

# Makroekonomiskā aprites modeļa izstrādāšana, izmantojot sistēmdinamikas metodi

Valerijs Skribans, *Riga Technical University*

**Kopsavilkums.** Lai novērtētu ekonomikas attīstību Latvijā, tiks izstrādāts sistēmdinamikas tipa modelis, kurš praktiski kvantitatīvi analizē makroekonomikas apriti un līdzsvaru Latvijā. Makroekonomiskā aprite tiek balstīta uz atgriezeniskām saitēm, līdz ar to tās analizē ilgstošā periodā prognozēšanā ieteicams lietot sistēmdinamikas metodi. Izstrādātais modelis varētu būt piemērots, plānojot investīcijas, bezdarba un nodarbinātības līmeni, nodokļu apjomus u.c. sfērās. Modeļa praktiskajā pielietojumā ir norādīts, kā nodokļu likmes izmaiņas ietekmēs nodokļu bāzi un iekasējuma izmaiņas.

**Atslēgas vārdi:** sistēmdinamika, nacionālā ekonomika, aprites modelis, patēriņš, uzkrājumi, investīcijas, nodokļi, nodarbinātība.

## IEVADS

Ekonomiskās situācijas attīstība Latvijā pēdējos 20 gados pārdzīvoja dažādus etapus, tostarp pēcpadomju laika pieprasījuma restrukturizēšanu un ražošanas industrijas gigantu slēgšanu; pamatā tranzīta veidotas ekonomikas attīstība; mazās rūpniecības, amatniecības un pakalpojumu attīstība pēc iestāšanās ES un to lejupslīde sakarā ar pāriešanu uz darba resursu eksportēšanu virzītu ekonomiku. 2009. gadā kļuva redzama nākošā ekonomikas attīstības stadija. Latvijai nepietika līdzekļu izdzīvošanai, tā prasīja finansēšanu no starptautiskajām institūcijām. Ekonomikā bija novērojami funkcionāli modeļi, kad valsts dzīvo uz ārējo subsīdiu rēķina. Diemžēl neviens no apskatītajiem modeļiem neder attīstītajām valstīm, tāpēc var secināt, ka Latvijas ekonomika joprojām atrodas transformācijas procesā un ir nepieciešams noteikt tās tālākas attīstības iespējamus virzienus. Tas nosaka pētījuma aktualitāti. Lai novērtētu situācijas attīstību Latvijā, tiks izstrādāts sistēmdinamikas tipa modelis, kurš praktiski kvantitatīvi izanalizēs makroekonomikas apriti un līdzsvaru Latvijā. Sistēmdinamikas metodes pielietojums makroekonomiskajā prognozēšanā, kā arī izstrādātais modelis veido raksta novitātes elementus. Raksta mērķis ir atspoguļot izstrādāto modeli. Mērķa sasniegšanai ir izvirzīti sekojoši uzdevumi:

- atspoguļot modeļa blokus;
- pamatot modeļa pieņēmumus un ekonomiskās sakarības;
- atspoguļot modeļa darbību svarīgāko tautsaimniecības rādītāju piemērā.

Rakstā atspoguļotais modelis ir izstrādāts, izmantojot sistēmdinamikas metodi. Šī metode tiek izvēlēta, ņemot vērā makroekonomisko procesu sarežģīto mijiedarbību. Tā ir vienīgā kvantitatīvā metode, kura ļauj novērtēt ne tikai daudzpusīgi cēloņu un sekū sakarības, bet arī atgriezeniskās saites. Makroekonomiskā aprite tiek balstīta uz atgriezeniskām

saitēm, līdz ar to tās analizē ilgstošā periodā prognozēšanā ieteicams lietot sistēmdinamikas metodi.

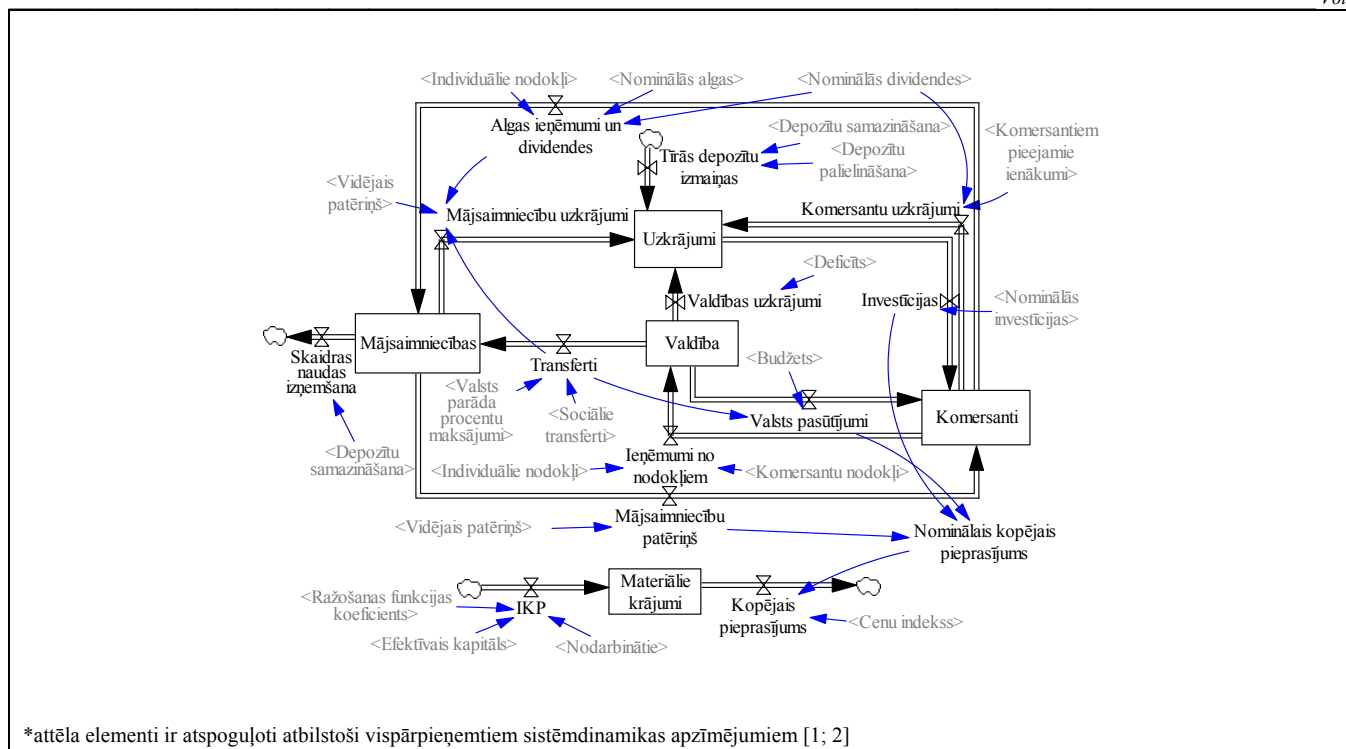
## MAKROEKONOMIKAS APRITES MODEĻA KOPĒJĀ SHĒMA

Kā bija teikts, sistēmdinamikas metodes pamatā ir izstrādāts makroekonomiskās aprites modelis, tā kopējā shēma redzama 1. attēlā. Modeļa pamatu veido mājsaimniecības un komersanti. Mājsaimniecībām pieder visi resursi. Tās piedāvā darbaspēku, dabas un citus resursus. Mājsaimniecības veido pieprasījumu un patērē patēriņa preces un pakalpojumus. Mājsaimniecības varētu ne visus savus līdzekļus iztērēt patēriņam, bet daļu no tiem uzkrāt. Tāpat mājsaimniecības varētu patēriņam iztērēt vairāk nekā ir saņemts no komersantiem, starpību sedzot ar kredīta palīdzību. Komersantu uzkrājumi un uzkrājumu patēriņš ir atspoguļoti divās plūsmās, t.i., komersantu uzkrājumi un investīcijas. Atbilstoši ekonomikas teorijai kopējām investīcijām jāatbilst kopējiem uzkrājumiem. Piedāvātais modelis realizē šo principu. Tāpat ir iespējams pievienot ārējās vides bloku, ar kura palīdzību ir iespējams palielināt gan investīciju apjomu tautsaimniecībā, gan mājsaimniecību patēriņu.

Valdības uzkrājumi arī ietekmē kopējos uzkrājumus. Savus uzdevumus valdība realizē, iekasējot nodokļus, no nodokļu summām izmaksājot iedzīvotājiem transferti vai pasūtot komersantiem dažādas preces un pakalpojumus. Visideālākajā gadījumā iekasēto nodokļu apjomam un transfertu, valsts pasūtījumu summām jāsakrīt, tādā gadījumā valdībai nav aizņēmumu un uzkrājumu. Ja valdības izdevumi pārsniedz ieņēmumus, valdībai jāaizņemas nauda, citādi valdība veic uzkrājumus.

Atšķirībā no tradicionālā aprites modeļa 1. attēls ir papildināts ar krātuvi - materiālie krājumi; mājsaimniecības krātuve papildināta ar plūsmu - skaidras naudas izņemšana. Plūsma - skaidras naudas izņemšana no mājsaimniecības - ir ieviesta, lai atspoguļotu, cik mājsaimniecības izņem naudu no ekonomiskās aprites. Tā papildina mājsaimniecības uzkrājumu plūsmu. Vienīgi, ja plūsmu mājsaimniecības uzkrājumi veido kopējie uzkrājumi, kuri tālāk varētu būt izmantojami investīcijām vai citiem mērķiem, tad skaidras naudas izņemšana veido mājsaimniecības uzkrājumus, kuri nepiedalās aprītē, bet šī nauda varētu būt izmantota, ja mājsaimniecībām būtu finansiālas grūtības. Materiālo krājumu krātuve atspoguļo materiālo krājumu apjomu sistēmā, parāda iekšzemes kopproduktu (IKP) no ražošanas un izlietojuma puses.

Modelī ir apskatīta slēgta ekonomiskā sistēma, ārējā vide jeb starptautiskā tirdzniecība netiks apskatīta. Tas ir viens no šī raksta ierobežojumiem.



1. att. Makroekonomikas sistēmdinamikas modeļa kopējā shēma. Avots – izstrādāja autors.

Makroekonomiskās aprites modelis arī nav plaši apskatīts, jo tā apraksts ir pieejams makroekonomikas teorijas grāmatās [3; 4; 5]. Tāpat šī modeļa daļa jau bija publicēta [6; 7]. Rakstā galvenā uzmanība pievērsta aprites modeļa skaidrošajiem apakšblokiem, kuri ir atspoguļoti tālāk.

#### INVESTĪCIJU MODELIS

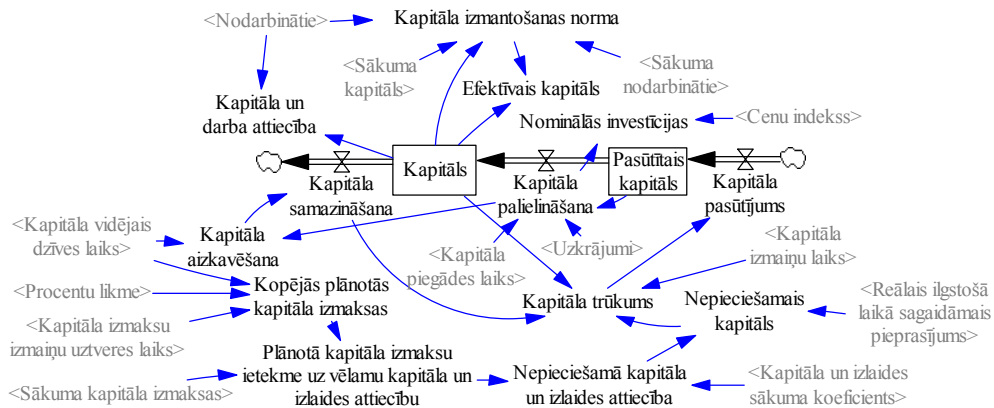
Investīciju apakšmodeļa veidošanā viena no svarīgākajām lomām ir investīciju jēdziena saprašana. Ražošanas procesam ir nepieciešams kapitāls. Viens no investīciju definējumiem varētu skanēt sekojoši: investīcijas ir ražošanas kapitāla palielināšana ekonomiskās sistēmā. Atbilstoši, lai novērtētu ražošanas kapitāla palielināšanu, ir nepieciešams vispusīgi izanalizēt kapitāla kustību (palielināšanu un samazināšanu) ietekmējošos faktoros. Pirmkārt, pieņemsim, ka ir zināms ilgstošā laikā sagaidāmais pieprasījums. Katra ekonomiskā sistēma varētu būt raksturojama ar Leontjeva ražošanas funkcijas koeficientiem, kuri nosaka ražošanas resursa un izlaides attiecības. Ja apskatām kapitāla un izlaides attiecību, tā kopā ar ilgstošā laikā sagaidāmo pieprasījumu ļauj novērtēt, kāds kapitāls ir nepieciešams, lai apmierinātu pieprasījumu. Tālāk, zinot nepieciešamo un faktisko kapitālu, ir iespējams noteikt trūkstošo kapitālu. Šeit ir svarīgi atkāpties no pamatidejas skaidrošanas un atgādināt, ka ir nepieciešams analizēt ne tikai nepieciešamo un faktisko kapitālu, bet arī to kapitālu, kurš pamet sistēmu, to var saukt par kapitāla samazināšanu. Kapitāla samazināšana ir saistīta ar kapitāla ierobežoto dzīves laiku. Investējot līdzekļus, katrs investors plāno atgūt līdzekļus atpakaļ. Tādējādi valstī ir iespējams izrēķināt vidējo investēšanas laiku jeb kapitāla vidējo dzīves laiku. Investētais kapitāls pamet sistēmu pēc tā vidējā dzīves laika. Tādējādi šai pašai summai ir nepieciešams piesaistīt kapitālu, lai nodrošinātu prasāmo izlaides līmeni. Kopā ar

nepieciešamo un faktisko kapitālu, kapitāla samazināšana nosaka kapitāla trūkumu. Kapitāla samazināšanas ievērošana tālāk arī ļaus aprēķināt tīrās kapitāla izmaiņas. Zinot kapitāla trūkumu, ir iespējams piesaistīt kapitālu. Reāli kapitāla piesaiste nenotiek momentāni, bet pēc kādā laika perioda. Kā arī kapitāla piesaiste ir iespējama tikai gadījumā, ja sistēmā ir uzkrājumi. Aprakstītās sakarības grafiskā veidā ir atspoguļotas 2. attēlā.

Atbilstoši 2. attēlam tiek veidotas sistēmdinamikas rādītāju sakarības.

Ir nepieciešamas paskaidrot ar 2. attēlu saistītos vienādojumus. Ir redzams, ka kapitāla palielināšanai ir pielietots izteiciens  $\text{Max}(0, (\text{Min}(\mathbf{a}, \mathbf{b})))$ . Tas nodrošina, pirmkārt, lai kapitāla palielināšana būtu pozitīva (maksimāla, salīdzinot ar nulli) un, otrkārt, lai kapitāla palielināšanai būtu izvēlēts mazākais no uzkrājumiem ( $\mathbf{a}$ ) un no sagatavotā piegādei pasūtītā kapitāla ( $\mathbf{b}$ ). Teorētiski iedzīvotāju skaita samazināšanās gadījumā pieprasījums varētu mazināties. Tādos apstākļos pielietotam kapitālam arī jāsamazinās. Bet tā samazināšana notiks pakāpeniski, ievērojot kapitāla vidējo dzīves laiku.

Atsevišķi apakšmodeļa rādītāji, tādi kā Kapitāla vidējais dzīves laiks, Kapitāla piegādes laiks, konkrētai valstij varētu būt pieņemti kā nemainīgi. Visi pārējie vienādojumi ir vienkārši un neprasa izskaidrošanu. Nepieciešams izskaidrot par investīciju apakšbloka saistību ar pamatmodeļu un pārējiem modeļa blokiem. No pamatsēmas, analizējot 1. attēlu, var secināt, ka investīcijas ir iespējamas tikai gadījumā, ja sistēmā ir uzkrājumi; atbilstoši 2. attēlā ir redzami mainīgie Uzkrājumi no pamatmodeļa. Tāpat Cenu indekss jau bija redzams pamatmodeļī. Mainīgais Reālais ilgstošā laikā sagaidāmais pieprasījums ir no sagaidāmā pieprasījuma apakšbloka un tiks apskatīts vēlāk.



Investīciju modela kods:

Kapitāls = INTEG (Kapitāla palielināšana - Kapitāla samazināšana, Sākuma līmenis)

Kapitāla samazināšana = Kapitāla aizkavēšana

Kapitāla palielināšana = MAX (0, MIN (Uzkrājumi, Pasūtītais kapitāls / Kapitāla piegādes laiks))

Pasūtītais kapitāls = INTEG (Kapitāla pasūtījums - Kapitāla palielināšana, Sākuma līmenis)

Kapitāla pasūtījums = Kapitāla trūkums

Kapitāla aizkavēšana = DELAY FIXED (Kapitāla palielināšana, Kapitāla vidējais dzīves laiks, Kapitāls/Kapitāla vidējais dzīves laiks)

Kapitāla trūkums = Nepieciešamais kapitāls + Kapitāla samazināšana - Kapitāls

Nepieciešamais kapitāls = Reālais ilgstošā laikā sagaidāmais pieprasījums \* Nepieciešamā kapitāla un izlaides attiecība

Nominālās investīcijas = Kapitāla palielināšana \* (Cenu indekss / 100)

Kopējās plānotās kapitāla izmaksas = SMOOTH (Procentu likme, Kapitāla izmaksu izmaiņu uztveres laiks) / 100 + 1 / Kapitāla vidējais dzīves laiks

Plānotā kapitāla izmaksu ietekme uz vēlamu kapitāla un izlaides attiecību = Kopējās plānotās kapitāla izmaksas / Sākuma kapitāla izmaksas

Nepieciešamā kapitāla un izlaides attiecība = Plānotā kapitāla izmaksu ietekme uz vēlamu kapitāla un izlaides attiecību \* Kapitāla un izlaides sākuma koeficients

Kapitāla un darba attiecība = Kapitāls / Nodarbinātie

Kapitāla izmantošanas norma = (Sākuma kapitāls / Sākuma nodarbinātie) \* (Nodarbinātie / Kapitāls)

Efektīvais kapitāls = Kapitāls \* Kapitāla izmantošanas norma

Kur:

INTEG (a, b) – integrālis no a, bet sākumpunktā, kad nav iespējams izrēķināt integrāli, funkcija pieņem b lielumu;

MIN (a, b) – izvēles operators, izvēlas minimālo rādītāju no a un b;

MAX (a, b) – izvēles operators, izvēlas maksimālo rādītāju no a un b;

DELAY FIXED (a, t, b) – laika aizkavēšanas operators, rādītāja a (lielums) tiek aizkavēts uz laiku t, aizkavēšanās laikā tiek izmatots rādītājs b;

SMOOTH (a, t) – izlīdzināšanas operators, rādītāja a (lielums) tiek izlīdzināts t laikā.

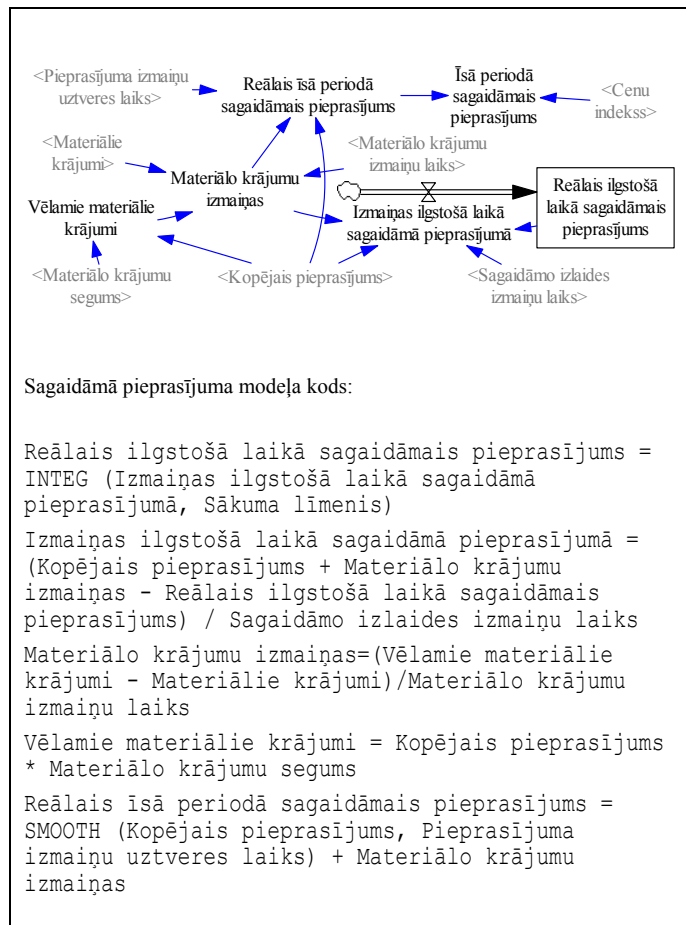
2. att. Investīciju modelis. Avots – izstrādāja autors. \*vienādojumi ir atspoguļoti atbilstoši vispārpieņemtiem sistēmdinamikas apzīmējumiem [8; 9]

### SAGAIĀMĀ PIEPRASĪJUMA MODELIS

Sagaidāmā pieprasījuma noteikšana balstās uz kopēja pieprasījuma, materiālu krājumu un to izmaiņu laikā novērtēšanu. Šis modelis ir atspoguļots 3. attēlā.

Atbilstoši 3. att. tiek veidotas sistēmdinamikas rādītāju sakarības. Par sagaidāmā pieprasījuma modeļa izejas punktiem kalpo Kopējais pieprasījums un Materiālie krājumi, kuri iepriekš jau apskatīti pamatmodelī. Izmaiņu laiki, kā arī Materiālu krājumu segums ir nemainīgi koeficienti, kurus ir iespējams aprēķināt katrai valstij atsevišķi.

Koeficients Materiālu krājumu segums parāda, kādai jābūt materiālo krājumu un kopējā pieprasījuma attiecībai. Šis koeficients varētu nemainīties ilgstošā laikā, tāpēc īslaicīgai un vidēja termiņa prognozēšanai tas ņemts par nemainīgo.



3. att. Sagaidāmā pieprasījuma modelis. Avots – izstrādāja autors.

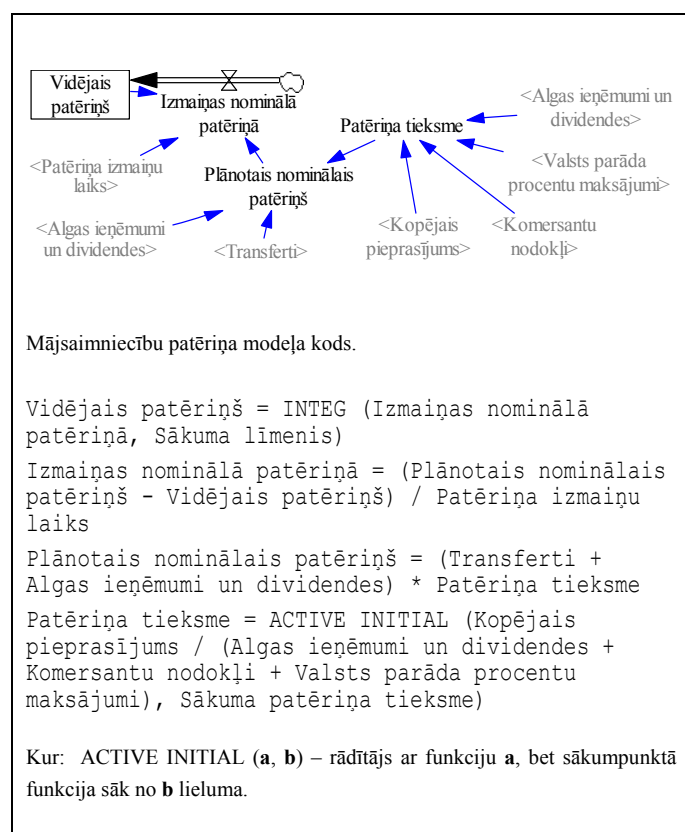
Gadījumā, ja mainās kopējais pieprasījums, tad atbilstoši šim koeficientam ir iespējams izrēķināt vēlamos materiālos krājumus. No vēlamajiem materiāliem krājumiem, ievērojot faktiskos krājumus un to iespējamo izmaiņu laiku, var izrēķināt materiālo krājumu izmaiņas. Materiālo krājumu izmaiņas, kopējais pieprasījums un izlaides izmaiņu laiks kopumā nosaka izmaiņas sagaidāmā pieprasījumā. Ievērojot izmaiņas sagaidāmā pieprasījumā un iepriekšējā periodā noteikto pieprasījumu, var noteikt sagaidāmo pieprasījumu.

#### MĀJSAIMNIECĪBU PATĒRIŅA MODELIS

Mājsaimniecību patēriņa modelis nosaka mājsaimniecības patēriņa apjomu, tā izmaiņas un apraksta patēriņa tieksmes koeficientu. Mājsaimniecību patēriņa modelis ir redzams 4. att. Atbilstoši 4. att. tiek veidotas sistēmdinamikas rādītāju sakarības.

4. att. un to vienādojumu aprakstu sāksim no vidējā patēriņa analīzes. Vidējais patēriņš, kas ir tas pats, kas Mājsaimniecību patēriņš no kopējā modeļa, ir integrālis no tā iepriekšējā līmeņa un izmaiņām. Izmaiņas vidējā patēriņā ir apzīmētas kā

Izmaiņas nominālā patēriņā, un tās ietekmē Plānotais nominālais patēriņš, Vidējais patēriņš un Patēriņa izmaiņu laiks. Izmaiņas rēķinātas kā starpība starp vidējo patēriņu (faktu) un plānoto patēriņu, ievērojot, ka izmaiņas nevarētu realizēt nekavējoties, bet tās notiek pakāpeniski, ievērojot izmaiņu laiku. Izmaiņu laiks varētu būt paņemts kā nemainīgs, bet Plānoto nominālo patēriņu ir nepieciešams aprēķināt. Mājsaimniecību plānotais patēriņš ir saistīts ar mājsaimniecību ieņēmumiem un to daļu, ko mājsaimniecības plānos iztērēt. Mājsaimniecību patēriņa plānu nosaka patēriņa tieksme, bet ieņēmumus veido algas ieņēmumi, dividendes un transferti, kuri ir apskatīti kopējā modelī.



4. att. Mājsaimniecību patēriņa modelis. Avots – izstrādāja autors.

Patēriņa tieksmi var ņemt kā nemainīgo rādītāju, jo īslaicīgos periodos tā ir nemanīga. Ilgstošā periodā kopā ar būtisko ienākumu vai uzkrājumu pieaugumu, patēriņa tieksme varētu mainīties. Atbilstoši var ieviest patēriņa tieksmes izmaiņu algoritmu. Ekonomiskā teorijā visbiežāk minēts, ka patēriņa tieksme nosaka nevis patēriņa izmaiņas, bet uzkrājumu izmaiņas. Ir zināms, ka patēriņš kopā ar uzkrājumiem veidojas no kopējiem ienākumiem. Atbilstoši patēriņa tieksmi varētu aprēķināt no kopējiem ieņēmumiem un no kopējā veidotā pieprasījuma, kas ir izdarīts 4. attēlā un tā vienādojumos.

#### VALSTS FINANŠU MODELIS

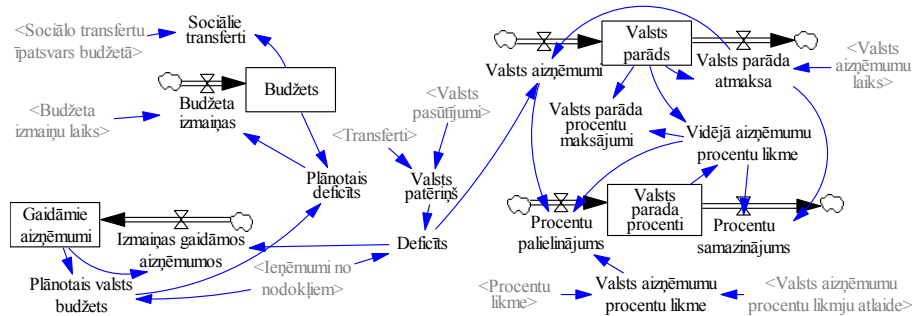
Valsts finanšu modeli veido četri elementi: valsts budžets, valsts parāds, gaidāmie aizņēmumi un valsts parāda procenti. Valsts finanšu modelis ir atspoguļots 5. attēlā.

Atbilstoši 5. att. tiek veidotas sistēmdinamikas rādītāju sakarības.

Gaidāmie valsts aizņēmumi tiek rēķināti, lai noteiktu plānoto valsts budžetu. Izejot no faktiskā un plānotā valsts budžeta, var izrēķināt plānoto deficītu. Valsts aizņēmumu apjomu nosaka deficīta apjoms. Gadījumā, ja palielinās deficīts, tad tas palielina sagaidāmos aizņēmumus. No sagaidāmajiem aizņēmumiem un nodokļu ieņēmumiem (rādītājs paņemts no kopējā modeļa) var aprēķināt plānotā valsts budžeta apjomu. Plānotais valsts budžeta deficīts, t.i., plānotā un faktiskā budžeta starpība. Bet faktiskais deficīts rēķināts kā valsts patēriņa un nodokļu ieņēmumu starpība.

Valsts patēriņš ir valsts pasūtījumu un transfertu kopsumma. Rādītājs Deficīts arī varētu atspoguļot proficitu, ja nodokļu ieņēmumi pārsniedz valsts patēriņu.

Nākošais modeļa elements ir valsts parāds. Valsts parāds aug ar valsts aizņēmumiem un samazinās, kad beidzas aizņēmumu laiks. Ievērojot, ka visbiežāk valsts parādu neatmaksā, bet restruktūrizē, ir norādīts, ka valsts aizņēmumi veidojas no deficīta un valsts parāda atmaksas kopsummas. Reāli valsts parāds samazinās tikai, kad rādītājs Deficīts atspoguļo proficitu. Valsts parāda summu izmanto, lai noteiktu valsts parāda procentu likmi un maksājumu apjomus.



Valsts finanšu modeļa kods:

```

Budžets = INTEG (Budžeta izmaiņas, Sākuma līmenis)
Budžeta izmaiņas = Plānotais deficīts / Budžeta izmaiņu laiks
Sociālie transferti = Budžets * Sociālo transfertu īpatsvars budžetā / 100
Gaidāmie aizņēmumi = INTEG (Izmaiņas gaidāmos aizņēmumos, Sākuma līmenis)
Izmaiņas gaidāmos aizņēmumos = Deficīts - Gaidāmie aizņēmumi
Plānotais valsts budžets = Ieņēmumi no nodokļiem + Gaidāmie aizņēmumi
Valsts parāds = INTEG (Valsts aizņēmumi - Valsts parāda atmaksa, Sākuma līmenis)
Valsts aizņēmumi = Deficīts + Valsts parāda atmaksa
Valsts parāda atmaksa = Valsts parāds / Valsts aizņēmumu laiks
Valsts parāda procentu maksājumi = Valsts parāds * Vidējā aizņēmumu procentu likme / 100
Vidējā aizņēmumu procentu likme = IF THEN ELSE (Valsts parāds > 0, 100 * Valsts parāda procenti / Valsts parāds, 0)
Valsts parāda procenti = INTEG (Procentu palielinājums - Procentu samazinājums, Sākuma līmenis)
Procentu palielinājums = IF THEN ELSE (Valsts aizņēmumi > 0, Valsts aizņēmumi * Valsts aizņēmumu procentu likme / 100, Valsts aizņēmumi * Vidējā aizņēmumu procentu likme / 100)
Procentu samazinājums = Valsts parāda atmaksa * Vidējā aizņēmumu procentu likme / 100
Valsts aizņēmumu procentu likme = Procentu likme * Valsts aizņēmumu procentu likmju atlaide
Deficīts = Valsts patēriņš - Ieņēmumi no nodokļiem
Plānotais deficīts = Plānotais valsts budžets - Budžets
Valsts patēriņš = Valsts pasūtījumi + Transferti
    
```

Kur: IF THEN ELSE(a, b, c) - loģiskas izvēles operators; gadījumā, ja izpildās nosacījums a, tad izvēlas b, citādi c.

5. att. Valsts finanšu modelis. Avots – izstrādāja autors.

Valsts parāda procentu summa aug vai samazinās atbilstoši valsts parāda pieaugumam un/vai samazinājumam. Modeļa skaidrošanu nedaudz apgrūtinā daudzu procentu likmju

pielietošana valsts parāda apkalpošanai. Piesaistot līdzekļu, Parasti valstij ir pieejami izdevīgāki nosacījumi nekā tirgū, to norāda rādītāji - Procentu likme (kas ir tirgus procentu likmes



Nodarbināto skaita izmaiņas ietekmē tūrā darbinieku pieņemšana. Nodarbināto skaita palielināšana ir iespējama tikai gadījumā, ja ir bezdarbs vai darbaspēka apjoms ir lielāks nekā nodarbināto skaits. Nodarbināto skaita palielināšana notiek, ievērojot nodarbināto skaitu un vēlamo darbaspēku. Šī palielināšanās notiek nevis vienā momentā, bet izlīdzinātā laikā, ievērojot darbinieku pieņemšanas izmaiņu laiku. No nodarbināto skaita un darbaspēka ir iespējams aprēķināt bezdarba līmeni.

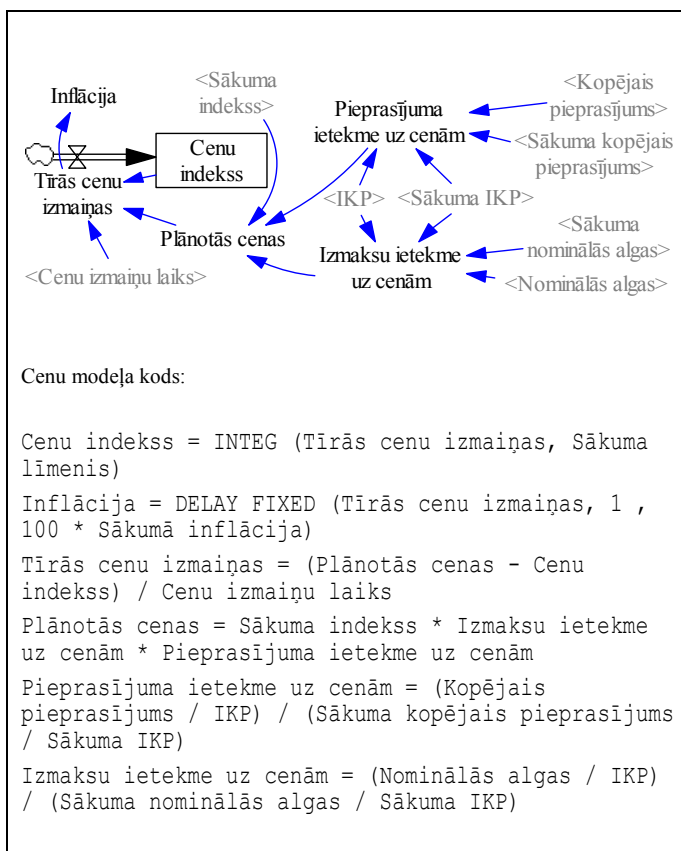
Ir zināms, ka bezdarba līmeņa izmaiņas ietekmē darba algas. Bezdarba līmenis kopā ar koeficientu - Reakcija uz bezdarba līmeni – nosaka, kāda būs bezdarba līmeņa ietekme uz algām. Nominālās algas tika aprēķinātas, izejot no darbaspēka ieguldījuma IKP veidošanā, ko nosaka IKP un darbaspēka īpatsvara koeficienta reizinājums. Tālāk nominālās algas tiek precizētas, ievērojot bezdarba līmeņa un cenu indeksa pieauguma ietekmi uz algām. Šī iedarbība ir izlīdzināta laikā, ievērojot katra faktora individuālo ietekmi. Zinot nominālās algas un nodarbināto skaitu, var izrēķināt vidējās algas apmēru. Vidējā alga kopā ar darbaspēka izmantošanas (īpatsvara) koeficientu ļauj noteikt, cik liels darbaspēks ir nepieciešams, lai apmierinātu gaidāmo pieprasījumu, t.i., noteikt vēlamo darbaspēku. Kā bija teikts iepriekš, atbilstoši tam tiek palielināts nodarbināto skaits.

#### CENU MODELIS

Cenu modelis atspoguļo cenu pieaugumu ekonomiskajā sistēmā, norāda inflācijas līmeni un to ietekmējošos faktorus. Cenu modelis ir atspoguļots 8. attēlā. Atbilstoši 8. att. tiek veidotas sistēmdinamikas rādītāju sakarības.

Pēc savas būtības inflācija un cenu indeksa pieaugums ir viens un tas pats rādītājs, ja analizējam viena gada noteicošos procesus. Bet praktiski inflācijas rādītāju izmanto tikai, lai atspoguļotu gada laikā notikušo cenu pieaugumu, bet cenu indekss var novērtēt cenu pieaugumu dažādu gadu laikā. Abu šo rādītāju izmantošana ir svarīga modelī, lai risinātu dažādus uzdevumus, piemēram, cenu indekss ir vajadzīgs, lai novērtētu reālo vai nominālo IKP, bet inflācijas tekošais līmenis ir svarīgs, nosakot procentu likmes ekonomiskajā sistēmā. 8. attēlā ir redzams, ka cenu indekss un ar to saistītā inflācija ir atkarīgi no plānotajām cenām un cenu izmaiņu laika. Cenu izmaiņu laiks, t.i., fiksēts koeficients, kurš nosaka, cik ātri varētu mainīties cenas. Plānotās cenas atspoguļo cenu ietekmējošo faktoru kopējais rezultāts. Ekonomikas teorijā ir pieņemts, ka inflāciju, cenu pieaugumu nosaka ražošanas izmaksu pieaugums vai pieprasījuma paplašināšana. Modelī analizēta pieprasījuma un izmaksu ietekme uz cenām. Atbilstoši ekonomikas teorijai pieprasījuma inflācija veidojas, kad iedzīvotāju un komersantu ieņēmumi aug ātrāk nekā aug saražoto preču un pakalpojumu kopējais. Tādējādi pieprasījuma inflācijas novērtēšanai vienā vienādojumā ir salīdzināts kopējais pieprasījums, sākuma kopējais pieprasījums (kā ieņēmumu mēri) un sākuma IKP, IKP (kā saražoto preču mēri). Izmaksu inflācijas novērtēšanai tiek izmantotas sākuma nominālās algas, nominālās algas (kā

galvenais resursu izdevumu pieauguma avots), sākuma IKP un IKP.



8. att. Cenu modelis. Avots – izstrādāja autors.

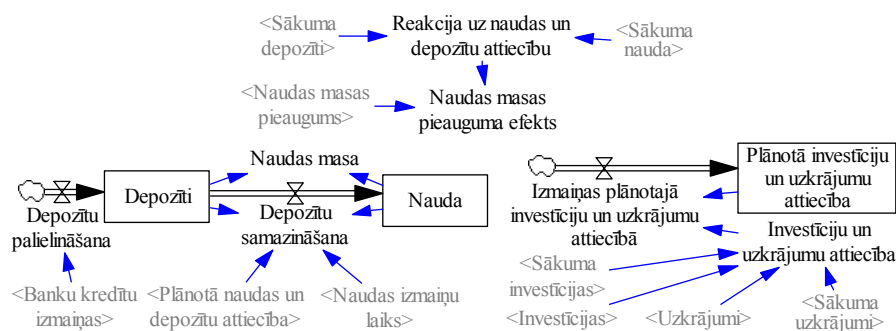
#### BANKU SEKTORA MODELIS

Banku sektora modelis ir sadalīts divās daļās. Pirmajā tiek apskatīta naudas masa, to veidojošā nauda, depozīti, uzkrājumu un investīciju attiecība. Otrajā daļā tiek analizētas procentu likmes un banku veidotās rezerves. 9. attēlā ir atspoguļota pirmā banku sektora modeļa daļa. Atbilstoši 9. att. tiek veidotas sistēmdinamikas rādītāju sakarības.

Svarīgāko vietu banku sektorā aizņem naudas un depozītu apjoms, tie ir savstarpēji saistīti. 9. attēlā redzams, ka depozītu samazināšana izraisa naudas pieaugumu. Ievērojot sistēmdinamikas specifiku, šis pats rādītājs, kurš nosaka depozītu pāriešanu līdz naudai atspoguļo arī naudas kustību līdz depozītiem. Jāsaprot, ka Depozītu samazināšana ir divvirzienu plūsma. Depozītu samazināšanu nosaka plānotā naudas un depozītu attiecība, faktiskie naudas un depozītu apjomi un naudas izmaiņu laiks. Depozītu palielināšanu nosaka banku kredītu izmaiņas, kuras kopā ar plānoto naudas un depozītu attiecību ir apskatītas banku sektora otrajā daļā.

Depozītu un naudas summa veido naudas masu. Gadījumā, ja Centrālā banka pieņem lēmumu palielināt naudas masu, tad tas izraisīs naudas masas pieauguma efektu, kurš ir tieši proporcionāls reakcijai uz naudas un depozītu attiecību, kura aprēķināta, izejot no naudas un depozītu sākuma attiecības. Vēlāk šie rādītāji tiks izmantoti banku sektorā otrajā daļā. 9.

attēlā ir redzams, ka banku sektorā ir noteikta arī plānotā investīciju un uzkrājumu attiecība. Tās līmenis mainās, izejot no sākotnējiem un faktiskiem investīciju un uzkrājumu apjomiem.



Naudas un depozītu modeļa kods.

Depozīti = INTEG (Depozītu palielināšana - Depozītu samazināšana, Sākuma līmenis)

Nauda = INTEG (Depozītu samazināšana, Sākuma līmenis)

Depozītu samazināšana = (Depozīti \* Plānotā naudas un depozītu attiecība - Nauda) / Naudas izmaiņu laiks

Depozītu palielināšana = Banku kredītu izmaiņas

Naudas masa = Nauda + Depozīti

Naudas masas pieauguma efekts = Naudas masas pieaugums \* Reakcija uz naudas un depozītu attiecību

Reakcija uz naudas un depozītu attiecību = Sākuma nauda / Sākuma depozīti

Plānotā investīciju un uzkrājumu attiecība = INTEG (Izmaiņas plānotajā investīciju un uzkrājumu attiecībā, Sākuma līmenis)

Izmaiņas plānotajā investīciju un uzkrājumu attiecībā = Investīciju un uzkrājumu attiecība - Plānotā investīciju un uzkrājumu attiecība

Investīciju un uzkrājumu attiecība = (Investīcijas / Sākuma investīcijas) / (Uzkrājumi / Sākuma uzkrājumi)

9. att. Naudas un depozītu modelis. Avots – izstrādāja autors.

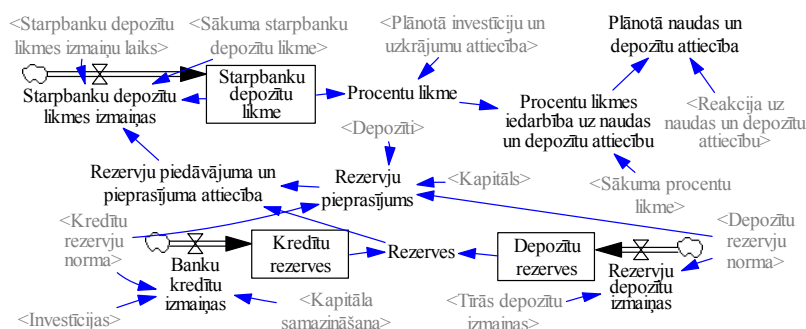
Tālāk, 10. attēlā, ir atspoguļota banku sektora modeļa otrā daļa. Atbilstoši 10. att. tiek veidotas sistēmdinamikas rādītāju sakarības.

Otrā banku sektora modeļa daļa nosaka procentu likmes un rezervju apjomus. Svarīgākā no procentu likmēm ir starpbanku depozītu likme. Starpbanku depozītu likmes izmaiņas notiek, ievērojot sākuma līmeni, novērtē izejot no faktiskās rezerves piedāvājuma un pieprasījuma attiecības un izlīdzina to laikā. Tas nozīmē, ka izmaiņas starpbanku depozītu likmē ir saistītas ar izmaiņām rezervēs vai rezerves pieprasījumā. Tā kopējo reakciju atspoguļo rezerves piedāvājuma un pieprasījuma attiecība, kurā faktiskās rezerves ir sadalītas ar faktisko rezervju pieprasījumu.

Sabiedrībai pieejamās procentu likmes (modelī vienkāršoti - procentu likme) noteicošie faktori ir starpbanku depozītu likme un plānotā investīciju un uzkrājumu attiecība. Plānotā investīciju un uzkrājumu attiecība atspoguļo naudas pieprasījumu un piedāvājumu tirgū, bet starpbanku depozītu likme koriģē tās, ievērojot banku rezerves veidošanas nepieciešamību. Modelī pieņemts, ka procentu likmes

izmaiņas tiešā veidā ietekmē naudas un depozītu attiecību, t.i., depozītu palielināšanu. Lai to aprēķinātu, ir ieviests starprādītājs - procentu likmes iedarbība uz naudas un depozītu attiecību, kurā sākuma procentu likme salīdzināta ar faktisko.

Banku sektoru būtiski ietekmē Centrālās bankas prasības, veidot rezerves atbilstoši piesaistītajiem depozītiem un izsniegtajiem kredītiem. 10. attēlā ir redzami rezervju aprēķināšanas apakšmodeļi, tie ir līdzīgi depozītiem un kredītiem, bet atšķiras ar rezervju normām un rezervju aprēķināšanas bāzēm. Rezerves ir tieši proporcionālas rezervju normām un to veidojošām bāzēm. Rezervju normas ir nemainīgie koeficienti, bet rezervju bāze kredītu rezervei ir izdotie kredītu apjomi, bet depozītu rezervei – piesaistīto depozītu apjomi. Depozītu izmaiņu aprēķināšana ir apskatīta saistītos apakšmodeļos, bet izsniegto kredītu apjoms iepriekš nebija novērtēts. Tīrais izsniegto kredītu apjoms aprēķināts kā investīciju un to atmaksas apjomu starpība. Kā iepriekš bija teikts, investīciju atmaksas rādītājs modelī apzīmēts kā kapitāla samazināšana.



Procentu likmes un rezervju veidošanas modeļa kods.

Starpbanku depozītu likme = INTEG (Starpbanku depozītu likmes izmaiņas, Sākuma līmenis)  
 Starpbanku depozītu likmes izmaiņas = (Sākuma starpbanku depozītu likme / Rezervju piedāvājuma un pieprasījuma attiecība - Starpbanku depozītu likme) / Starpbanku depozītu likmes izmaiņu laiks  
 Rezervju piedāvājuma un pieprasījuma attiecība = Rezerves / Rezervju pieprasījums  
 Procentu likme = ACTIVE INITIAL (Plānotā investīciju un uzkrājumu attiecība + Starpbanku depozītu likme, Sākuma līmenis)  
 Procentu likmes iedarbība uz naudas un depozītu attiecību = Procentu likme / Sākuma procentu likme  
 Plānotā naudas un depozītu attiecība = Reakcija uz naudas un depozītu attiecību \* Procentu likmes iedarbība uz naudas un depozītu attiecību  
 Rezerves = ACTIVE INITIAL (Depozītu rezerves + Kredītu rezerves, Sākuma līmenis)  
 Kredītu rezerves = INTEG (Banku kredītu izmaiņas, Sākuma līmenis)  
 Banku kredītu izmaiņas = (Investīcijas - Kapitāla samazināšana) \* Kredītu rezervju norma  
 Depozītu rezerves = INTEG (Rezervju depozītu izmaiņas, Sākuma līmenis)  
 Rezervju depozītu izmaiņas = Tirās depozītu izmaiņas \* Depozītu rezervju norma  
 Rezervju pieprasījums = Depozīti \* Depozītu rezervju norma + Kapitāls \* Kredītu rezervju norma

10. att. Procentu likmes un rezervju veidošanas modelis. Avots – izstrādāja autors.

1. TABULA

LATVIJAS VALSTS BUDŽETA NODOKĻU IEŅĒMUMU PROGNOŽU IZPILDES ANALĪZE 2009. GADAM

	tūkst. Ls			Novirze no fakta	
	Modeļa prognoze	2009. g. budžeta plāna dati (uz 31.12.2008.)	2009. g. budžeta izpilde (fakts)	Modeļa prognoze	2009. g. budžeta plāna dati
PVN	907	1243	811	+12%	+53%
Akcīzes nodokļi	578	633	510	+13%	+24%
Iedzīvotāju ienākuma nodokļi	125	136	125	0%	+9%
Uzņēmuma ienākuma nodokļi	124	242	196	-37%	+23%
Sociālās apdrošināšanas iemaksas	1318	1148	1160	+14%	-1%
<b>Kopā</b>	<b>3052</b>	<b>3402</b>	<b>2802</b>	<b>+9%</b>	<b>+21%</b>

MODEĻA PRAKTISKĀ LIETOŠANA. SECINĀJUMI

Neskatoties uz pieejas revolucionāro novitāti, modeli ir iespējams pielietot praktiski, piemēram, prognozējot valsts budžetu. Pirmā modeļa versija bija izstrādāta 2009. gada sākumā [10], kad Latvijā bija izmainīta nodokļu sistēma un nebija zināms ne krīzes dziļums, ne nodokļu politikas ietekme

uz to. Tās prognozes, kopā ar prognozi, pamatotu ar tradicionālajām pieejām [11], un faktisko budžeta izpildi [12], ir atspoguļoti 1.tabulā. Jāatzīmē, ka, lai prognozētu atsevišķus nodokļus, modelim nepieciešami nelieli praktiskie uzlabojumi.

Kā redzams 1. tabulā, modeļa prognozes realitāti atspoguļo labāk nekā input-output tabulu pamatā izstrādātās budžeta prognozes. Lielo novirzi no faktiskajiem datiem autors skaidro ar 2009. gada vidū notikušajām sociālās politikas izmaiņām,

izmaiņām valsts transfertu maksājumus, valsts patēriņā. Vislielākā problēma modeļa rezultātos ir saistīta ar uzņēmuma ienākuma nodokli. Modeļa rezultāti rāda, ka komersanti krīzes apstākļos samazinās savas peļņas apjomu. Faktiski dati liecina, ka komersanti to nesamazināja, bet samazināja izdevumus darbaspēkam, uz ko norāda sociālās apdrošināšanas iemaksu samazinājums. Diemžēl plašāk atspoguļot modeļa darbību nav iespējams raksta ierobežotā apjoma dēļ. Kopumā šie dati apstiprina sistēmdinamikas metodes un modeļu spēju adekvāti prognozēt tautsaimniecības attīstību. Ievērojot to, ka metode pagaidām nav izplatīta, ir maz cerību, ka pamatojoties uz to veidos valsts budžetu. Metodi varētu plaši pielietot arī citās sfērās, ne tikai ekonomikas prognozēšanā, bet, piemēram, studentu apmācībā, jo ar metodes palīdzību varētu viegli un pārskatāmi izskaidrot dažādus sarežģītus procesus.

Mācību nolūkos, kā arī lai veicinātu sistēmdinamikas metodes izplatīšanu Latvijā, izstrādātais modelis interaktīvā veidā ir izlikts internetā [13]. Tā pielietošana ir viegla un neprasa speciālas zināšanas vai programmnodrošinājumu.

#### LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] **Sterman, John.** *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world.* Irwin/McGraw-Hill, 2000.
- [2] **Skribans V.** *Jaunā ekonomika un jaunie tirgi: pamatprincipi un veidošanās problēmas.* 21. gadsimta universitāte konferences materiāli. Rīga, RTU, 2001. 121.-127. lpp.
- [3] **Sargent, Thomas J.** *Dynamic macroeconomic theory.* USA.: Harvard Uni. Press, 1987.
- [4] **Долан Э.Дзк., Линдсей Д.** *Макроэкономика / Пер. с англ. -СПб., 1994.*
- [5] **Wheat, D.** *The Feedback Method of Teaching Macroeconomics: Is it Effective? // The 2007 International Conference of the System Dynamics Society materials, USA, 2007.*
- [6] **Skribans V.** *Jauna produkta ieviešanas tirgū modelēšana, izmantojot sistēmdinamikas metodi // RTU raksti. 3.sēr., 17.sēj. Rīga, RTU, 2008. 99.-105.lpp.*
- [7] **Skribans V.** *Modelling crediting volume by using the system dynamic method // Humanities and social sciences: Latvia 4(57)/2008. P. 114-123.*
- [8] **Turnovsky, Stephen J.** *Methods of Macroeconomic Dynamics.* USA.: MIT press, 2000.
- [9] **Skribans V.** *Prognozēšanas metodes uzņēmējdarbībā. Inženierekonomikas nozīme uzņēmējdarbības attīstībā konferences materiāli. Rīga, RTU, 2002. 37.-43. lpp.*
- [10] **Skribans V.** *Krīzes un 2009. gada nodokļu politikas izmaiņu ietekme uz Latvijas ekonomiku // LU raksti. Rīga, LU, 2009. 189.-200. lpp.*
- [11] *Latvijas ekonomikas stabilizācijas un izaugsmes atjaunošanas programma.* [Online]. Available: <http://www.mk.gov.lv/lv/aktuali/zinas/2008gads/12/12122008-02/> [Accessed December 31, 2008].
- [12] *Valsts kases mēneša pārskats par konsolidētā kopbudžeta izpildi.* [Online]. Available: [http://www.kase.gov.lv/?object\\_id=1679](http://www.kase.gov.lv/?object_id=1679) [Accessed January 21, 2010].
- [13] *Latvijas makroekonomikas aprites modelis.* [Online]. Available: <http://www.sesmi.lv/skribans/galva.html> [Accessed February 2, 2011].

**Valerijs Skribans**, Dr.oec., 2006, Riga Technical university.

Leading researcher, assistant professor of Riga Technical University; has experience of managing chair; more than ten years practical work in economist and financial officer positions. Specialist in system dynamics.

Member of International System Dynamics Society, Society for the Study of Emerging Markets, Archive of the Munich Personal Research Papers in Economics, Russian System Dynamics Society, Imitation and Modeling Society (Latvia), Latvian Association of Econometrists.

Meza Str. 1/7, room 107, Riga, LV1048, Latvia,

Mob. +371 26429535,

E-mail: [valerijs.skribans@rtu.lv](mailto:valerijs.skribans@rtu.lv)

#### **Valerijs Skribans. Development of System Dynamics Macroeconomic Equilibrium Model**

During the last 20 years the development of economic situation in Latvia has gone through various stages. These stages include Post-Soviet re-structuring of demand and closing of industrial giants; development of the economy based on transit; development of craft manufacture, establishment of small enterprises and development of the services sector (after joining the EU), and their decline because of transition to the system focused on export of labour resources. In 2009 the next stage of economic development started. Latvia does not possess sufficient resources for survival, financing has been requested from the international community. Unfortunately, any of the mentioned models is not a necessity for the developed countries; therefore it is possible to draw a conclusion that the Latvian economy still is in the process of transformation. It is necessary to define possible directions of the further development. In order to estimate economy development in Latvia, the model of systems dynamics that quantitatively analyzes macroeconomic balance is developed. Considering the topicality of the theme, the purpose of the article is to reflect the developed model. To achieve the purpose the following problems are put forward:

- to reflect the model structure, to show its forming blocks;
- to validate economic interrelations and assumptions which are accepted in the model;
- to show model application considering an example of separate economic indicators.

The model presented in the article has been developed with the use of a method of systems dynamics. The method has been chosen taking into account difficult interaction between macroeconomic processes. It is a unique quantitative method, which allows estimating not only plural causally - investigatory communications, but also their feedback. In this connection macroeconomic balance is based on feedback for its analysis in the long-term period, it is recommended to use a method of systems dynamics.

#### **Валерий Скрибан. Разработка модели макроэкономического равновесия с использованием метода системной динамики**

Развитие экономической ситуации в Латвии в последние 20 лет прошло через различные этапы. В том числе - постсоветская реструктуризация спроса и закрытие промышленных гигантов; развитие экономики, основанной на транзите; развитие ремесленного производства, малых предприятий и отрасли услуг (после присоединения к ЕС) и их упадок из-за перехода на систему, ориентированную на экспорт трудовых ресурсов. В 2009-м стал заметен следующий этап экономического развития. Латвии не хватило ресурсов для выживания, было запрошено финансирование со стороны международного сообщества. К сожалению, ни одна из упомянутых моделей не годится для развитых стран, поэтому можно сделать вывод, что латвийская экономика все еще находится в процессе трансформации. Необходимо определить возможные направления дальнейшего развития. В Латвии, чтобы оценить развитие экономики, разработана модель системной динамики, которая количественно анализирует макроэкономическое равновесие. Учитывая актуальность темы, цель статьи - отразить разработанную модель. Для достижения цели выдвинуты следующие задачи:

- отразить структуру модели, показать ее образующие блоки;
- обосновать экономические взаимосвязи и допущения, которые приняты в модели;
- показать применение модели на примере отдельных экономических показателей.

Модель, представленная в статье, была разработана с использованием метода системной динамики. Метод выбран с учетом сложного взаимодействия между макроэкономическими процессами. Это единственный количественный метод, который позволяет оценить не только множественные причинно-следственные связи, но и их обратное взаимодействие. Макроэкономическое равновесие основывается на обратных связях, в связи с чем для его анализа, в долгосрочный период, рекомендуется использовать метод системной динамики.