



Munich Personal RePEc Archive

System Dynamic Modelling of the Strategic Development of Agriculture

Juris Roberts Kalniņš and Valerijs Skribans and Gints
Ozoliņš

Ventspils Augstskola, Riga Technical University, Latvijas
Universitāte

2009

Online at <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/19139/>

MPRA Paper No. 19139, posted 10. December 2009 16:41 UTC

Lauksaimniecības nozares stratēģiskās attīstības sistēmdinamikas modelēšana System Dynamic Modelling of the Strategic Development of Agriculture

Juris Roberts Kalniņš

Ventspils Augstskola,
Inženieru 101a, Ventspils, LV-3600
E-pasts: simts@latnet.lv

Valērijs Skribans

Rīgas Tehniskā universitāte
Inženierekonomikas fakultāte
Starptautisko ekonomisko sakaru un muitas institūts
Indriķa 8a-420, Rīga, LV-1004
E-pasts: valerijs.skribans@rtu.lv

Gints Ozoliņš

Latvijas Universitāte
Aspazijas bulv. 5, Rīga, LV-1050
E-pasts: gints_ozolins@hotmail.com

Darbs veltīts lauksaimniecības nozares un lauksaimniecības zinātnes attīstības modelēšanai, izmantojot sistēmas dinamikas pieeju. Lauksaimniecības nozares attīstības modelis par ieejas datiem izmanto pieejamos statistikas datus un ekspertu prognozes platību, ražību un cenu dinamikā. Dati var tikt operatīvi mainīti atbilstoši jaunām attīstības tendencēm. Pamatmodelī iekļauts lauksaimniecības nozares zinātnes attīstības dinamiskais modelis, kurā tiek ievērota zinātnieku vecuma struktūras maiņa nozarē. Modelēšanas rezultāti parāda, ka ir iespējams sasniegt salīdzināmus ar ES valstu līmenī vidējos ienākumus nozarē uz vienu nodarbināto 2020. gadā, nodarbināto skaitam samazinoties ne mazā kā divas reizes citos labvēlīgos apstākļos (ES finansējums, cenas). Rakstā aplūkoti arī nozares attīstības alternatīvie ceļi.

Atslēgvārdi: lauksaimniecības ekonomika, stratēģija, sistēmdinamika, modelēšana, ražība, sējumu platība.

Latvijas tautsaimniecības ekonomikā lauksaimniecībai ir nozīmīga vieta. Tajā ir nodarbināti 107,5 tūkst. cilvēku jeb 9,6% no visiem nodarbinātiem iedzīvotājiem, tā dod 3–4% no kopējās pievienotās vērtības. Diemžēl kopš 2004. gada šis radītājs samazinās. No vienas puses, lauksaimniecības nozare dod darbu lielam iedzīvotāju skaitam, bet, no otras puses, tai ir ļoti maza pievienotā vērtība. Līdz ar to lauksaimnieciskā darbība dažreiz ir mazrentabla, tās ražīgums neatbilst Eiropas līmenim. Risināt šīs, kā arī citas problēmas, ir iespējams, plānojot nozares ilgstošu attīstību. Šī mērķa sasniegšanai darbā ir izveidoti lauksaimniecības nozares attīstības modeļi.

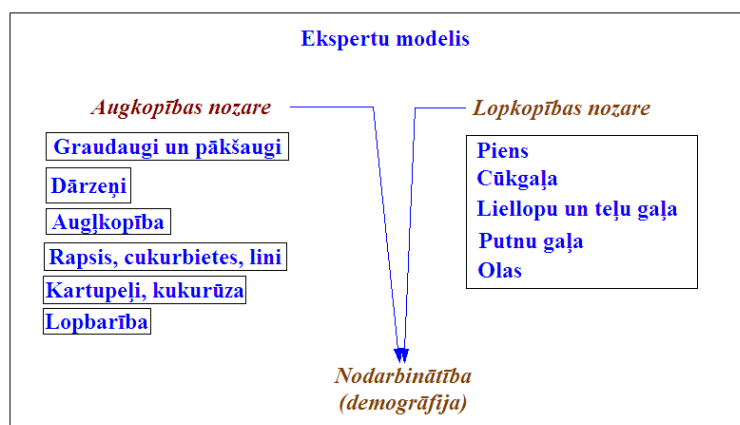
Rakstā tiek apskatīti divi galvenie attīstības modeļi: lauksaimniecības nozares attīstības modelis (ekspertu modelis), kas bāzēts uz ekspertu vērtējumiem, un lauksaimniecības zinātnes attīstības modelis. Modeļi ir izstrādāti, balstoties uz sistēmu dinamikas pieeju programmatūras *VensimPro* vidē [1]. Sistēmiskā pieeja un sistēmu dinamikas valoda ļāva izveidot attīstības stratēģijas modeļus, kuru raksturīgā iezīme ir modelēšana reālā laika mērogā un dinamisko rezultātu prezentēšana intuitīvi saprotamā un atraktīvā veidā. Šī pieeja ļauj saprast savstarpējās saites modelējamajos procesos, uzskatāmi parāda atsevišķu modelēšanas parametru ietekmi uz attīstības gaitu un ļauj salīdzināt atsevišķu lauksaimniecības produktu ietekmi uz procesa

dinamiku. Modeļus var izmantot ekspertu atsevišķu prognožu koriģēšanai pēc nozares attīstības kopainas apzināšanas. Modelis ļauj operatīvi mainīt ieejas datus atbilstoši ekspertu ieteikumiem un modelēt dinamiku ekspertu sēdes laikā. Modelī tiek izmantoti arī mazāk nozīmīgi faktori, lai modelēšanas sesijas laikā varētu akcentēt atsevišķas, bieži pārspīlētas jaunās attīstības iespējas.

1. Lauksaimniecības nozares stratēģiskās attīstības dinamiskais modelis

Modelī izmantoti ekspertu vērtējumi ražības, platību un cenu (augkopībā) un kopapjoma un cenu (lopkopībā) atkarībām no laika. Modelī izmantoti ekspertu vērtējumi par ražības, platību un cenu (augkopībā) un kopapjoma un cenu (lopkopībā) atkarību no laika? Pamatojoties uz šiem datiem, tiek aprēķināts kopienākums un noteikts ienākums uz vienu nodarbināto lauksaimniecībā. Nodarbināto skaits tiek prognozēts atsevišķi modeļa ietvaros, balstoties uz nodarbināto vecuma struktūras dinamisko izmaiņu un ietverot arī darbinieku migrāciju. Ekspertu dotās dinamiskās rindas, kas raksturo attīstības procesu, tiek izlīdzinātas ar piemērotākām trenda funkcijām un iekļautas modelī.

Modelēšanas sākums – 2004. gads un beigas – 2020. gads. Modelī tiek aprēķināti šādi vispārējie rādītāji, kas raksturo nozari: saražoto lopkopības produktu kopienākums vērtības izteiksmē; augkopības nozarē saražoto produktu kopienākums vērtības izteiksmē; nodarbināto skaits pa vecuma grupām. Ekspertu modeļa kopējā shēma parādīta 1. attēlā.



1. attēls. Ekspertu dinamiskā modeļa kopējā shēma

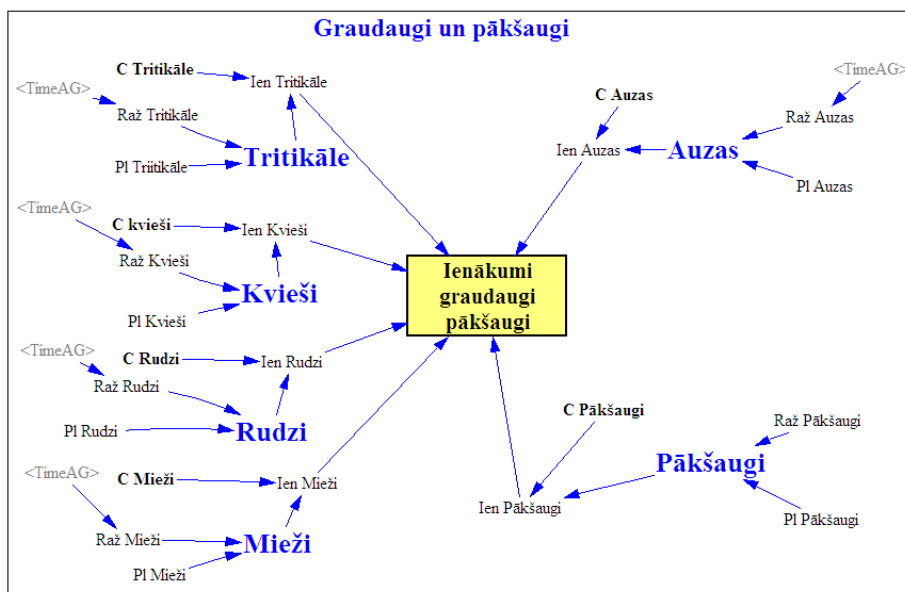
The general chart of the dynamic model by experts

Atsevišķi 1. attēlā iekļautie bloki modelī ir apzīmēti ar četrstūriem. Augkopības nozare sastāv no sešiem blokiem, lopbarības nozarē ir tikai viens bloks. Šo bloku struktūra tiks aprakstīta turpmāk. Augkopības nozarē apskatīti ražības, kopplatības un cenu trendi, nosakot kopējos ienākumus. Atsevišķi izdalīti apakšbloki: graudaugi un pākšaugi; dārzeņi (augļkopība); rapsis, cukurbietes, lini; kartupeļi, kukurūza (lopbarība). Aprēķini veikti atsevišķi katrai kultūrai, kas ietilpst apakšblokā. Pirmais apakšbloks – graudaugu un pākšaugu apakšbloks – apskatīts 2. attēlā.

Pirms aplūkot šos modeļa pamatelementus, apskatīsim, kā tiek aprēķināts kopienākums. Katra kultūrauga kopvērtība laika momentā t tiek aprēķināta, izmantojot šādu vienādojumu:

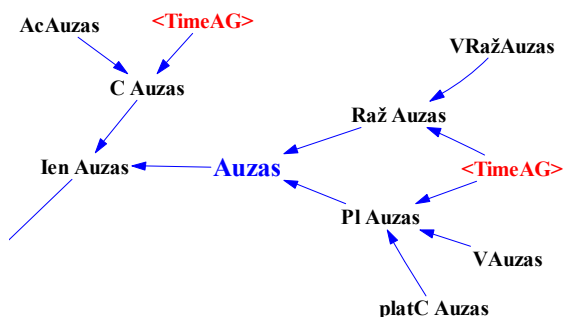
$$\text{Ien}X_i = \text{Pl}X_i(t) \times \text{Raž}X_i(t) \times \text{C}X_i(t), \quad (1)$$

Kur: $\text{Pl}X_i(t)$ – augs X_i platība,
 $\text{Raž}X_i(t)$ – ražība,
 $\text{C}X_i(t)$ – X_i augs cena laika momentā t .



2. attēls. Graudaugu un pākšaugu apakšbloks
Sub-model of cereals and legumes

Modeļa graudaugu dinamikas sekcija sastāv no vairākiem elementiem (sk. 2. attēlu): tritikāles, kviešiem, rudziem, miežiem, auzām, pākšaugiem. Reizinot augs ražību ar platību un cenu noteiktā laikā posmā, iegūstam augs ienākumu. Apakšbloka kopsūma ir elementu vienkāršā summa. Apskatīsim atsevišķi vienu elementu no graudaugu un pākšaugu apakšbloka – auzas (sk. 3. attēlu).



3. attēls. Modeļa elements „Auzas”
Model element “Oats”

Atbilstošās matemātiskās izteiksmes elementam „Auzas” ir dotas turpmāk:

$$Pl\ Auzas = IF\ THEN\ ELSE(TimeAG < 7, (VAuzas * TimeAG + Pl\ Auzas\ koef) * 1000, platC\ Auzas) \quad (2)$$

$$Raž\ Auzas = VRaz\ Rapsis * TimeAG + Raž\ Auzas\ koef \quad (3)$$

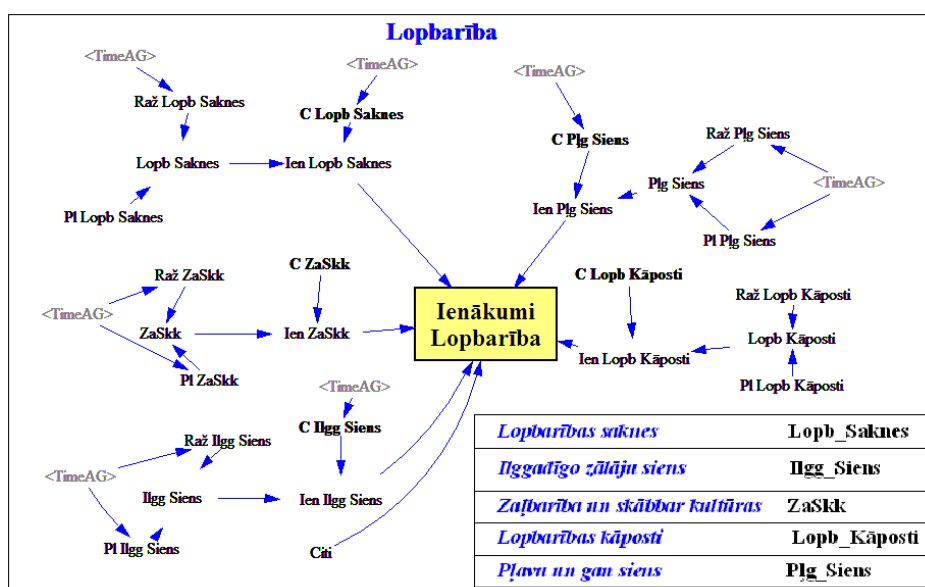
$$C\ Auzas = TimeAG * Ac\ Auzas + C\ Auzas\ koef \quad (4)$$

$$Auzas\ Auzas = C\ Auzas * Auzas \quad (5)$$

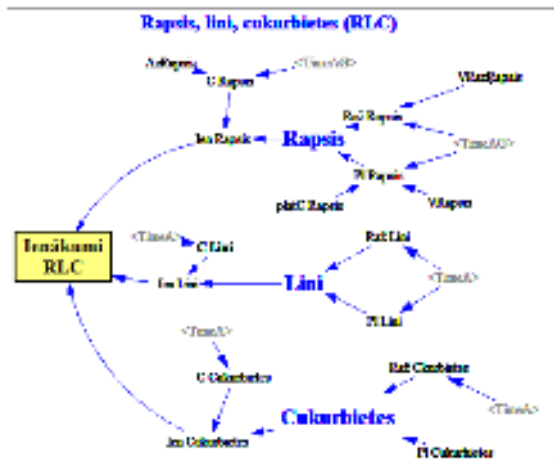
$$Auzas = Pl\ Auzas * Raž\ Auzas \quad (6)$$

Vienādojumi 2.–5. ir platības (*Pl Auzas*), ražības (*Raž Auzas*) un cenu (*C Auzas*) trendi, vienādojumi 6.–7. dod produkta iznākumu (*Auzas*) un ieņēmumus (*Ien Auzas*). Trendu laiks (*TimeAG*) tiek skaitīts no 2004. gada. Konstanto lielumu vērtības tiek iegūtas no atbilstošiem ekspertu trendiem. Konstantes tiek definētas kā modeļa parametri un vēlāk tiek izmantotas atsevišķu attīstības scenāriju modelēšanā.

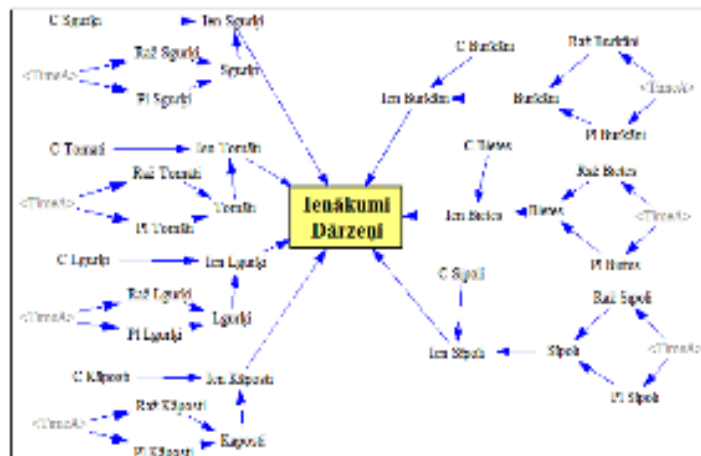
Visi pārējie Augkopības apakšbloka elementi ir analogiski un to vienādojumi ir līdzīgi (2.)–(6.) vienādojumiem. Līdzīgi tiek veidoti Augkopības bloka apakšbloki, tāpēc tālāk tie nav parādīti detalizēti, bet dotas tikai apakšbloku elementu sakarību shēmas (sk. 4.–7. attēlu).



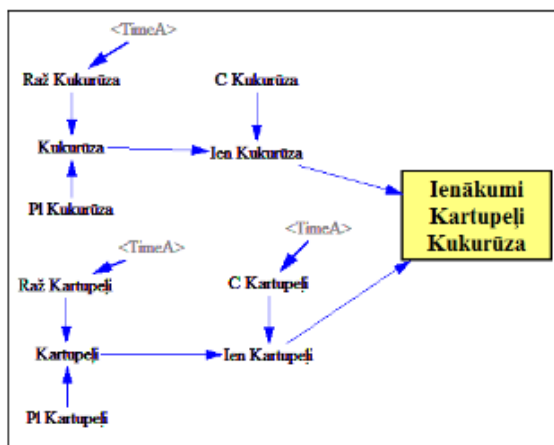
4. attēls. Lopbarības apakšbloks
Sub-model of feed



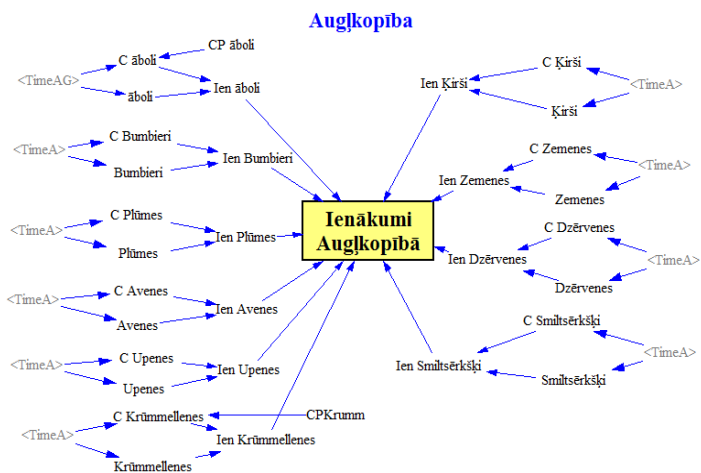
5. attēls. Apakšbloks „Rapsis, lini, cukurbietes”
Sub model “Rape, flax, sugar beet”



6. attēls. Dārzeņu apakšbloks (Lgurķi – lauka gurķi, Sgurķi – siltumnīcu gurķi)
Sub-model of vegetables

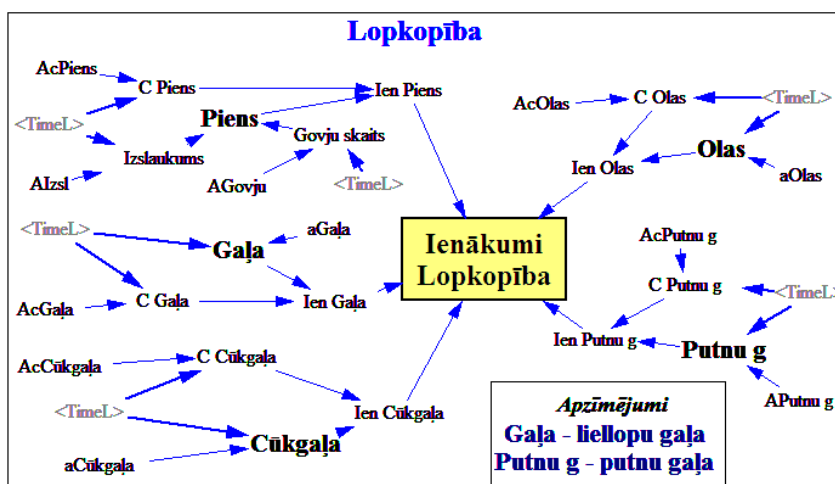


7. attēls. Apakšbloks „Kartupeļi, kukurūza”
Sub-model “Potatoes, corn”



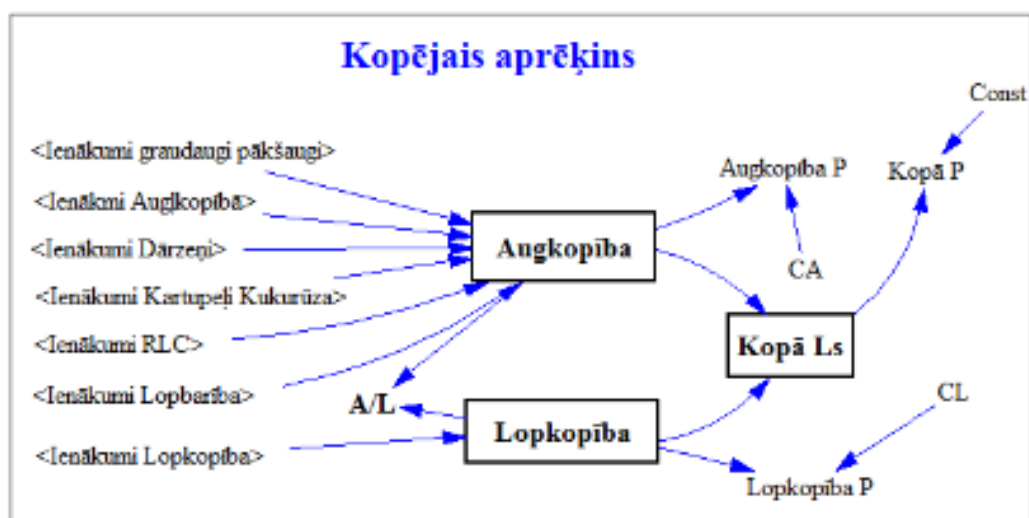
8. attēls. Augļkopības bloks
Sub-model of orcharding

Lauksaimniecības kultūru apakšbloki veido veselu kopu – lauksaimniecības kultūru masīvu. Tālāk ir apskatīts lopkopības apakšbloks (sk. 9. attēlu). Lopkopības apakšblokam atsevišķu elementu struktūra ir līdzīga tai, kas parādīta 3. attēlā, tiek saglabāti iepriekšējo apakšbloku apzīmējumi: cenu trendu konstantes ir apzīmētas ar *Ac* (*Produkta nosaukums*), apjomu trendu konstantes apzīmētas ar *A* (*Produkts*), ienākums – ar *Ien* (*Produkts*) utt.



9. attēls. Lopkopības apakšbloks
Sub-model of cattle breeding

Atbilstoši modeļa kopējai shēmai lauksaimniecības modelis sastāv no diviem lieliem blokiem: augkopības un lopkopības bloka (sk. 10. attēlu).



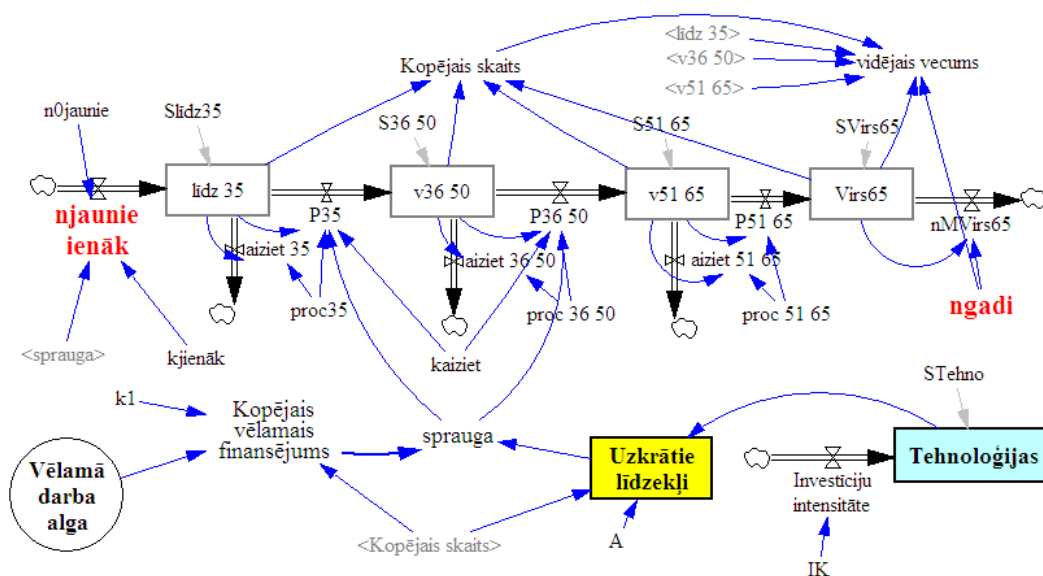
10. attēls. Kopējā aprēķina bloks
Total calculation block

Augkopības kopējais apjoms ir apakšnozaru ieņēmumu summa, un lopbarības daļa nodrošina saistīto bloku „lopkopība”. Ieņēmumi „augkopība” un „lopkopība” veido kopējo apjomu. Salīdzinot to ar sākuma līmeni (*const*), ir iespējams noteikt pieaugumu pa gadiem.

Tālāk apskatīsim lauksaimniecības zinātnes attīstības modeli.

2. Lauksaimniecības zinātnes attīstības dinamiskais modelis

Lauksaimniecības nozares attīstība ir visciešāk saistīta ar zinātniski pētniecisko potenciālu nozarē. Zinātnes sistēmu dinamikas modeļi ir plaši lietoti prognozēšanas modeļu izstrādē (sk., piem., T21 institūta izveidotos atsevišķu valstu modeļus [9]). Sistēmu dinamikas ietvaros ir modelēti arī vairāki lauksaimniecības ražošanas attīstības aspekti [9–14]. Rakstā apskatītajā zinātnes modelī izmantojam lauksaimniecības nozares zinātnieku skaita dinamiku un LLU akadēmiskā personāla dinamiku. Zinātnes attīstības modelis ir dots 11. attēlā.



11. att. Zinātnes attīstības modelis

Science development model

11. attēlā ir parādīts zinātniskā personāla dinamikas modelis, kas ietver arī pieejamā finansējuma ietekmi. Pieprasījumu pēc zinātniekiem veido valsts sektors un privātais sektors. Valsts sektors ir ieinteresēts, lai zinātnieki nodrošinātu augstu mācību līmeni augstskolās un sagatavotu profesionālus konsultantus valsts sektoram. Tie ir zinātnieki, kas seko mūsdienu novitātēm un nodrošina studentiem modernus lekciju kursus. Tie ir lielākoties zinātnieki, kas veic fundamentālos pētījumus augstskolās, bet pašreiz šo zinātnieku piedāvājums pārsniedz pieprasījumu, jo valsts ir ieinteresēta gūt atdevi tūlīt, nevis pēc 10–15 gadiem, kad atsevišķi pētījumi būs novesti līdz jauna izstrādājuma ieviešanai. Dalība dažādos ārvalstu projektos gan ceļ valsts prestižu, bet tūlītēju ieguldījumu ražošanas attīstībā neienes.

Zinātnes pieprasījums privātā sektorā ir proporcionāls nozares tehnoloģiskajam attīstības līmenim un galvenokārt ir saistīts ar īslaicīgiem pētījumiem, kuri dotu ātru rezultātu, atrisinot kādu praktisku problēmu. Ja tehnoloģiskais līmenis ir zems, pieprasījums privātā sektorā ir zems. Tāpēc valsts politika ir jāveido tā, lai maksimāli novirzītu investīcijas uz modernām tehnoloģijām.

Šobrīd veidojas pieprasījums pēc zinātniekiem, kuri spēj apvienot fundamentālo pētījumu idejas ar praktiskiem lietojumiem. Tas ir pieprasījums pēc zinātnes, kura vienlaikus veic gan fundamentālos pētījumus, gan lietišķos pētījumus, un laika sprīdis no fundamentālo pētījumu rezultātu iegūšanas līdz praktiskai to ieviešanai ir ļoti īss. Taču vēlreiz jāpasvītro, ka visam pamatā ir ilglaicīgie fundamentālie pētījumi, kas arī ir pamats jaunu zinātnieku veidošanai.

Modelis papildina zinātnieku skaita attīstības modeli ar pieprasījumu pēc jaunā tipa zinātniekiem, ko nosaka tehnoloģiskā attīstība.

Vēlamā darba alga nosaka to, vai jaunie zinātnieki kalpos Latvijas zinātnei vai orientēsies uz darbu ārzemēs. Lielums *sprauga* modelī regulē šo izšķiršanos. Modelī

$$sprauga = (Uzkrātie līdzekļi - Kopējais vēlamais finansējums) * kalibrēšanas reizinātājs, \quad (7)$$

$$n_{jaunie\ ienāk} = n_{0jaunie} + IF\ THEN\ ELSE(sprauga > 0, sprauga * k_{jienāk}, 0) \quad (8)$$

$$Uzkrātie\ līdzekļi = A * Kopējais\ skaits * Tehnoloģijas \quad (9)$$

$$P35 = ((līdz\ 35)) * (1 - proc35 + IF\ THEN\ ELSE(sprauga < 0, sprauga * kaiziet, 0)) / 3, \quad (10)$$

$$P35-36 = v36\ 50 * (1 - proc\ 36\ 50 + IF\ THEN\ ELSE(sprauga < 0, sprauga * kaiziet, 0)) / 15 \quad (11)$$

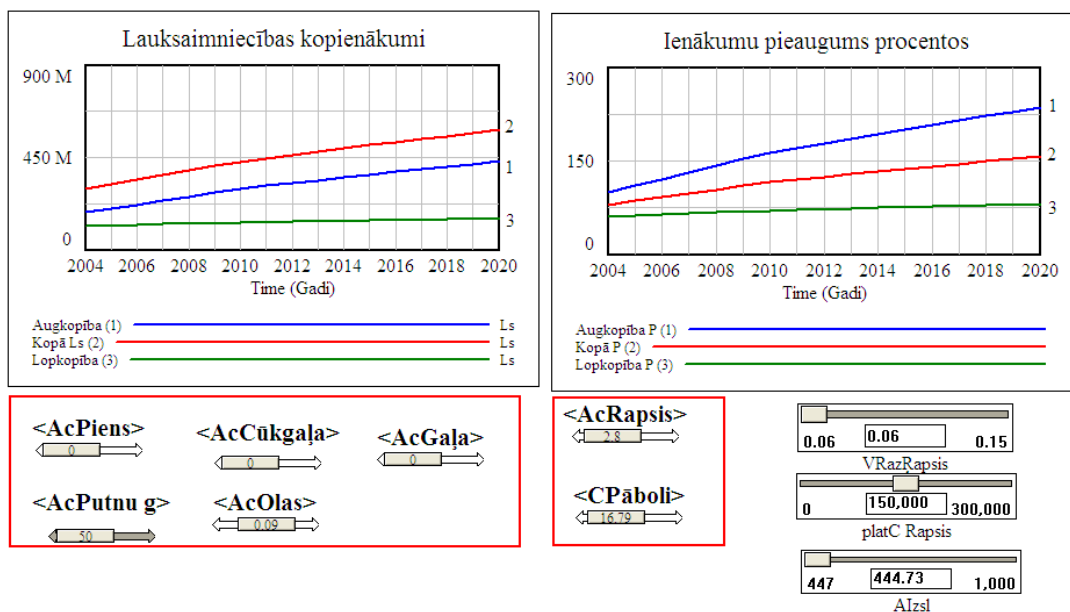
Uzkrātie līdzekļi vienādojumā veidojas proporcionāli tehnoloģiju attīstībai un zinātnieku skaitam, kuri ātrā laikā pārvērš zināšanas reālā ienākumā. To, kā *sprauga* ietekmē zinātnieku aizplūšanu (modelī tas attiecas tikai uz vecuma grupām līdz 35 g. un 36–50 g.), parāda *P35* un *P35-36* formulas.

Modelis ļauj izpētīt dažādus scenārijus un atrast sabalansētu tehnoloģijas attīstību un zinātnes finansēšanu.

3. Lauksaimniecības zinātnes attīstības scenāriji

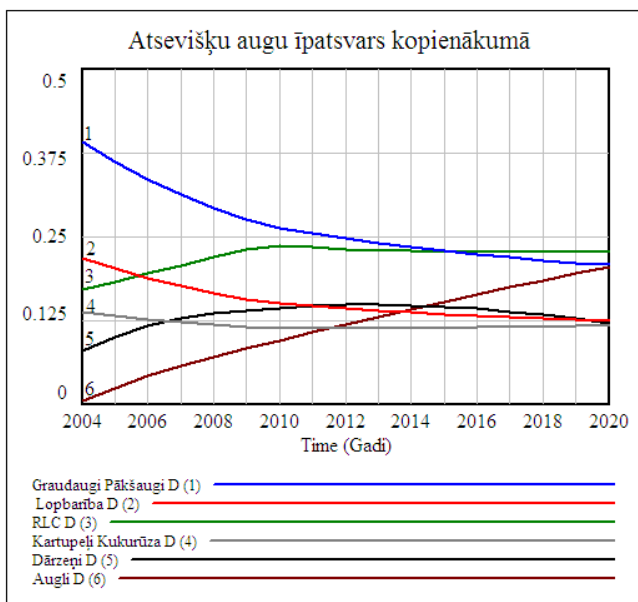
Modelēšanas rezultāti parāda, ka ir iespējams sasniegt salīdzināmus ar ES valstu vidējos ienākumus uz vienu nodarbināto 2020. gadā, nodarbināto skaitam samazinoties ne mazāk kā divas reizes pie labvēlīgiem citiem apstākļiem (ES finansējums, cenas). Var tikt analizēti dažādi scenāriji. Piemēram, pieņemsim, ka lopkopības produkcijas cenas paliek nemainīgas. Tāda situācija ir parādīta turpmāk (sk. 12.–14. attēlu).

Nozaru attīstības dinamika



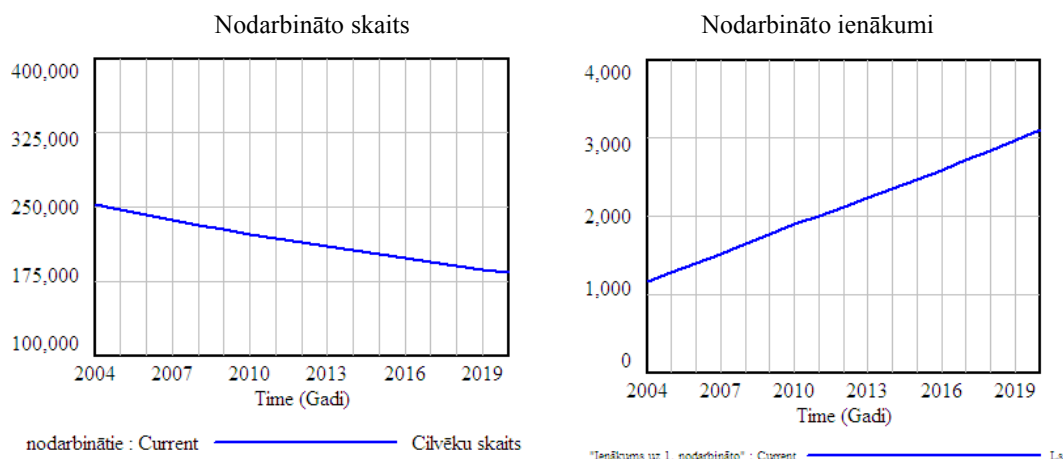
12. attēls. Attīstības dinamikas modelēšana fiksētas cenas apstākļos
Dynamic simulation of development with fixed prices

Atsevišķu augkopības augu īpatsvars attīstības dinamikā parādīta 13. attēlā.



13. attēls. Atsevišķu augu īpatsvara dinamika
Vegetable proportion dynamics

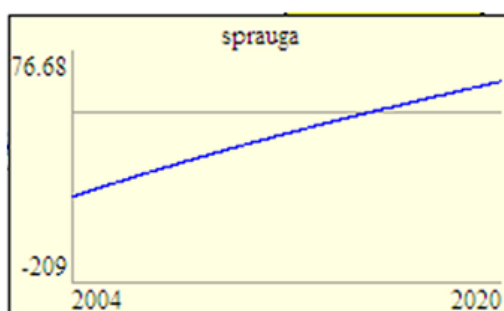
13. attēlā redzam, ka palielinās rapša, augļu un dārzeņu īpatsvars, bet graudaugu, pākšaugu, kartupeļu, kukurūzas un lopbarības īpatsvars samazinās.



14. attēls. **Nodarbināto skaits un ienākumi**
Number of employees and their profits

Laukos dzīvojošo cilvēku ienākumu līmeņa paaugstināšanu līdz vidējam ES līmenim ar lauksaimniecisko ražošanu vien panākt nav iespējams. Protams, ir iespēja meklēt alternatīvas lauksaimniecībā, taču šīs iespējas kopējā kontekstā nav izšķirošas. Jāattīsta ir citi uzņēmējdarbības veidi. Tas var notikt tikai tad, ja ir vispusīga lauku attīstība – ja ir attīstīta izglītības, informatizācijas, infrastruktūras sistēma.

Modelis uzrāda sarežģītu dinamiku, ja aplūkojamā laika posmā notiek lieluma *sprauga* zīmes maiņa no negatīvas vērtības uz pozitīvo (sk. 15. attēlu).



15. att. **Lieluma *sprauga* zīmes maiņa**
Changes of the quantity “crack”

Zinātnieku skaita dinamika ir lejupejoša. Zīmes maiņa ap 2015. gadu nespēj apturēt zinātnisku skaita lejupslīdi nepietiekamas tehnoloģijas attīstības dēļ (nepietiekamas investīcijas).

Tikai palielinot investīcijas tehnoloģijās piecas reizes, var apturēt zinātnieku skaita lejupslīdi pie *kjienāk* un *kaiziet* = 0,01. Jāatzīmē, ka *kienāk* sāk iespaidot rezultātus tikai pie *sprauga* > 0, līdzīgi kā *kaiziet* tikai pie *sprauga* < 0. Protams, papildus stimulējot jauno zinātnieku iesaistīšanu ar *n0 jaunie*, var panākt pozitīvus rezultātus ātrāk. Taču paralēli jāattīsta arī tehnoloģijas, tikai tā nodrošinot reālu pieprasījumu pēc lielāka zinātnieku skaita.

Izveidotais darba modelis ļauj operatīvi modelēt dažādus attīstības scenārijus un var būt par darba instrumentu lēmumu pieņemšanā. Nepieciešamības gadījumā viegli var tikt pievienoti jauni bloki vai arī pārveidoti pašreizējie. Apstākļos, kad ekonomiskās norises mainās ļoti strauji (krīze), pats prognozēšanas process mainās pēc būtības, datu ekstrapolācija, balstīta uz trendiem, kļūst problemātiska. Nelineārā attīstība var novest pie pilnīgi jauniem attīstības variantiem. Balstīta uz ekspertu slēdzieniem, modelēšana (ne tikai datu novērtēšana, bet arī paša modeļa struktūras būtiskas izmaiņas) kļūst sevišķi svarīga.

Literatūra

1. Threshold 21 (T21). Overview. Available: <http://www.threshold21.com/T21Overviewlong0804.pdf>
2. *Principles, structure and application of dynamic regional sector model of Finnish agriculture*. Heikki Lehtonen (Dissertation). Finland, 1998.
3. *Combining Dynamic Economic Analysis and Environmental Impact Modelling: Addressing Uncertainty and Complexity of Agricultural Development*, Heikki Lehtonen, Ilona Bärlundb, Sirkka Tattarib and Mikael Hildenb. MTT Economic Research, Agrifood Research Finland, 2003.
4. *EiroEiropas Savienības kopējās lauksaimniecības politikas 2003. gada reformas ieviešanas Latvijas scenāriji un to īstenošanas novērtējums*. LVAEI, 2005.
5. *The Luxembourg Agreement Refrom of the CAP: An Analysis Using the AGMEMOD Composite Model*. Chantreuil, F., F. Levert and K. Hanrahan. 89th EAAE Seminar, Parma, Italy. February 3–5, 2005.
6. Available: <http://www.tnet.teagasc.ie/agmemod/themodels2020.htm>
7. Available: <http://www.vensim.com/>
8. Available: <http://www.izm.gov.lv/default.aspx?tabID=16&lang=1&id=1717>
9. Available: <http://www.threshold21.com/>
10. *Environmental sustainability in an agricultural development project: a system dynamics approach*. Ali Kerem Saysel, Yaman Barlas and Orhan Yenigu. *Journal of Environmental Management*, 2002, 64.
11. *Modeling the structural adjustment process in Swiss agriculture to estimate future greenhouse gas and nitrogen emissions and evaluate policy options*, Simon Peter, Michael Hartmann, Werner Hediger. Agri-food and Agri-environmental Economics Group, Institute of Agricultural Economics, ETH Zurich, Zurich, Switzerland, 2006.
12. *Production Functions in THRESHOLD 21 and Their Preliminary Applications to Italy, Benin, and Cambodia*, Weishuang Qu, Gerald O. Barney, Philip Bogdonoff. Millenium Institute, 1998. Available: <http://www.systemdynamics.org/conferences/1998/PROCEED/00068.PDF>
13. *The Cosmopad Modeling Framework*. Tom Tesch *et al.*, 2003.
14. *Enhancing the Sustainability of Smallholder Crop-Livestock Systems in the Yucatán Peninsula*, David Parsons, 2004. Available: http://tiesmexico.cals.cornell.edu/research/documents/parsons_abridged.pdf

15. Development of a systems dynamics model for sustainable land use and management. Chien-Hwa Yu, Ching-Ho Chen, Cheng-Fang Lin and Shiu-Liang Liaw. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 2003, Vol. 26, № 5, p. 607–618.

16. Semi-subsistence Farming in Latvia: Its Production Function and What Will Be the Impact of Proposed EU Support? Vineta Vīra, Kristīne Narnicka. *SSE Working Paper*, 2003, 14(49). Available: http://www2.sseriga.edu.lv/library/working_papers/FT_2003_14.pdf

17. V-8. Lauksaimniecībā nodarbināto vecuma struktūra - Rādītāji, Vecuma struktūra - Sektori. Available:

<http://data.csb.lv/pxweb2004/Database/laukskait/V%20%20NODARBIN%C2TO%20SKAITS.%20LAUKU%20SAIMNIEC%CEBU%20IEN%C2KUMA%20AVOTI/V%20%20NODARBIN%C2TO%20SKAITS.%20LAUKU%20SAIMNIEC%CEBU%20IEN%C2KUMA%20AVOTI.asp>

18. Structure and Finances of U.S. Farms: 2005 Family Farm Report. Available: <http://www.ers.usda.gov/publications/EIB12/>

Summary

In the paper two main development models are shown: agriculture industry development model based on the estimations of experts (model of experts) and agriculture science development model. The experts of the Republic of Latvia Ministry of Agriculture take part in the preparation of the model data, and the results of the models are used in Latvia agriculture industry and science development strategy.

The model results show that it is possible to reach profit per employee as the EU average. For this the number of employees have to diminish not less than two times. The level of profit for living in the countries lifts to average EU level. It is possible to develop the alternative agricultural production also. The above mentioned can be achieved only along with comprehensive developments of the countries: education, infrastructure, technologies, etc. Agriculture industry development is constrained to the potential of scientific research in the industry. Furthermore, the number of scientists is declining. Only increasing the investments in technologies by five times in comparison with the current level, the decline in the numbers of scientists in agriculture industry can be stopped.

Keywords: *agriculture economy, strategy, system dynamics, simulation, productivity, sowing area.*