer (2013) parauga, Latvijas VLA modeļa validēšana balstās IKP identitātes pārbaudē. Validācijas būtība ir pārliecināties, ka katrā VLA atrisinājumā IKP rēķināts kā nominālais ienākums ir vienāds ar nominālo IKP rēķinātu no izdevumu puses. Līdzīgi jāizpildās vienādībai, rēķinot reālo IKP no ienākumu un izdevumu puses. Literatūrā šāda vispārējā līdzsvara aprēķina modeļa validēšana tiek atzīta par pietiekami jaudīgu, jo šie abi IKP rādītāji ietver dažādus mainīgo kopumus, kuru netiešās sakarības modelī aprakstītas, izmantojot lielu skaitu vienādojumu.

Pamatojums minētās validācijas procedūras izvēlei saistāms ar VLA modeļa ievaddatiem. *Input-output* tabulas sākumā ir balansētas (simetriskas), t.i., katras aktivitātes izlaide ir vienāda ar šīs aktivitātes produkta pieprasījumu. Vienkāršojot modeļa struktūru, ieviešot pieņēmumus, balanss tika izjaukts, un tika veiktas atbilstošas korekcijas, lai atgrieztos pie tā. Lai pārliecinātos, ka modelis strādā korekti katrā simulācijā, tika ieviestas divas nominālā IKP vērtības: maksājumi par

primārajiem faktoriem plus netiešie nodokļi (IKP no ienākumu puses, GDPINC) un pārdošanas apjomi pircēju cenās mājsaimniecībām, investoriem, valdībai un ārzemniekiem (eksports), atskaitot visu importu (c.i.f. vērtība) (IKP no izdevumu puses, GDPEXP); pārbaudot tām jāsanāk vienādām.

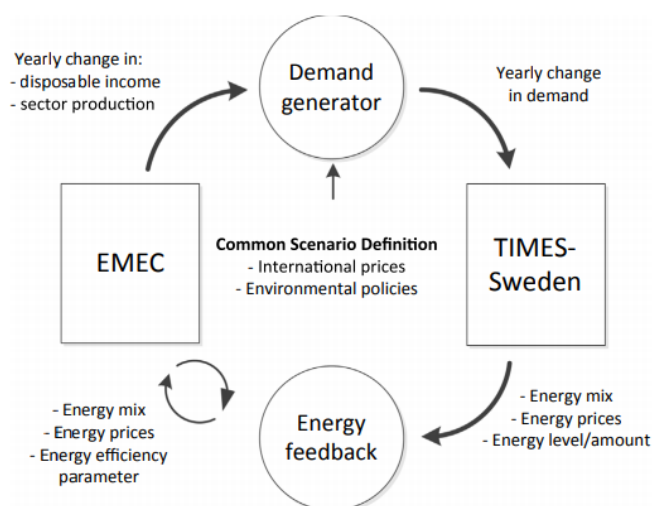
Līdzīgā veidā plānots pārbaudīt arī reālā IKP izmaiņu vienādību, rēķinot no ienākumu un no izdevumu pozīcijām.

Jāatzīmē, ka VLA modeļa validācijas procedūra ļauj pētniekiem un modeļa lietotājiem labāk saprast modeļa pieņēmumu būtību un darbības principus, kā arī ļauj precīzāk būvēt sasaisti ar TIMES modeli un labāk izprast šoku pārnese mehānismu.

2. VLA UN TIMES MODEĻU SASAISTE

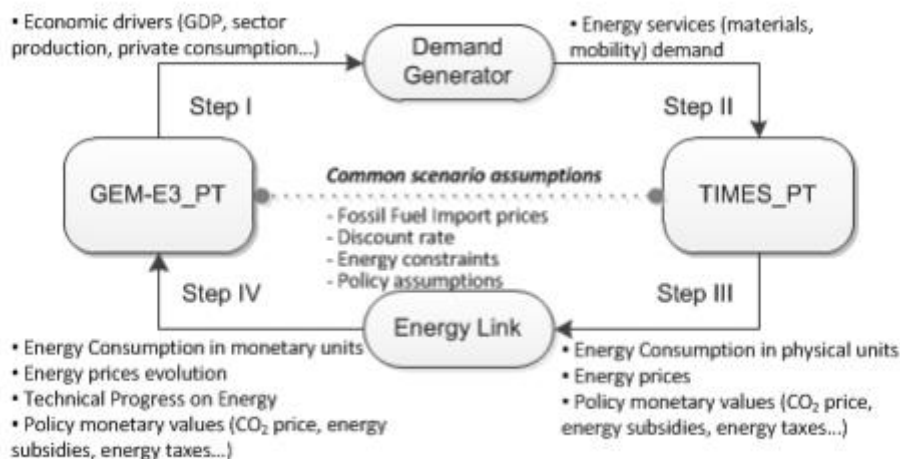
2.1. Literatūras pārskats

Enerģētikas politikas izstrādē un lēmumu pieņemšanā ir populāri izmantot bottom-up un top-down modeļu kombinēšanu. Krook-Riekkola u.c. (2017) apraksta pieredzi Zviedrijā, kur enerģētikas un klimata politikas modelēšanai tiek izmantota TIMES modeļa un VLA modeļa kombinācija (*soft-linking*). Autori detalizēti aprakstījuši izaicinājumus šādas sasaistes nodrošināšanā un sniedz vērtīgus padomus. Viens no būtiskākajiem ieguvumiem, ko min Krook-Riekkola u.c. (2017) no mijiedarbības starp abiem modeļiem – detalizēta energo-intensīvo nozaru modelēšana gan TIMES, gan VLA un informācijas apmaiņa starp abiem modeļiem jau sākumstadijā palīdz nodrošināt abu modeļu konvergenci daudz ātrāk. Mīkstajai sasaistei ir arī vājā vieta – tā ir laiktelpīga procedūra, jo daudzi salīdzinājumi ir veicami manuāli. 2.1. attēlā redzama TIMES un VLA modeļu sasaiste.



2.1. att. Zviedru pieredze TIMES un 1-perioda rekursīvā VLA modeļu sasaistei

Cits piemērs ir Portugāles pētnieku pieredze vispārējā līdzsvara modeļa un TIMES tipa modeļa sasaistei (Fortes at.al., 2014). 2.2. attēlā parādīta informācijas plūsma vairākos soļus starp abu minēto modeļu veidiem.



2.2. att. Portugāļu pētnieku izmantotā pieeja TIMES un VLA modeļu sasaistei – hibrīdplatforma⁶

Gan Fortes u.c. (2014), gan Krook-Riekkola u.c. (2017) detalizēti, pa soļiem apraksta kādā veidā viena modeļa rezultāti var tikt izmantoti, vērtējot otru modeli. Autori īpaši uzsver, ka veiksmīgas mijiedarbības pamatā ir vienota kalibrēšanas scenārija izveide.

Latvijas gadījums nav izņēmums, un lai izveidotu iespējami labāko VLA un TIMES modeļa sasaisti, jāizveido ceļš, kā pēc iespējas efektīvāk veikt informācijas apmaiņu starp modeļiem, bez kuras nav iespējama sekmīga abu modeļu mijiedarbība.

2.2. Latvijas VLA un TIMES mīkstā sasaiste

Labāko pieredzi apkopojot, secinām, ka veiksmīgākie, politiskiem lēmumiem piemērotākie rezultāti nav balstīti tikai viena – VLA vai TIMES modeļa lietojumā. Tomēr šādas saites dibināšana un uzturēšana ir milzīgs izaicinājums pētniekiem.

Viens no pamatjautājumiem ir – kā identificēt saskares punktus starp abiem modeļiem? Saite veidojas, ja viena modeļa endogēns mainīgais tiek ielikts otrā modelī kā eksogēns (fiksēts). VLA modelī ir iespēja mainīt viena mainīgā statusu no endogēna un eksogēna un otrādi, ja vien saglabājas identifikācijas nosacījumi (pietiekams vienādojumu skaits priekš nezināmo lielumu novērtēšanas). No otras puses, VLA ir top-down modelis un tā pielāgošanas iespējas citam modelim nav bezgalīgas. Ņemot vērā zviedru vai portugāļu pieredzi, tika rēķināts, ka būs nepieciešamas veikt iegūtās informācijas pārveidojumu formātā, kas nepieciešams otram modelim, darbojoties Excel vidē. Turpinājumā īsumā aprakstīta pašreizējā sasaistes versija, kā arī konstatētās problēmas, kuras vēl prasa risinājumu.

⁶ Fortes, P., Pereira, R., Pereira, A., Seixas, J., 2014. Integrated technological-economic modeling platform for energy and climate policy analysis. Energy Vol.73, p.716-730

Tiek izveidota atbilstības matrica A starp Times-gala-patēriņa 3.līmeni un Ielaides-Izlaides tabulas nozarēm (NACE2 red.) pēc produkta (CPA*64) izlietojuma 2 kategorijās – ‘Kokss un naftas pārstrādes produkti’ (V19) un ‘Elektroenerģija, gāze, ūdens, tvaiks un gaisa kondicionēšana’ (VD).

Atbilstības matrica (A) tiek papildināta ar mainīgo ‘Nozaru grupa’, atbilstoši GCE modeļa pieņēmumiem.

Tālākie aprēķini tiek veikti ‘Nozaru grupu’ līmenī.

1.solis: Pēc Times-gala-patēriņa datiem tiek aprēķināti ‘Nozaru gupas’ enerģijas pieprasījuma scenārija vidējie pieprasījumi pieauguma koeficienti gadā.

$$dTCn = (TC2050/TCto)^{(2050-to)} - 1$$

kur

to – bāzes gads

dTCn - enerģijas pieprasījuma vidējais pieaugums gadā dotajā periodā

TC2050 – enerģijas pieprasījuma prognoze 2050.gadā

TCto – enerģijas pieprasījums bāzes gadā

Enerģijas pieprasījuma vidējais pieaugums gadā tiek pieņemts kā enerģijas pieprasījuma šoks, kuru pievienot GCE modelim, atbilstoši TIMES scenārijiem.

2. solis:

Izlietojuma – izlaides 2016 .gada tabulas tiek izmantotas, lai aprēķinātu izlaides/izlietojuma attiecības nozaru griezumā.

Izlaides/izlietojuma attiecības izlaides pusē netiek ietverta izlaide, kas attiecināma uz Kokss un naftas pārstrādes produkti un Elektroenerģija, gāze, ūdens, tvaiks un gaisa kondicionēšana, citiem vārdiem, enerģija kā blakusprodukts.

Izlaides/izlietojuma koeficients papildus tiek sadalīts 2 komponentēs pēc izlietojuma produkta: izlaides/izlietojuma koeficienta komponente ‘Kokss un naftas pārstrādes produkti un Elektroenerģija, gāze, ūdens, tvaiks un gaisa kondicionēšana’, un izlaides/izlietojuma koeficienta komponente ‘Pārējie produkti’.

$$\text{Izlaides-izlietojuma koeficients} = (\text{Izlaide bāzes cenās} - R19 - RD) / \text{Izlietojums kopā}$$

kur

R19 - Kokss un naftas pārstrādes produkti

RD - Elektroenerģija, gāze, ūdens, tvaiks un gaisa kondicionēšana

Izlaides-izlietojuma koeficients = (Izlaides-izlietojuma koeficients EN -1) + (Izlaides-izlietojuma koeficients OTH -1) +1

kur

EN – attiecas uz enerģijas produktu ieguldījuma daļu izlaides-izlietojuma koeficientā

OTH – attiecas uz ne-enerģijas produktu ieguldījuma daļu izlaides-izlietojuma koeficientā

Enerģijas pieprasījuma šoks tiek realizēts caur pirmo komponenti Izlaides-izlietojuma koeficients EN, pieņemot, ka īstermiņā ne-enerģijas komponente, (Izlaides-izlietojuma koeficients OTH, ir fiksēta.

3. solis

Lai enerģijas pieprasījuma šoku pārveidotu saprotamu GCE, to ir jāpārveido kā 'Nozaru grupas' GDP izmaiņas. To iegūst aprēķinot Izlaides-izlietojuma koeficienta relatīvos pieaugumu: ja tik piemērots enerģijas pieprasījuma šoks pret koeficientu bez šoka.

Nozaru grupas izlaides (GDP) pieaugums =

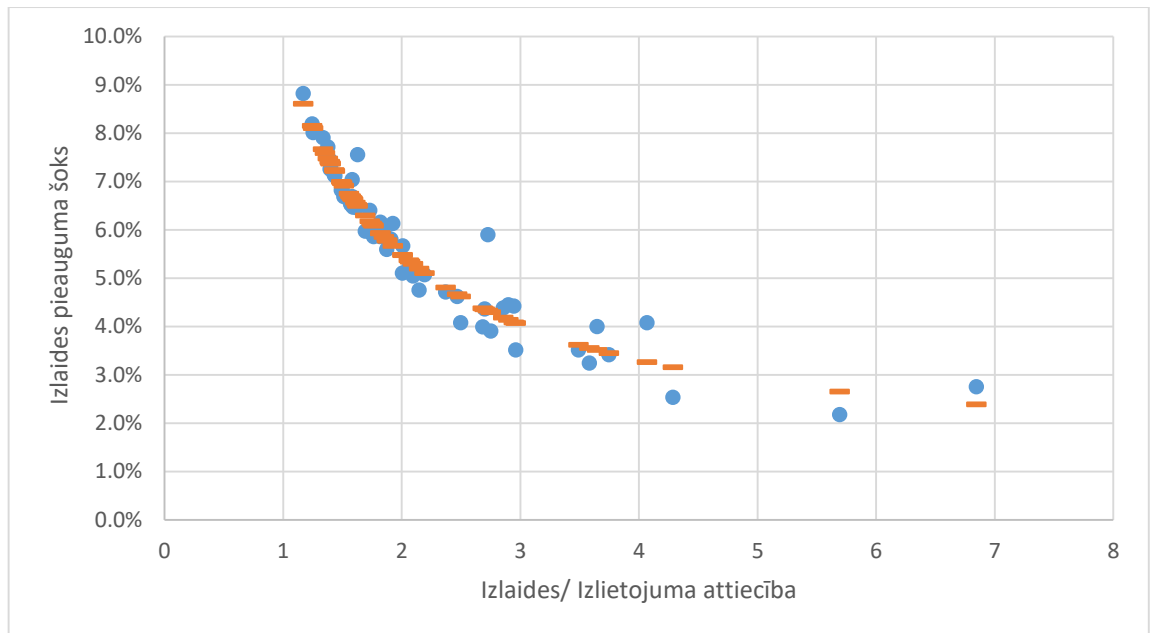
$$\frac{((\text{Izlaides-izlietojuma koeficients EN} -1) * (1+ dTCn) + (\text{Izlaides-izlietojuma koeficients OTH} -1)+1)}{((\text{Izlaides-izlietojuma koeficients EN} -1)+(\text{Izlaides-izlietojuma koeficients OTH} -1) +1) -1}$$

jeb

Nozaru grupas izlaides (GDP) pieaugums =

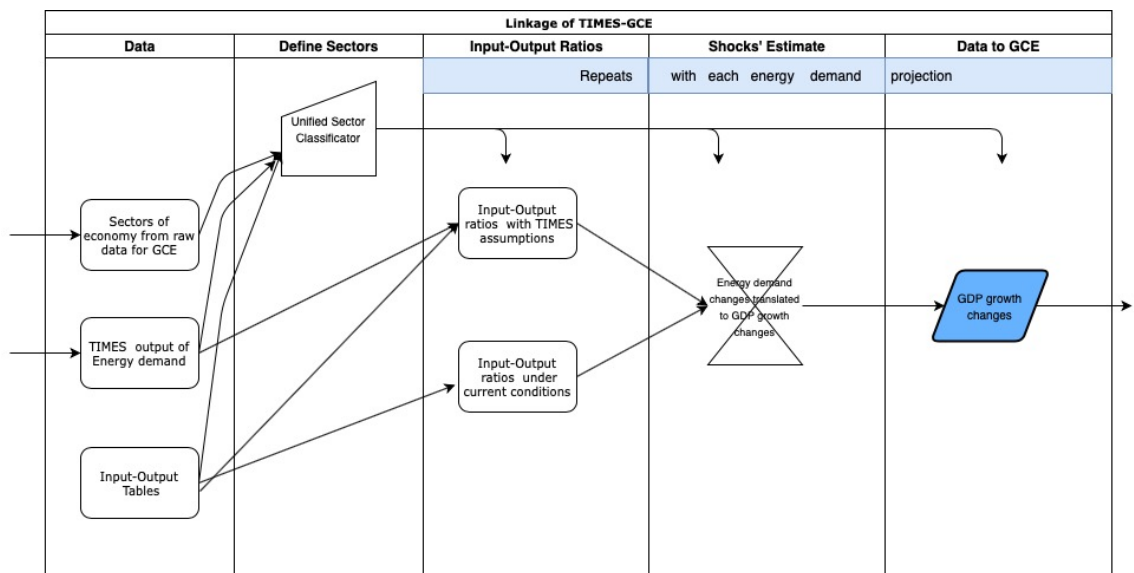
$$\text{Izlaides-izlietojuma koeficients EN} * dTCn / \text{Izlaides-izlietojuma koeficients}$$

Minētie pieņēmumi nodrošina to, ka sakarība starp nozaru izlaides pieauguma šokiem un izlaides-izlietojuma koeficientu ir apgriezti proporcionāla, bet variācijas pie tuviem izlaides-izlietojuma koeficientiem atkarīgas no nozares energoatkarības Uzskatāmāk šī pāreja parādīta 2.3. attēlā.



2.3.attēls. Izlaides pieauguma šoki tautsaimniecības nozarēs pie vienāda enerģijas pieprasījuma izmaiņām (10%)

Kā redzams, Nozaru grupas izlaides (GDP) pieauguma šoks ir tieši atkarīgs no enerģijas izlietojuma īpatsvara nozarē, un tikai loģiski, ka enerģijas pieprasījuma šoka efekts ir lielāks nozarēs ar lielāku enerģijas izlietojumu (2.4. att.)



2.4. att. VLA un TIMES modeļu mīkstās sasaistes shēma

2.4. attēlā parādīts abu modeļu sasaistes vienas iterācijas viens posms. Veidojot VLA un TIMES modeļu mīksto sasaisti, nepieciešamie aprēķini tiek veikti Excel failā (skat. pielikumā). Lēmumi par izmaiņu lielumu, pārejot no viena modeļa uz otru ir pašu pētnieku ziņā, tāpat arī lēmums par to, ka modeļu sasaiste ir sasniegusi konverģenci, iegūstot interpretējamu rezultātu.

Praksē tas nozīmē nepieciešamību izstrādāt kritērijus, kas ļautu modelēšanas ekspertiem pieņemt lēmumu, ka iterāciju process ir noslēdzies.

SECINĀJUMI UN TURPMĀKĀS DARBĪBAS PLĀNS

Būtiskākie secinājumi

- Pētījumā izstrādātais VLA modelis ir Horridge (2014) izstrādātā ORANI-G modeļa adaptācija Latvijas tautsaimniecībai. Modeļa novērtēšanai tiek izmantota GEMPACK programmatūra.
- VLA modeļa pamatā ir simetriskās input-output tabulas par 2015. gadu (Avots: csb.gov.lv).
- Tādi parametri, kā aizvietojamības elastības, noteikti kalibrācijas rezultātā, sākuma vērtības daļēji novērtējot ar ekonometrisko modelēšanu, daļēji aizgūstot no zinātniskās literatūras. To darot, ņemta vērā preces aizvietojamība un iekšzemes ražojuma pieejamība. Parametru vērtību precizēšana vēl turpinās, ņemot vērā nepieciešamību veidot sasaisti ar TIMES modeli.
- Latvijas VLA modeļa validācijai tiek izmantotas vairākas pieejas, piemēram, IKP identitātes pārbaude, vēsturisko datu lietojums, nominālās stabilitātes pārbaude. Validācijas process atklāja pašreizējā modeļa nelielas nepilnības, kuras novēršot, gan modeļa izstrādātāji, gan lietotāji varēs būt pārliecināti par tā rezultātu ticamību.
- Pastāv dažādas VLA un TIMES modeļu sasaistes formas. Šobrīd no pilnīgi atdalītiem modeļiem (divi atsevišķi darbojošies modeļi) pāriets līdz funkcionējošas mīkstās sasaistes izveidei – ir identificēti abu modeļu saskares punkti, izstrādātas formulas viena modeļa rezultātu pārvēršanai par otra modeļa ievaddatiem, kā arī tiek strādāts pie konverģences kritēriju izstrādes.
- Kā savā pētījuma secina Helgesen (2013), mīkstās sasaistes priekšrocības varētu būt: praktiskums, caurspīdīgums un modeļa apmācība. Pašreizējā CGE un TIMES sasaiste simulāciju veikšanai vēl ir "apmācības" fāzē, kurā tiek apzinātas stiprās puses un iespējas, kā arī risināmās problēmas.
- Ņemot vērā Covid-19 izraisīto krīzi pasaulē un Latvijā ir nepieciešama virknei rādītāju pārvērtēšana, lai aktualizētu pašreizējās tautsaimniecības norises un tās varētu integrēt modelī.

Priekšlikumi VLA modeļa un abu modeļu sasaistes pilnveidošanai

- TIMES un VLA modeļu izstrādātājiem jāvienojas par iterāciju konverģences kritēriju izveidi formā, kas nav tik komplicēta un laikietilpīga kā Krook-Riekkola uc. (2017) aprakstītā, bet nebūtu tikai pašu pētnieku subjektīvā viedoklī balstīta.

- Bāzes gadu nesakritība, pieņēmumi par Latvijas tautsaimniecības struktūras un izmaksu struktūras stabilitāti, lai varētu uzskatīt, ka 2015. gads būtiski neatšķiras no 2017. gada, VLA modeļa statistiskā formā bez laika dimensijas – tās ir problēmas, kurām tuvākā laikā jāmeklē risinājums.
- Kā jau tika minēts ievadā, ja būs nepieciešams, labākas sasaistes nodrošināšanai vispārējā līdzsvara modelim iespējams izveidot viena perioda rekursīvo formu (varētu arī vairāku periodu rekursiju, bet zviedru pētnieku pieredze rāda, ka labus rezultātus var sasniegt arī ar viena perioda rekursiju).
- Tiek apsvērta vēl cita modeļa alternatīva, kā varētu risināt laika dimensiju nesakritību. TIMES modelī prognozes tiek izstrādātas līdz 2050. gadam, kamēr CGE modelī vienīgie pieņēmumi attiecībā uz laiku ir: īstermiņa šoki vai ilgtermiņa šoki. Līdz ar to, izvēloties kādu ES valsti, kura kādu laiku atpakaļ bija līdzīgā attīstības stadijā, kā tagad ir Latvija, tad varētu izvēlēties šīs valsts input-output struktūru par Latvijas "Nākotnes" tautsaimniecības struktūru, piemēram, 2030. gada līdzsvara prototipu. VLA nākotnes līdzsvara ideju, veidojot sasaisti ar TIMES, savā pētījumā par Norvēģiju aprakstījis Helgesen (2013).
- Pamatojoties uz jaunākajām ekonomisko notikumu tendencēm sakarā ar COVID-19, jārisina jautājums par ekonomisko rezultātu interpretācijas atbilstību jaunākajām ekonomiskajām tendencēm.

LITERATŪRA

- 1) Ahmed, I., C. Socci, F. Severini, Q. R. Yasser, and R. Pretaroli, (2018) Forecasting investment and consumption behavior of economic agents through dynamic computable general equilibrium model, *Finans. Innov.*, vol. 4:7, pp. 1–21.
- 2) Andersen, K.S., L. B. Termansen, M. Gargiulo, and P. O. Brian, (2019) Bridging the gap using energy services : Demonstrating a novel framework for soft linking top-down and bottom-up models, *Energy*, vol. 169.
- 3) Antimiani, A., Costantini, V., Paglielunga, E. (2015). The sensitivity of climate-economy VLA models to energy-related elasticity parameters: Implications for climate policy design. *Economic Modelling*, 51, 38-52. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.07.015>
- 4) Antoszewski, M. (2019). Wide-range estimation of various substitution elasticities for CES production functions at the sectoral level. *Energy Economics*, 83, 272-289. doi:10.1016/j.eneco.2019.07.016
- 5) Armington, P.S. (1969) A theory of demand for products distinguished by place of production. *IMF Staff Papers*, vol.16, No.1, pp.159-178.
- 6) Babatunde, K.A., R. A. Begum, and F. F. Said, (2017) Application of computable general equilibrium (VLA) to climate change mitigation policy: A systematic review, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 78, no. August 2016, pp. 61–71.
- 7) Ballard, C.L., and M. Johnson, (2016) Applied General-Equilibrium Analysis : Birth, Growth, and Maturity.
- 8) Bems, R., & Di Giovanni, J. (2016). Income-induced expenditure switching. *American Economic Review*, 106(12), 3898-3931. doi:10.1257/aer.20160251
- 9) Benkovskis, K., E. Goluzins, and O. Tkacevs, (2016) VLA model with fiscal sector for Latvia, Bank of Latvia Research Paper 1/2016
- 10) Chatri, F., M. Yahoo, and J. Othman (2018) The economic effects of renewable energy expansion in the electricity sector : A VLA analysis for Malaysia, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 95, no. October 2017, pp. 203–216.

- 11) Christoph, B., and T. F. Rutherford, (2013) Transition towards a low carbon economy : A computable general equilibrium analysis for Poland, *Energy Policy*, vol. 55, pp. 16–26.
- 12) Dixon, P.B., Rimmer, M.T., (2009) Forecasting with a VLA model: Does it work? Centre of Policy Studies / IMPACT Centre Working Papers, No. g-197. May 2009
- 13) E3M - Lab. GEM-E3: Model Manual. Athens: (2010). E3M - Lab. GEM-E3: Model Manual. Athens: 2010. [Available at: <http://147.102.23.135/e3mlab/GEM%20-%20E3%20Manual/Manual%20of%20GEM-E3.pdf>
- 14) Fortes, P., Pereira, R., Pereira, A., Seixas, J. (2014) Integrated technological-economic modeling platform for energy and climate policy analysis. *Energy* Vol.73, p.716-730.
- 15) Harrison, W., Pearson, K.R. (2002) An Introduction to GEMPACK: GEMPACK Document GPD-1. Centre of Policy Studies, Monash University, Clayton, Melbourne, Australia.
- 16) Helgesen, I. (2013) Top-down and Bottom-up: Combining energy system models and macroeconomic general equilibrium models. CenSES WP 1/2013
- 17) Horridge, M. (2014) ORANI-G: A Generic Single-Country Computable General Equilibrium Model, <https://www.copsmodels.com/ftp/gpextra/oranig06doc.pdf>
- 18) Kat, B., S. Paltsev, and M. Yuan, (2018) Turkish energy sector development and the Paris Agreement goals : A VLA model assessment, *Energy Policy*, vol. 122, no. July, pp. 84–96.
- 19) Krook-Riekkola, A., C. Berg, E. O. Ahlgren, and S. Patrik, (2017) Challenges in top-down and bottom-up soft-linking : Lessons from linking a Swedish energy system model with a VLA model, *Energy*, vol. 141, pp. 803–817.
- 20) Leontief, W. (1936) Quantitative Input and Output relations in economic systems of the United States. *The Review of Economics and Statistics*, vol.18, No.3, pp.102-125.
- 21) Lundmark, R., & Shahrammehr, S. (2011). Forest biomass and Armington elasticities in Europe. *Biomass and Bioenergy*, 35(1), 415-420. doi:10.1016/j.biombioe.2010.08.050
- 22) Meng, S., M. Siriwardana, J. Mcneill, and T. Nelson, (2018) The impact of an ETS on the Australian energy sector : An integrated VLA and electricity modelling approach, *Energy Econ.*, vol. 69, pp. 213–224.

- 23) Nemeth, G., Szabo, L., Ciscar, J.C. (2011). Estimation of Armington elasticities in a VLA economy–energy–environment model for Europe. *Economic Modelling*, 28(4), 1993-1999. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2011.03.032>
- 24) Olekseyuk, Z., & Schürenberg-Frosch, H. (2016). Are Armington elasticities different across countries and sectors? A European study. *Economic Modelling*, 55, 328-342. doi:10.1016/j.econmod.2016.02.018
- 25) Peng, J., Y. Wang, X. Zhang, Y. He, and M. Taketani, (2019) Economic and welfare influences of an energy excise tax in Jiangsu province of China : A computable general equilibrium approach, *J. Clean. Prod.*, vol. 211, pp. 1403–1411.
- 26) Pearson, K.R., Parmenter, B.R., Powell, A.A., Wilcoxon, P.J., Dixon, P.B., (1992) Notes and Problems in Applied General Equilibrium Economics, Vol.32.
- 27) Roos, E.L., Adams, P.D., van Heerden, J.H., (2015) Constructing a VLA Database Using GEMPACK for an African Country, *Comput Econ* 46: 495. <https://doi.org/10.1007/s10614-014-9468-1>
- 28) Timmer, M.P., Dietzenbacher, E., Los, B., Stehrer, R., DeVries, G.J. (2015) An Illustrated User Guide to the World Input – Output Database: the Case of Global Automotive Production. *Review of International Economics*, vol. 23, issue 3, pp. 575-605.
- 29) Timmer, M., Erumban, A.A., Gouma, R., Los, B., Temurshoev, U., DeVries, G., Arto, I., Genty, V.A.A., Neuwahl, F., Rueda_Cantuche, J.M., Villanueva, A., Francois, J., Pindyuk, O., Pöschl, J., Stehrer, R., Streicher, G. (2012) The World Input-Output Database (WIOD): Contents, Sources and Methods. WIOD WP No.10/2012.
- 30) Timilsina, G., Pang, J., Yang, X. (2019) How much would China gain from power sector reforms? An analysis using TIMES and VLA models, World Bank Group Policy research WP8908
- 31) Welsch, H. (2008). Armington elasticities for energy policy modeling: Evidence from four European countries. *Energy Economics*, 30(5), 2252-2264. doi:10.1016/j.eneco.2007.07.007

PIELIKUMI

1. pielikums: Latvijas VLA nozaru saraksts

- 1) Agriculture
- 2) Forestry
- 3) Fishing
- 4) Wholesale and retail
- 5) Schools, universities, research
- 6) Medical
- 7) Culture, entertainment, sports
- 8) Other Commercial
- 9) Transport
- 10) Chemical and chemical products
- 11) Non-ferrous metals
- 12) Non-metallic minerals
- 13) Food and tobacco
- 14) Mining and quarrying
- 15) Machinery
- 16) Paper, pulp and print
- 17) Wood and wood products
- 18) Construction
- 19) Other Industrial;
- 20) Residential

2. pielikums: VLA modeļa struktūra

Izstrādātā Latvijas VLA modeļa pamatā ir ORANI -G modeļa pieņēmumi, struktūra, apzīmējumi un darbības princips. Tas ir vienas atvērtas tautsaimniecības vispārējā līdzsvara aprēķina modelis. ORANI -G (G – "Generic") ir ORANI modeļa versija, kas ir izstrādāta mācību nolūkos, kā arī kalpo kā bāze jaunu modeļu konstruēšanai.

Pilns pamatmodeļa apraksts pieejams:

<https://www.copsmodels.com/ftp/gpextra/oranig06doc.pdf>

Modeļa novērtēšanai izmanto GEMPACK programmatūru.

Vispārējā līdzsvara aprēķina modeļa darbība balstās:

- 1) Datu bāze – faktiski statistiskie dati un parametri – apkopoti vairākās matricās un vektoros.
- 2) Mainīgo savstarpējās sakarības apraksta daudzi vienlaikus aprēķināmi vienādojumi, kuros modelēti neoklasiskie optimizācijas uzdevumi (ražotāji minimizē izmaksas, patērētāji maksimizē derīgumu), papildus pieņemot pilnīgu konkurenci.
- 3) Pieprasījuma un piedāvājuma apjomus nosaka cenas.
- 4) Atvērtas ekonomikas modelis: tajā ietverts elastīgs ārējā tirgus pieprasījums un piedāvājums (tiek izdalīti sektori, kas eksportē produkciju un sektori, kas iekšzemē patērē importa preces).
- 5) tiek pieņemts, ka ražošanas faktori ir savstarpēji pilnīgi aizvietojami.

Ražošanas procesa apraksts ORANI G modelī

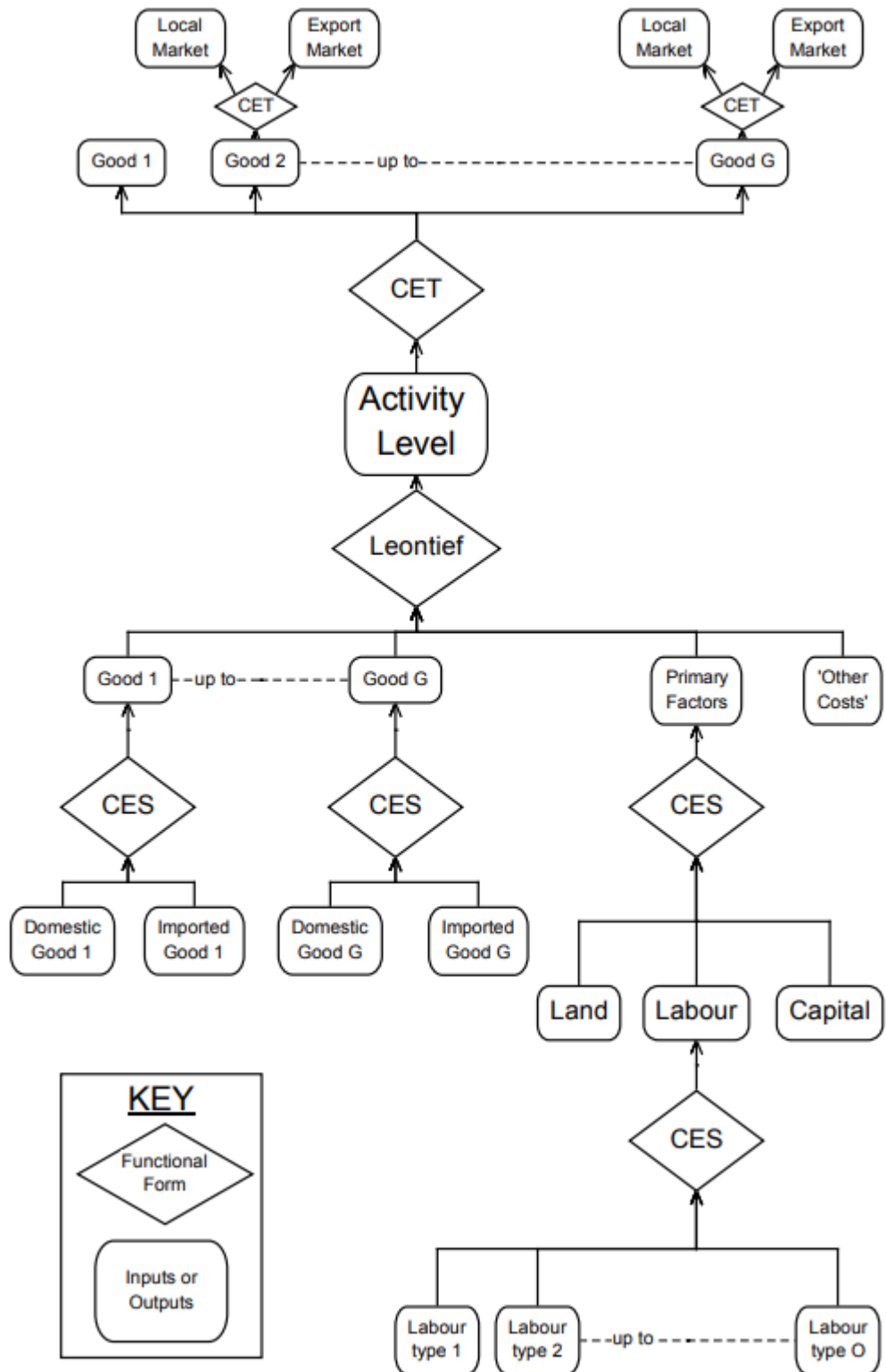
Kā redzams 1. attēlā, ORANI modelī izmaksu (izlietojuma) veidošanās pamatā ir iestarpinājumu pieeja, lai varētu ņemt vērā daudzu ievades un daudzu izlaides variantu iespēju ražošanā. Katrā nozarē (activity level) iespējams ražot vairākas preces, izmantojot vietējos vai importētos produktus, izmantojot dažāda veida darbaspēku, kā arī zemi un kapitālu. Nozarē saražoto iespējams eksportēt vai izmantot vietējā tirgū.

$G(\text{inputs}) = X1TOT = H(\text{outputs})$, kur X1TOT ir nozares indekss. (1. att. augšējā un apakšējā daļā parādītais. (CET - constant elasticity of transformation, CES – constant elasticity of substitution))

Katras preces ražošana nozarē ir saistīta ar starppatēriņa preču lietojumu (CES funkcija vietējam un importēta precēm) un primāro ražošanas faktoru lietojumu (CES funkcija primāriem ražošanas faktoriem) un citām ražošanas izmaksām, un nozaru izlaidi nosaka minētās izmaksas, pamatojoties uz tiešajiem izmaksu koeficientiem.

1. attēlā uz leju no *activity level* redzama izmaksu veidošanās nozarē, kamēr uz augšu – nozares izlaides pārdošanas shēma.

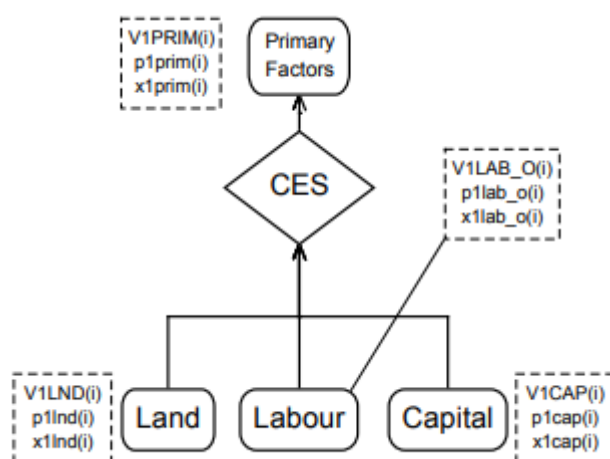
Ražošanas struktūras raksturojums



1. attēls. ORANI -G modelī iebūvētā ražošanas procesa shēma. ⁷

⁷ Horridge, M. (2013) <https://www.copsmodels.com/ftp/gpextra/oranig06doc.pdf>, p. 22

Pamatfaktoru pieprasījums

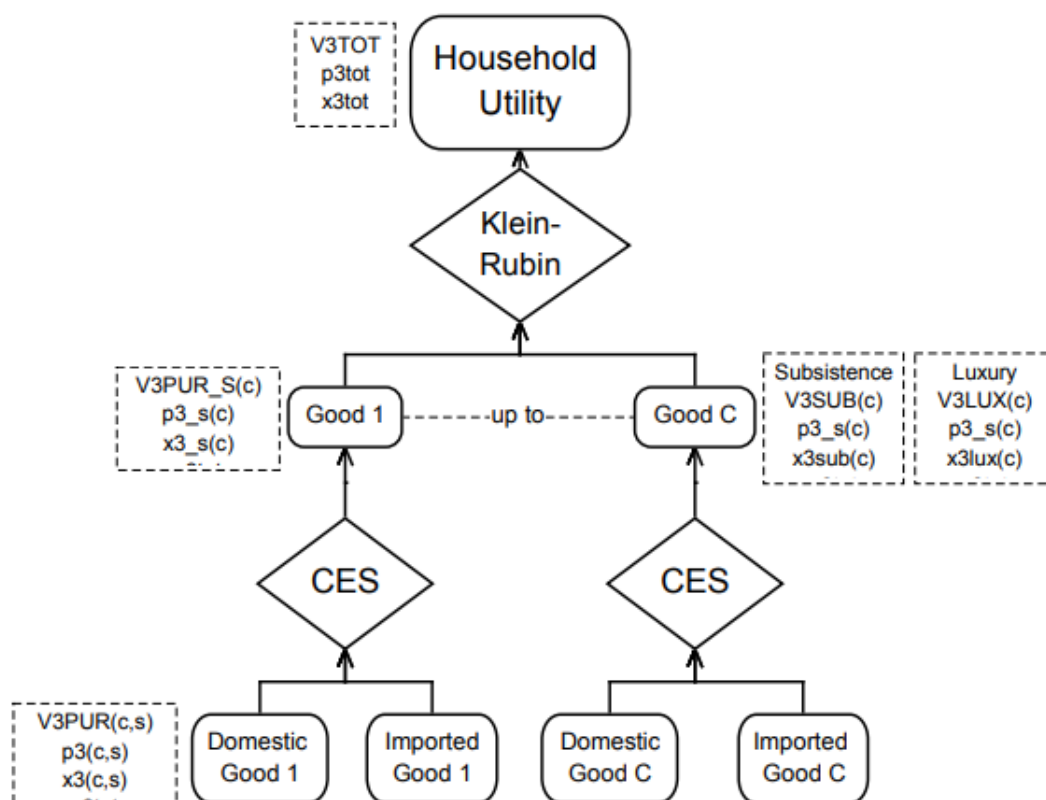


2. attēls. ORANI -G modelī iebūvētā pamatfaktoru pieprasījuma shēma.⁸

2. attēlā parādīts, kā ORANI modelī veidojas sadalījums starp pamatfaktoru lietojumu. Mūsu modelī zeme kā pamatfaktors netiek izmantota, tādēļ CES funkcijā tiek izmantota tikai darbaspēka un kapitāla aizvietojamības elastība attiecīgajā nozarē.

⁸ Horridge, M. (2013) <https://www.copsmodels.com/ftp/gpextra/oranig06doc.pdf>, p. 24

Patērētāju pieprasījuma struktūra



3. attēls. ORANI -G modelī iebūvētā patērētāju pieprasījuma shēma⁹

Mājsaimniecību patēriņš (3. attēlā) balstās uz izvēli starp daudzām precēm un izvēli par labu izcelsmes avotam - iekšzemē saražotai precei vai importētajai precei, baltoties uz CES mājsaimniecību elastību.

Atšķirībā no ražošanas funkcijām, kas aprakstīja ražošanas procesa optimizāciju, ņemot vērā cenu izmaiņu ietekmi, mājsaimniecību uzvedība vienādojumos tiek izmantota Kleina – Rubina funkcija, kas nosaka, ka budžeta daļa, kas tiek tērēta noteiktai precei, ir atkarīga ienākumu izmaiņām. Pēc Kleina – Rubina pieejas, mājsaimniecību izdevumi tiek iedalīti iztikas līdzekļos un luksus jeb papildus izdevumos. Mājsaimniecības sadala savus izdevumus dažādu preču un pakalpojumu iegādei, maksimizējot savu derīgumu.

Mājsaimniecību izdevumu elastības, kas tiek rēķinātas katrai precei, un Friša parametru vērtības, kas ir kopējo mājsaimniecības izdevumu un luksus izdevumu attiecība, nosaka, kā veidojas mājsaimniecības izdevumi. Izdevumus katrai precei nosaka tās cena un mājsaimniecības ienākumi.

⁹ Horridge, M. (2013) <https://www.copsmodels.com/ftp/gpextra/oranig06doc.pdf>, p. 29