

Kuldīgas novada ilgtspējīgas attīstības sistēmdinamiskais modelis

Arnis Lektauers¹, Jekabs Trusins², Inese Trusina³, ¹⁻³Rīgas Tehniskā Universitāte

Kopsavilkums. Šajā rakstā ir piedāvāts sistēmdinamikas modelis Kuldīgas novada ilgtspējīgas attīstības modelēšanai. Kaut gan Latvija pamatojas uz ilgtspējīgas attīstības principiem, joprojām ir iegūti relatīvi maz teorētisku un praktisku rezultātu ilgtspējīgas attīstības pētījumu jomā. Tādējādi veiktais darbs iezīmē jaunu sistēmu dinamikas pētījumu un praktiskā pielietojuma virzienu Latvijas telpiskajā un reģionālajā plānošanā. Iegūtie rezultāti parāda, ka sistēmdinamikas pieejas bāzēta modeļošana ir izmantojama kā efektīvs palīgīdzeklis ilgtspējīgas attīstības plānošanas lēmumu pieņemšanā.

Atslēgas vārdi: ilgtspējīga attīstība, sistēmu dinamika

I. IEVADS

Pēdējo 3 gadu laikā RTU Telpiskās un reģionālās attīstības pētījumu centrā (TURAP) ir izstrādāts Kuldīgas novada attīstības sistēmdinamiskais modelis, kas iezīmē jaunu, inovatīvu virzienu telpiskajā plānošanā un pašvaldību lēmumu pieņemšanas procesā. Līdz šim attīstība tiek realizēta, balstoties uz dažāda līmeņa plānošanas dokumentiem, kas apjomīgu, biezu sējumu veidā tiek nodota pašvaldību darbiniekiem. Šie sējumi satur milzīgu informācijas apjomu un plašus esošās situācijas aprakstus, kas netiek efektīvi izmantoti lēmumu pieņemšanas procesā. Informācija novēco 3-5 gadu laikā, kas prasa jaunu plānošanas dokumentu izstrādi. Piemēram, Kurzemes reģionā pēdējos 10 gados izstrādāti 5 plānošanas dokumenti ar kopējo apjomu ap 1000 lpp., kas tuvākajā laikā ir jāpārstrādā, jākorģē un jāizstrādā no jauna.

Ko jaunu un labu var dot sistēmdinamiskais modelis?

Pirmkārt, atbrīvojoties no attīstības stratēģijas un teritoriālā plānojuma sējumiem un nepieciešamības tos no jauna komplektēt. Visa nepieciešamā informācija tiks uzglabāta datorā un būs pieejama pašvaldību darbiniekiem un lēmumu pieņēmējiem jebkurā laikā. Otrkārt, modeļošana dod iespēju veikt cēloņu un sekas analīzi, jeb, vienkāršāk, paskaidrot un parādīt, no kurienes rodas problēmas un kādas būs no tām sekas, ja viņas nelikvidēs. Šis problēmu analīzes process būs pieejams un saprotams visam ieinteresētām personām, un, galvenokārt, lēmumu pieņēmējiem. Treškārt, modelis raksturo novada attīstību ilgtermiņā, virzoties uz iepriekš noteiktu mērķi (stratēģiju). Ar modeli var pārbaudīt dažādus attīstības scenārijus 20-30 gadu garumā. Piemērotākais scenārijs tiek izvēlēts ar sociālo, ekonomisko un ekoloģisko kritēriju palīdzību. Ceturtkārt, modeļa datu bāze tiek nepārtraukti atjaunota, koriģēta un papildināta, nodrošinot nepārtrauktu informāciju par telpiskās attīstības stāvokli novadā un norādot uz jaunām problēmām un pretrunām attīstības gaitā, kas prasa risinājumu un jaunu lēmumu pieņemšanu. Piektkārt, modelis ir atklāts un atvērts visiem novada iedzīvotājiem, kas dod iespēju nodrošināt plašu iedzīvotāju līdzdalību novada attīstības

plānošanā un lēmumu pieņemšanā. Modeļa izstrādes projektā paredzēts izveidot modeļa lietotāju apmācības kursus un telpas.

Sistēmdinamiskās modeļošanas pamatlicējs Džejs Foresters jau pagājušā gadsimta 70.-80. gados izstrādāja pilsētas attīstības modeli un pasaules attīstības scenārijus [9] kas tika izmantoti sensacionālā publikācijā "Izaugsmes robežas" 1972. gadā, kas savā jaunajā izdevumā pēc 20 gadiem "Aiz robežām" [11] parādīja pasaules attīstības virzību uz globālo katastrofu. Sistēmdinamikas metodoloģiju attīstīja Donella Medovs [11], Hartmuts Bossels [10] un daudzi citi dažādu profesiju pārstāvji, kas ir apvienojušies globālā "Sistēmdinamikas biedrībā" ("Systems Dynamic Society"), kuras dibinātājs Džejs Foresters pievērsies sistēmiskās domāšanas ieviešanai un sistēmdinamiskās modeļošanas apmācībai, sākot no bērnu dārza līdz pensionāra vecumam. Šis jautājums ir aktuāls arī mūsu Kuldīgas projektā un tā realizācijai ir paredzēts speciāls apmācības cikls.

Raksts sastāv no vairākām nodaļām, kur doti raksturojumi modeļa saturam, struktūrai, funkcijai un modeļošanas rezultātiem. Jāatzīmē, ka modelis vēl joprojām atrodas izstrādes procesā, notiek kalibrācija, aprobācija un testēšana. Turpinās modeļa struktūras pilnveidošana, pārbaudot atsevišķu struktūrvienību mijiedarbību. Tas tomēr neliedz iespēju modeli demonstrēt un apspriest tā lietderību un efektivitāti novada attīstības plānošanā. Jāpieminē, ka modelī ir iestrādāti ilgtspējīgas attīstības indikatori, ko izstrādājis H. Bossels [4] un kuri mijiedarbojas ar modeļa mērķkritēriju – dzīves kvalitāti.

Raksta nobeigumā izdarīti secinājumi par paveikto pētniecības darbu kopumā un par atsevišķām tā sastāvdaļām, kā arī par gaidāmiem rezultātiem Kuldīgas novadā.

II. METODIKA

Pēdējos gados arvien lielāka uzmanība tiek pievērsta sistēmiskās domāšanas pieejai sistēmdinamikas modeļu izstrādes procesā. Šajā pētījumā tiek pielietotas sistēmdinamikas metodes Kuldīgas novada ilgtspējīgas attīstības formulēšanai, modeļošānai, kalibrācijai un validācijai. Tiek izmantotas sistēmu analīzes koncepcijas un procedūras ilgtspējīgas attīstības dinamikas izpētei. Modelis tiek izmantots kā reālās pasaules abstrakcija dažādu apkārtējās pasaules fenomenu un to komponentu savstarpējo saišu vienkāršošanai attīstības plānošanas procesā. Modeļa izstrādes process ietver vairākus iteratīvus soļus: Sistēmas komponentu identifikācija:

- indikatoru un orientieru identifikācija;
- sistēmas elementu savstarpējo saišu un mijiedarbības identifikācija.

Konceptuālā modeļa izstrāde.

- Modeļa realizācija.
- Modeļa verifikācija, kalibrācija, validācija un aprobācija.

A. Indikatori un orientieri

Galveno komponentu izvēlei sistēmas darbības attēlojuma vajadzībām šajā pētījumā tiek izmantoti analītiski indikatori, balstoties uz esošiem pētījumiem ilgtspējīgas attīstības jomā [3-5]. Indikatori ir kvantitatīvi vai kvalitatīvi noteiktu objektu būtisko stāvokļu mērījumi [4]. Indikatoru izvēle ir kritisks ilgtspējīgas sistēmas darbības faktors, jo nepareizi izvēlēti indikatori var atstāt negatīvu ietekmi uz pētāmās sistēmas adekvātu novērtējumu [3].

Orientieri ir noteiktu interesējošo jomu augsta abstrakcijas līmeņa kompozītindikatori jeb agregēti vērtējumi [4]. Dažādām sistēmām var būt vieni un tie paši orientieri, taču atkarībā no konkrētas sistēmas viena un tā paša tipa orientieriem var būt atšķirīgi atbilstošie indikatori. Orientieriem ilgtspējīgas attīstības modelēšanā ir divējāda loma: pirmkārt, modeļa projektēšanas gaitā orientieri ir kvalitatīvi elementi, kas lielā mērā nosaka izmantojamo indikatoru izvēli; otrkārt, modeļa izpildes (simulācijas) gaitā orientieri ir kvantitatīvi lielumi, kas ļauj novērtēt modelējamās sistēmas labumu un veikspēju, sniedz iespējas novērtēt nākotnes attīstības iespējas un virzību [6].

Šajā pētījumā tiek izmantoti 7 pamata orientieru (eksistence, efektivitāte, brīvība, drošība, piemērošanās spēja, līdzaspastāvēšana, psiholoģiskās vajadzības) kopās [7] sagrupēti 42 indikatori, kuru izvēle ir pamatota esošo zinātnisko pētījumu analīzē, ekspertu diskusijās un semināros. Svarīgs indikatoru izvēles faktors ir matemātiskā formulējuma un ieejas informācijas pieejamība katram no izmantotajiem indikatoriem. Par metodisko bāzi izmantojot 7 pamatorientierus un agregējot tos četrās dimensijās (cilvēku sistēmas kvalitāte, atbalsta sistēmas kvalitāte, dabas sistēmas kvalitāte, vispārējā sistēmas kvalitāte), simulācijas gaitā tiek dinamiski aprēķināts galvenais modeļa kompozītindicators - dzīves kvalitāte.

B. Sistēmas komponenti

Modeļa izstrādē ir jāņem vērā visi sistēmas elementi, kuriem ir ietekme uz ilgtspējīgu attīstību, ievērojot Latvijas Republikas likumdošanu un Eiropas Savienības prasības. Galvenās ilgtspējīgas attīstības modeļa izstrādes problēmas ir saistītas ar lēmuma pieņemšanu par modelējamās sistēmas detalizācijas līmeni un risināmo jautājumu prioritāšu noteikšanu, kā arī ar piemērotu ieejas datu iegūvi.

Modelim ir jāaptver plašs jautājumu un problēmu loks, ar ko novads saskaras ilgtspējīgas attīstības ceļā, piemēram, demogrāfiskās izmaiņas, vides piesārņojums, izglītība, veselība, ekonomiskā izaugsme. Apkopojot šos jautājumus, modeļa ietvarā ir izdalītas trīs galvenās apakšsistēmas, kuras sastāv no agregētiem modeļa komponentiem jeb apakšmodeļiem. Piedāvātā modeļa vispārējā struktūra ir bāzēta uz vispārārstātiem pētījumiem un praktiskajiem rezultātiem šajā jomā [4], [7]:

1. *Cilvēku sistēma*: cilvēku sistēma attēlo ilgtspējīgas attīstības sociālo dimensiju. Ilgtspējīgai attīstībai ir nepieciešama pamatota humānā bāze, piemēram, cilvēku spējas darboties efektīvi, respektīvi, ilgtspējīgas darbības centieniem ir jābūt vērīgiem uz atsevišķu indivīdu, kā arī visas kopienas izglītības, spēju un iespēju veicināšanu. Cilvēku sistēmai ir trīs komponenti:

- (a) individuālās attīstības sektors;
- (b) sociālais sektors;
- (c) pārvaldes sektors.

2. *Atbalsta sistēma*: atbalsta sistēma realizē ilgtspējīgas attīstības ekonomisko aspektu. Ekonomikas izaugsme ir svarīgākais priekšnoteikums cilvēku vajadzībām un dzīves apstākļu uzlabošanai. Atbalsta sistēmai ir divi komponenti:

- (a) infrastruktūras sektors;
- (b) ekonomikas sektors.

3. *Dabas sistēma*: dabas sistēma attēlo ilgtspējīgas attīstības vides aspektu. Cilvēku attīstības dabiskās vides ierobežojums ir viens no svarīgākajiem ilgtspējas novērtēšanas faktoriem. Dabas sistēmu veido viens apakškomponents:

- (a) resursu un vides sektors.

Indikatoru un orientieru komponents apvieno informāciju no citiem komponentiem modelējamās sistēmas stāvokļa indikatoru un orientieru noteikšanai.

C. Konceptuālais modelis

1. attēlā ir atspoguļota ilgtspējīgas attīstības daudzvērtīgu modeļa koncepcija, uz kuras bāzes ir izstrādāts šajā darbā aprakstītais Kuldīgas novada ilgtspējīgas attīstības sistēmdinamiskais modelis. Dotā daudzvērtīgu koncepcija ir adaptēta no integrētas telpiskās lēmumu pieņemšanas sistēmas, kas izstrādāta vietējai pašvaldībai Jaunzēlandē [8].

2. attēlā ir parādīta sistēmdinamikas modeļa konceptuālā shēma. Balstoties uz iepriekš identificētajiem sistēmas komponentiem, modeli veido četri galvenie bloki - cilvēku sistēma, atbalsta sistēma, dabas sistēma un indikatoru un orientieru komponents.

Balstoties uz konceptuālo modeli, ir izveidotas ilgtspējīgas attīstības sistēmas modeļa diagrammas, kuras atspoguļo modelējamās sistēmas dinamiku un raksturlielumus. Pamatojoties uz atgriezeniskajām saitēm un cēloniskās cilpas sakarībām starp modeļa elementiem, ir identificēti sistēmas mainīgie, konstantes un definēti atbilstošie vienādojumi. Nākamajās nodaļās ir sniegts īss pārskats par četrām apakšmodeļu saturu un struktūru, kā arī attēlotas to sastāvā esošo komponentu krājumu un plūsmu diagrammas.

III. MODEĻA REALIZĀCIJA

Balstoties uz konceptuālo modeli, ir izstrādāts ilgtspējīgas attīstības sistēmdinamikas modelis, izmantojot Vensim DSS programmatūru. Modeļa realizācija ir balstīta uz esošo pasaules pieredzi, ko atspoguļo tādi pazīstami sistēmdinamikas modeļi un projekti kā WORLD2 [9], Miniworld [10], WORLD3 [11], Threshold 21 (T21) projekts [12].

Izvēlētais modeļa laika horizonts ir 30 gadi - no 2010. līdz 2040. gadam. Šis laika periods ir pietiekoši ilgs, kas nozīmē,

ka modelējamās sistēmas nākotne ir relatīvi neatkarīga no tās sākuma datiem un nosacījumiem. Modelēšanas izpildes laika solis ir viens gads.

A. Cilvēku sistēma

Cilvēku sistēmas apakšmodelis satur individuālās attīstības, sociālās sistēmas un pārvaldes sektoru komponentus.

Individuālās attīstības sektors ir paredzēts sociālās integrācijas un dalības, materiālā dzīves standarta, pieaugušo izglītības, brīvā laika un rekreācijas modelēšanai.

Sociālā sektora bloks realizē iedzīvotāju demogrāfijas (dzimstība, mirstība, migrācija) aspektus, ienākumu veidošanos, sociālās grupas un organizācijas, sociālo drošību, medicīnas pakalpojumus un veco ļaužu aprūpi.

Visi iedzīvotāji ir sadalīti 4 vecuma grupās (3. attēls). Katru vecuma grupu modelē sistēmdinamikas krājumu elements jeb krātuve, kuru ieejas veido dzimstības un imigrācijas plūsmas, bet izejas – mirstības un emigrācijas plūsmas.

Cilvēku sistēmas pārvaldes sektoru realizē pašvaldības apakšmodelis (4. attēls), kas modelē novada pašvaldības finansiālās darbības aspektus.

B. Atbalsta sistēma

Atbalsta sistēmas apakšmodelis sastāv no diviem komponentiem - infrastruktūras un ekonomikas sektoriem.

Infrastruktūras sektors realizē apgādes sistēmas elementus (enerģija, ūdens, pārtika, preces, pakalpojumi), tehnoloģisko attīstību, atkritumu savākšanu, veselības pakalpojumu infrastruktūru, tūrisma objektus, mācību iestādes, zinātni un pētniecību. Pieaugot iedzīvotāju skaitam, protams, pieaug arī infrastruktūras kapacitātes pieprasījums.

Ekonomikas sektors modelē investīcijas, ražošanu (5. attēls) un patēriņu, uzņēmējdarbības un tirdzniecības procesus, darbaspēku un nodarbinātību.

Uzņēmumu peļņu nosaka pārdošanas ienākumi, no kuriem atskaitītas darbaspēka un kapitāla izmaksas, bet ražošanas procesu raksturo Koba-Duglasa (angļu val. *Cobb-Douglas*) ražošanas funkcija [14-16]:

$$Y = A \cdot K^\alpha \cdot L^{1-\alpha}, \quad (2)$$

kur

- Y - reālais IKP;
- A - kopējais faktoru ražīgums jeb Solova atlikums;
- K - reālais uzkrātā kapitāla apjoms;
- H - cilvēkkapitāls [17];
- L - nodarbinātība tautsaimniecībā;
- α - kapitāla daļa IKP;
- β - cilvēkkapitāla elastība.

Ražošanas kapitāla un nodarbinātības elastības parametri modelēšanas bāzes periodā ir noteikti, balstoties uz Latvijas Bankas pētījumos veikto regresijas analīzi.

Lauksaimniecības ražošanas modelēšanai (6. attēls) ir izmantota modificēta Koba-Duglasa funkcija, kurā ir ieviests papildus lauksaimniecības zemju platības faktors [18]:

C. Dabas sistēma

Dabas sistēmas komponents, realizējot resursu un vides sektora komponentu, modelē dabisko vidi, atmosfēru un hidrosfēru, dabas resursu, ekosistēmas, neatjaunojamo resursu patēriņu, atjaunojamo resursu reģenerāciju, piesārņojuma veidošanos un tā absorbciju, kā arī atkritumu otrreizējo pārstrādi. 7. attēlā ir parādīts zemes izmantošanas apakšmodelis.

IV. MODELĒŠANAS REZULTĀTI

Svarīgs uzdevums modelēšanas gaitā ir modeļa kalibrācija, un tieši pieejamo ieejas datu klāsts lielā mērā ietekmē modeļa realizācijas iespējas un arī precizitāti. Tomēr arī pie neprecīziem un nepilnīgiem ieejas datiem modelis nezaudē savu nozīmi, jo tas ļauj pētīt modelējamā sistēmā pastāvošās likumsakarības un procesu dinamiku, kas pietiekoši ilgā modelēšanas laika periodā ir relatīvi maz atkarīgas no sākuma nosacījumiem.

Modeļa kalibrācija ir veikta, balstoties uz publiski pieejamiem Latvijas Republikas Centrālās statistikas pārvaldes datiem par Kuldīgas rajonu laika posmā no 1999. līdz 2009. gadam. 8.-12. attēlā ir parādīti dažu modeļa elementu kalibrācijas rezultāti, kas parāda, ka modelis adekvāti atspoguļo vēsturisko attīstību.

9. attēlā parādītie emigrējušo iedzīvotāju skaita kalibrācijas rezultāti ir ar salīdzinoši lielu novirzi no vēsturiskajiem datiem, ko izskaidro tas, ka ne visus lokālā teritorijā notiekošos procesus ir iespējams pilnīgi precīzi modelēt tikai uz lokālās teritorijas informācijas pamata. Precīzāku rezultātu iegūšanai ir nepieciešama daudzizmērogu pieeja, kas ir šī darba nākotnes attīstības virziens.

13. attēlā ir parādīta dzīves kvalitātes izmaiņu dinamika modeļa kalibrācijas periodā, kas ir hierarhiski agregēts visa modeļa darbības kvantitatīvs novērtējums, izmantojot cilvēku sistēmas, atbalsta sistēmas un dabas sistēmas kvantitatīvos kompozitīndikatorus.

Kuldīgas novada nākotnes modelēšanai tiek izmantoti novada dati 2009. gadā, par pamatu izmantojot uz bijušā rajona datu pamata kalibrēto modeli.

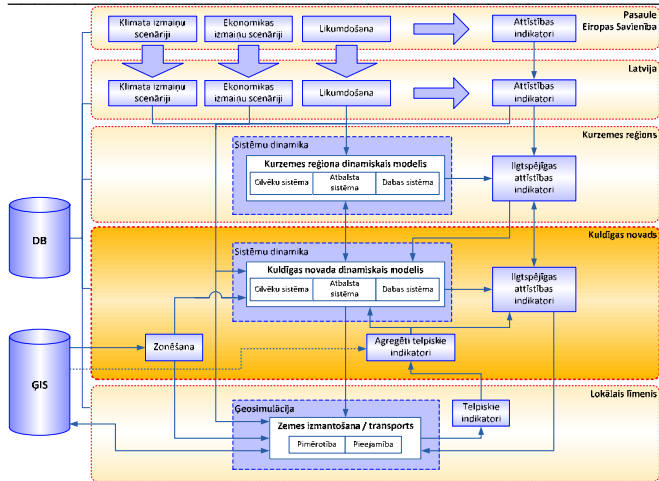
14. attēlā ir parādīta Kuldīgas novada dzīves kvalitātes izmaiņu bāzes scenārija prognoze līdz 2040. gadam, balstoties uz kalibrētā modeļa struktūru.

Vensim vidē ir izveidota modelēšanas lietotne (15. attēls), kas modeļa lietotājam piedāvā grafisku interaktīvu vidi, ļaujot veikt eksperimentus ar modeli.

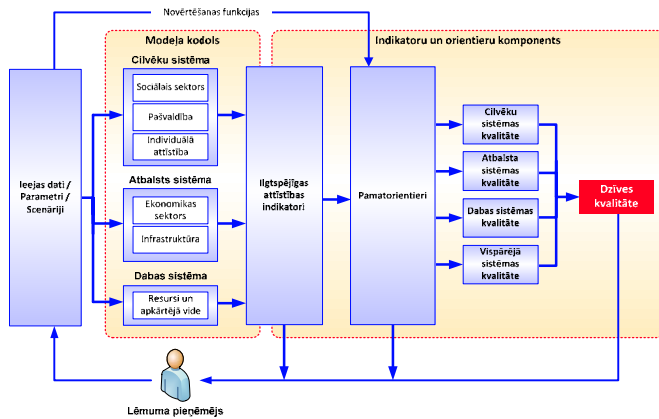
V. SECINĀJUMI

Ilgtermiņu attīstību ietekmējošo un noteicošo funkcionāli dinamisko un telpisko faktoru izpētei, analīzei un prognozēšanai liela nozīme ir akurātam un adekvātam reģionālās attīstības novērtējumam, tādēļ būtiski ieguldījumu šeit var sniegt sistēmu pieeja un viena no šīs pieejas praktiskajām realizācijām - sistēmu dinamika.

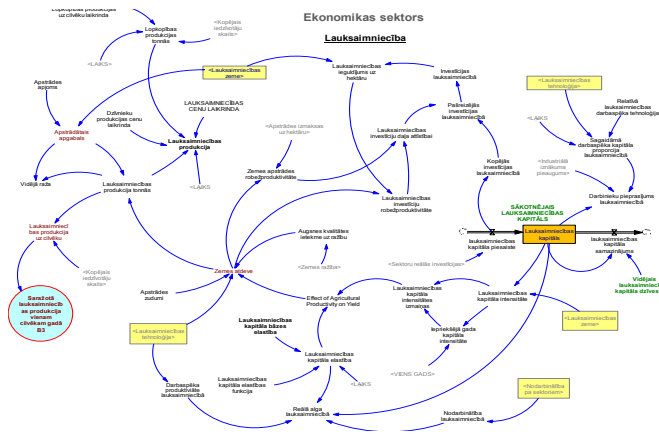
Iegūtie pētījuma rezultāti parāda, ka sistēmdinamikas pieejas bāzēta modelēšana ir izmantojams kā efektīvs rīks ilgtermiņīgas attīstības plānošanas lēmumu pieņemšanā, kā arī kā izglītojošs līdzeklis labākas izpratnes gūšanai par to, kā funkcionē un mijiedarbojas dažādas reģionālās apakšsistēmas un to elementi.



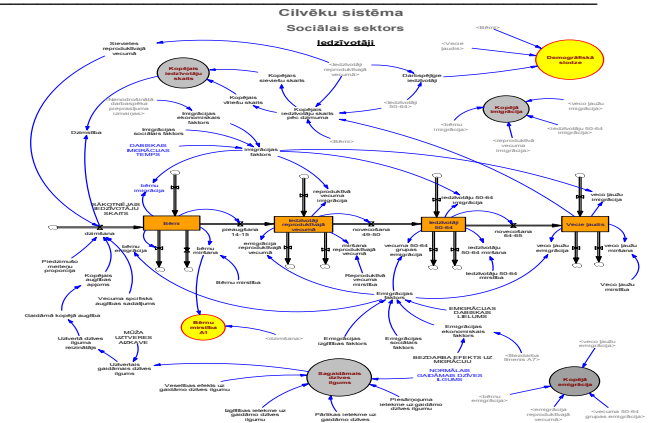
1. att. Ilgtspējīgas attīstības daudzmērogu modeļa koncepcija



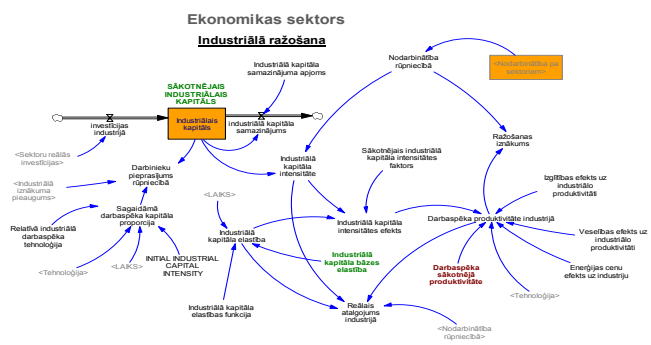
1. att. Sistēmdinamikas modeļa konceptuālā shēma



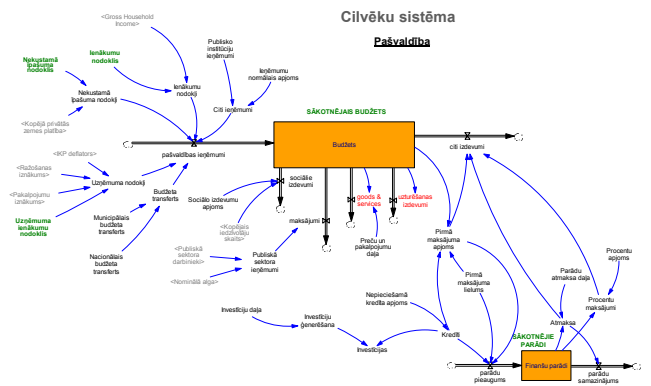
2. att. Atbalsta sistēmas ekonomikas sektora lauksaimniecības apakšmodelis



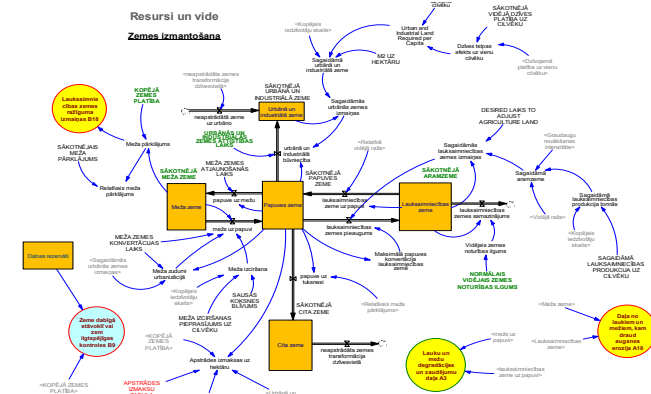
4. att. Civiltiesības sistēmas sociālā sektora iedzīvotāju apakšmodelis



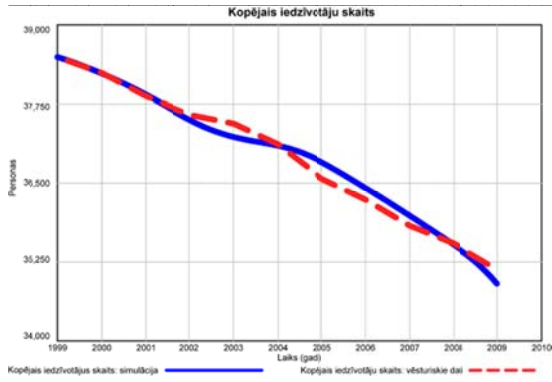
4. att. Atbalsta sistēmas ekonomikas sektora industriālās ražošanas apakšmodelis



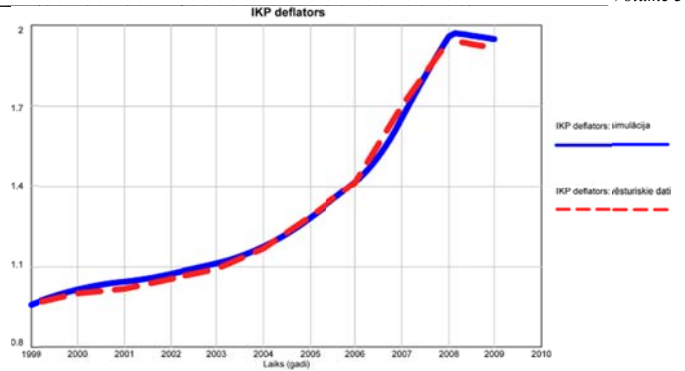
5. att. Pašvaldības apakšmodelis cilvēku sistēmā



6. att. Zemes izmantošanas apakšmodelis dabas sistēmas resursu un vides sektorā



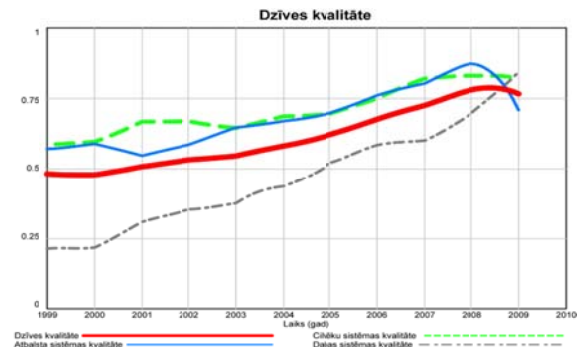
8. att. Kalibrācijas rezultāti: kopējais iedzīvotāju skaita dinamika



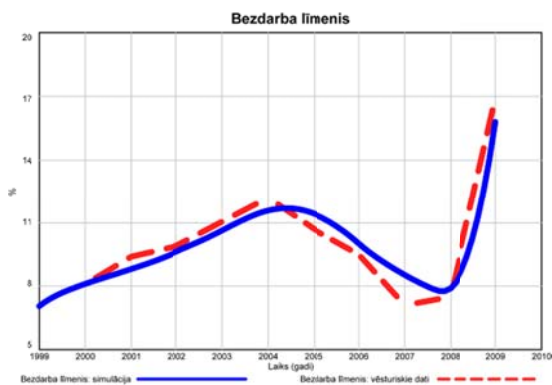
12. att. Kalibrācijas rezultāti: IKP deflatora izmaiņu dinamika



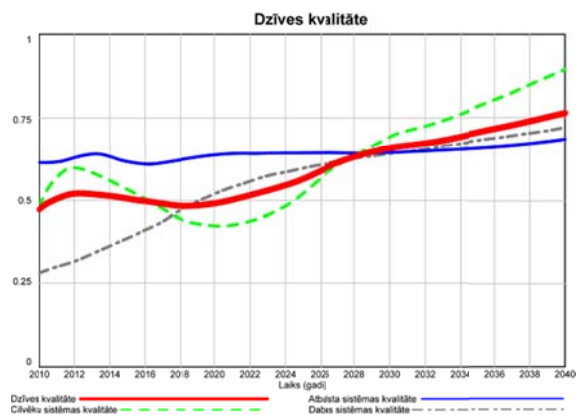
9. att. Kalibrācijas rezultāti: kopējā emigrējušo iedzīvotāju skaita dinamika



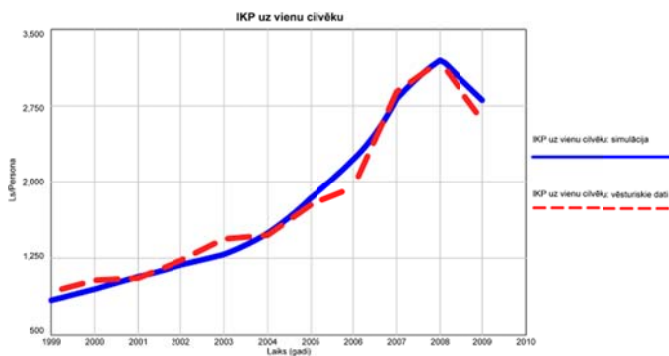
13. att. Dzīves kvalitātes izmaiņu dinamika modeļa kalibrācijas laika periodā



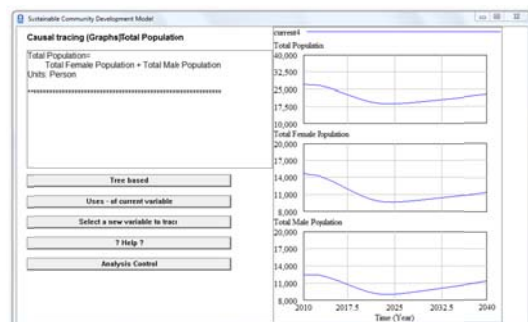
10. att. Kalibrācijas rezultāti: bezdarba līmenis



14. att. Dzīves kvalitātes izmaiņu prognoze no 2010. līdz 2040. gadam Kuldīgas novadā



11. att. Kalibrācijas rezultāti: iekšzemes kopprodukta dinamika



15. att. Vensim bāzētas modelēšanas lietotnes piemērs

LITERATŪRA

- [1] "Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģija līdz 2030. gadam", 2010. [Online]. Available: http://www.latvija2030.lv/upload/lias_1redakcija_pilnv_final.pdf. [Accessed: May 8, 2011].
- [2] P. Hjorth and A. Bagheri, "Navigating towards sustainable development: A system dynamics approach," *Futures*, vol. 38, no. 1, pp. 74-92, 2006.
- [3] D. Meadows, *Indicators and Information Systems for Sustainable Development*. The Sustainability Institute, 1998.
- [4] H. Bossel, *Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications*. International Institute for Sustainable Development, 1999.
- [5] PSSD - planning system for sustainable development: The methodical report. 2001.
- [6] F. Müller and M. Leupelt, Eds., *Eco Targets, Goal Functions, and Orientors*. Springer, 1998, p. 619.
- [7] H. Bossel, *Earth at a Crossroads: Paths to a Sustainable Future*. Cambridge University Press, 1998.
- [8] B. Huser, D.T. Rutledge, H. van Delden, M.E. Wedderburn, M. Cameron, S. Elliott, T. Fenton, J. Hurkens, G. McBride, G. McDonald, M. O'Connor, D. Phyn, J. Poot, R. Price, B. Small, A. Tait, R. Vanhout, and R.A. Woods, "Development of an Integrated Spatial Decision Support System (ISDSS) for Local Government in New Zealand", in *Proceedings of the 18th World IMACS/MODSIM Congress, 2009*, pp. 2370-2376.
- [9] J.W. Forrester, *World Dynamics*. Wright-Allen Press, 1971.
- [10] H. Bossel, *Modeling and Simulation*. AK Peters, 1994.
- [11] D.H. Meadows, D.L. Meadows, and J. Randers, *Limits to Growth - the 30-Year Update*. Chelsea Green Publishing Co., 2004.
- [12] A.M. Bassi, *Modeling US Energy Policy with Threshold 21: Understanding Energy Issues and Informing the U.S. Energy Policy Debate with T21, an Integrated Dynamic Simulation Tool*. VDM Verlag, 2008.
- [13] A. Mayerthaler, R. Haller, and G. Emberger, "A Land-Use/Transport interaction model for Austria", in *Proceedings of the 27th International Conference of The System Dynamics, 2009*, pp. 1-21.
- [14] K. Beņkovskis, D. Stikuts, "Latvijas makroekonomiskais modelis", Latvijas Banka, 2006. [Online]. Available: http://www.bank.lv/public_files/images/img_lb/izdevumi/latvian/citas/Latvijas_makroekonomiskais_modelis.pdf. [Accessed: May. 8, 2011].
- [15] D. Dāvidsons, A. Meļihovs, "Ražošanas progressa un cilvēkkapitāla nozīme Latvijas tautsaimniecības izaugsmes nodrošināšanā", Latvijas Banka, 2006. [Online]. Available: http://www.bank.lv/public_files/images/img_lb/izdevumi/latvian/citas/progress_un_cilvekkapitals.pdf. [Accessed: May. 8, 2011].
- [16] A. Meļihovs, "Tehnoloģiskais progress Latvijā: Koba-Duglasa ražošanas funkcijas lineārā un nelineārā modelēšana," *Latvijas Universitātes raksti*, vol. 718, no. Ekonomika, IV, pp. 269-274, 2007.
- [17] N. G. Mankiw, D. Romer, and D. N. Weil, "A Contribution to the Empirics of Economic Growth," *Quarterly Journal of Economics*, vol. 107, no. 2, p. 407, 1992.
- [18] R.J. Barro, "Notes on Growth Accounting", NBER Working Paper, National Bureau of Economic Research, no. W6654, 1998.
- [19] V. Vīra, and K. Narnicka, "Semi-subsistence Farming in Latvia: Its production function and what will be the impact of proposed EU support?", in *SSE Riga Working Papers*, 2003.
- [20] G. Ozolins, R. Kalnins, and R. Sile, "Agricultural Production and Income Dynamics in Latvia", in *Proceedings of the 25th International Conference of the System Dynamics Society, 2007*.

Arnīs Lektāuers received the Dr.sc.ing. degree (2008) from the Riga Technical University (RTU), Riga, Latvia. His research interests include interactive hybrid modelling and simulation, and their application to complex systems design, as well as industrial, economic, ecological and sustainable development problems.

He worked for the development of software applications at private companies from 1996 to 2009. A. Lektāuers is now an Assistant Professor in the Department of Modelling and Simulation at Faculty of Computer Science RTU.

A. Lektāuers is a member of Latvian Simulation Society, System Dynamics Society, European Social Simulation Association (ESSA) and IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) Computer Society.

E-mail: Arnīs.Lektāuers@rtu.lv

Jekabs Olgerts Trusins is Professor in the Faculty of Architecture and Urban Planning of Riga Technical University. Prof. Trusins is also a Director and Senior Researcher in the RTU Spatial and Regional Development Research Centre.

He earned Dr.sc.ing. degree in 1971 from Vladivostok Polytechnic Institute, and Dr.habil.arch. degree in 1992 from Latvian Council of Science.

Until 1992 he was a chief of Department of Architecture and Urban Development, Latvian Research Institute of Civil Engineering. Prof. Trusins has published 5 scientific books and 100 papers. The latest papers: *A Conceptual Framework for Dynamic Modeling of Sustainable Development for Local Government in Latvia* (2010); *Toward Lifelong Planning Education in Latvia* (2007); *The Ecological Reconstruction of the Cities* (2006).

Prof. Trusins is a representative from Latvia in the Association of European Schools of Planning, member of Systems Dynamics Society, COST TU-06-02 Management Committee, Latvian Architects Society and Latvian Academy of Architecture.

E-mail: trusins@gmail.com

Inese Trusina is PhD Student, Dip.ing., MBA, Researcher in Riga Technical University, RTU Spatial and Regional Development Research Centre. The PhD students work is related to regional development model creation and systems modelling. The author made presentations on conferences in Portugal, Lithuania, Italy, Germany and Korea. I.Trusina has extensive working experience in business management, production and finance. Since 2008 up to date Inese Trusina is a Researcher at RTU. Inese Trusina is a member of System Dynamics Society and European Social Simulation Association.

Address: I-418, Kalku Street 1, LV-1658, Riga, Latvia

Phone: +371 27790278,

E-mail: Inese.Trusina@rtu.lv

Arnīs Lektāuers, Jekabs Trusins, Inese Trusina. System Dynamics Model of Sustainable Development for Kuldīga County

This article presents a system dynamics model of sustainable development for the local government of the Kuldīga District in the Kurzeme Region, Latvia.

Latvia aspires to the principles of sustainable development, which have been included in the Law of Regional Development and in the Latvia's Sustainable Development Strategy 2030. Although Latvia aspires to the principles of sustainable development, there is a relatively small number of theoretical studies and practical results in the area of simulation modelling of sustainable development. Therefore, the proposed model presents a novel approach in the context of spatial and regional planning in Latvia.

The goal of the proposed modelling framework is to provide a technical decision support tool for stakeholders and decision-makers in territorial management planning, allowing to evaluate alternative development scenarios and planning options. The hypothesis of the research is that the quality of life and sustainability are the primary goals and criteria of sustainable development. The modelling framework is based on an overall concept of sustainable development as an unending process defined neither by fixed goals nor by specific means of achieving them.

The modelling framework is considered as an invaluable tool in assisting decision-makers in sustainable development planning, as well as an educational means in understanding how various regional sub-systems function.

Арнис Лектауэрс, Екабс Трушиньш, Инесе Трушиня. Системно-динамическая модель устойчивого развития для Кулдигской области

В данной статье представлена системно-динамическая модель для самоуправления Кулдиги в Курземском регионе Латвии.

Латвия основывается на принципах устойчивого развития, которые определены в Законе об устойчивом развитии и в Стратегии устойчивого развития Латвии до 2030 года. Но, несмотря на то, что Латвия основывается на данных принципах, в сфере имитационного моделирования устойчивого развития существует мало теоретических исследований и практических результатов. По этому поводу предложенная модель представляет новый подход в контексте пространственного и регионального планирования в Латвии.

Целью предложенного подхода моделирования является разработка инструмента технической поддержки принятия решений в планировании территориального управления, позволяя оценить разные сценарии развития. Гипотезой данного исследования является то, что качество жизни и устойчивость развития являются примарными целями и критериями устойчивого развития. Подход моделирования базируется на всеобщей концепции устойчивого развития как бесконечного процесса, который не имеет фиксированных целей, а также способы, чтобы добиться их.

Предложенный подход является ценным вспомогательным инструментом, планировщикам устойчивого развития, а также пособием обучения для понимания образа функционирования разных региональных подсистем.