

Jana Bikovska

SCENĀRIJOS SAKŅOTAS IMITĒJOŠO SPĒĻU VADĪBAS PIEEJAS IZSTRĀDE

Promocijas darba kopsavilkums



RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultāte

Informācijas tehnoloģijas institūts

Jana BIKOVSKA

Doktora studiju programmas “Informācijas tehnoloģija” doktorante

**SCENĀRIJOS SAKNOTAS IMITĒJOŠO SPĒĻU
VADĪBAS PIEEJAS IZSTRĀDE**

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskā vadītāja
profesore *Dr. habil. sc. ing.*
GAĻINA MERKURJEVA

RTU Izdevniecība

Rīga 2021

Bikovska, J. Scenārijos sakņotas imitējošo spēļu vadības pieejas izstrāde. Promocijas darba kopsavilkums. Rīga: RTU Izdevniecība, 2021. 41 lpp.

Iespiests saskaņā ar Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultātes Informācijas tehnoloģijas institūta padomes 2021. gada 13. maijā lēmumu, protokols Nr. 12100-2/4.



Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā “Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai”.

<https://doi.org/10.7250/9789934226885>

ISBN 978-9934-22-688-5 (pdf)

PROMOCIJAS DARBS IZVIRZĪTS ZINĀTNES DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ

Promocijas darbs zinātnes doktora (*Ph. D.*) grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2021. gada 6. decembrī plkst. 14.30 tiešsaistē, <https://rtucloud1.zoom.us/j/98284534733>

OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesors *Dr. habil. sc. ing.* Jānis Grundspeņķis,
Rīgas Tehniskā universitāte

Profesors *Dr. sc. ing.* Artis Teilāns,
Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija

Profesors *Dr. Gerrit K. Janssens,*
Hasseltas Universitāte, Beļģija

APSTIPRINĀJUMS

Apstiprinu, ka esmu izstrādājusi šo promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē zinātnes doktora (*Ph. D.*) grāda iegūšanai. Promocijas darbs zinātniskā grāda iegūšanai nav iesniegts nevienā citā universitātē.

Jana Bikovska (paraksts)

Datums:

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, tajā ir ievads, četras nodaļas, secinājumi, literatūras saraksts, 75 attēli, 15 tabulu, trīs pielikumi, kopā 121 lappuse, ieskaitot pielikumus. Literatūras sarakstā ir 58 nosaukumi.

SATURS

IEVADS.....	5
1. PROBLĒMNOZARES PĒTĪJUMU APSKATS UN UZDEVUMA NOSTĀDNE.....	11
2. INTEGRĒTAS PIEEJAS IZSTRĀDE IMITĒJOŠO SPĒĻU SCENĀRIJU GENERĒŠANAI, MODELĒŠANAI UN VADĪBAI	17
3. SCENĀRIJU PIEEJAS REALIZĀCIJA UN EKSPERIMENTĀLĀ ANALĪZE <i>ECLIPS</i> IMITĒJOŠĀ SPĒĻĒ	25
4. SCENĀRIJU PIEEJAS REALIZĀCIJA UN EKSPERIMENTĀLĀ ANALĪZE <i>ILMG</i> IMITĒJOŠĀ SPĒĻĒ	32
DARBA REZULTĀTI UN SECINĀJUMI	37
BIBLIOGRĀFISKAIS SARAKSTS.....	39

IEVADS

Tēmas aktualitāte

Neskatoties uz to, ka imitējošās spēles tiek plaši lietotas mācību nolūkos jau vairākus gadu desmitus, attīstoties jaunām tehnoloģijām, arī šajā jomā parādās jauninājumi, kas ļauj būtiski paplašināt šādu spēļu funkcionālās iespējas un padarīt tās plašāk pieejamas. Šādu spēļu izstrādes un lietošanas jomās tiek veikti pētījumi, un par to liecina vairāku asociāciju aktīvā darbība, piemēram, *ABSEL (Association for Business Simulation and Experiential Learning)* un *ISAGA (International Simulation and Gaming Association)*, kas katru gadu rīko starptautiskas zinātniskās konferences, kā arī nozares žurnāls “*Simulation and Gaming*”, kas jau vairāk nekā 50 gadu publicē rakstus par simulācijas/spēļu izstrādes un lietošanas metodoloģijas attīstību. Noteikti jāpiemin arī zinātniekus, kuri strādāja vai pašlaik strādā pie jaunu spēļu izstrādes, attīstot to lietošanas metodoloģiju un izstrādes tehnoloģiju, piemēram, Ģentes Universitātes profesors *H. Muller (-Malek)* (Beļģija), Linšēpingas Universitātes profesors *R.W. Grubbström* (Zviedrija), Delftas Tehniskās universitātes profesors *A. Verbraeck* (Nīderlande), Rīgas Tehniskās universitātes profesore *G. Merkurjeva* (Latvija).

Viena no jomām, kurā imitējošās spēles tiek izmantotas ļoti intensīvi, ir biznesa studijas. Biznesa imitējošo spēļu attīstības tendences mūsdienās ir vērstas uz tīmekļa un aģentu tehnoloģiju izmantošanu, kas atbalsta e-studijas un studentcentrētu mācīšanās pieeju. Turklāt rodas aizvien vairāk uzņēmumu, kas pieprasa darbinieku apmācību atbilstoši viņu vajadzībām, un tāpēc rodas nepieciešamība pēc spēlēm, kas, spētu pielāgoties konkrētai mācību situācijai, kā arī atbalstītu apmācāmo snieguma novērtēšanu. Patlaban šī problēma tiek risināta ar tirgū pieejamo spēļu plašo klāstu, kas ļauj izvēlēties vispiemērotāko. Taču izmaksu ziņā tas nebūt nav lēti. Tādēļ rodas nepieciešamība izstrādāt tādas metodes, kas ļautu pielāgot vienu un to pašu spēli dažādām situācijām, t. i., ģenerēt, modelēt, novērtēt un vadīt dažādus spēles scenārijus. Viena no pastāvošajām problēmām ir tā, ka ir maz teorētisku pētījumu un praktisku rezultātu tieši imitējošo spēļu scenāriju modelēšanas un vadības jomā. Šajā darbā izstrādāta integrēta scenāriju pieeja, kas nodrošina modelējamo biznesa situāciju dažādību, to pārvaldību, kā arī pielāgojamību konkrētam mācību mērķim un apmācāmajam vienas spēles ietvaros. Pieeja var būt lietojama arī reālo sociālekonomisko sistēmu attīstības scenāriju analīzei.

Promocijas darba mērķis

Promocijas darba mērķis ir izstrādāt integrētu pieeju imitējošo spēļu dinamisko scenāriju ģenerēšanai, modelēšanai un vadībai, kas nodrošina imitējošo spēļu pārvaldību atbilstoši mācību saturam.

Darba uzdevumi

Promocijas darba mērķa sasniegšanai ir definēti šādi pētījuma uzdevumi:

- 1) izpētīt sistēmu plānošanas un vadības scenāriju formalizācijas metodes un to izmantošanas iespējas imitējošo spēļu pārvaldībai;
- 2) izstrādāt integrētu pieeju imitējošo spēļu dinamisko scenāriju ģenerēšanai, simulācijai un vadībai;
- 3) izstrādāt procedūru, modeļus un metodes imitējošo spēļu dinamisko scenāriju pieejas īstenošanai;

- 4) eksperimentāli pārbaudīt pētījuma rezultātus, lietojot tos loģistikas un piegādes ķēžu imitējošo spēļu scenāriju izstrādei un pārvaldībai praksē.

Pētījuma objekts un priekšmets

Promocijas darba pētījumu objekts ir biznesa imitējošās spēles.

Promocijas darba pētījumu priekšmets ir biznesa imitējošo spēļu dinamisko scenāriju ģenerēšanas, simulācijas un vadības metodes, kā arī to lietošana mācību procesā.

Pētījumu metodes

Promocijas darba izstrādē izmantotas: sistēmu analīze, scenāriju metodoloģija, sistēmu imitācijas modelēšana, aģentu tehnoloģija, lēmumu pieņemšanas teorija, matemātiskās statistikas metodes, kā arī operāciju vadības metodes un imitējošās spēles kā mācīšanas metode.

Darba zinātniskais jaunieguvums

Izstrādātā darba galvenie zinātniskie jaunieguvumi ir vairāki.

1. Izstrādāts imitējošās spēles scenārija koncepts, kas ļauj definēt integrētu pieeju dinamisko scenāriju ģenerēšanai, modelēšanai un vadībai.
2. Izstrādāta imitējošo spēļu pārvaldības procedūra scenārijos sakņotas integrētas pieejas īstenošanai atbilstoši noteiktam mācību saturam un mērķiem.
3. Imitējošo spēļu vadības scenāriju modelēšana un vadība balstās uz daudzu modeļu metodoloģiju un nodrošina iespēju modelēt scenāriju attīstības dinamiku.
4. Izstrādātas problēmsfēras scenāriju kopas *ECLIPS* un *ILMG* imitējošo spēļu pārvaldībai loģistikas jomā.

Pētījumu praktiskā nozīmība

1. Promocijas darba rezultāti, tajā skaitā dinamisko scenāriju koncepts un pārvaldības procedūra, tiek lietoti starptautiskās loģistikas vadības spēlēs *ILMG* mācīšanas metodikas izstrādē, kas tiek pasniegta, Linčepingas Universitātē un Valensijas Politehniskā universitātē, kā arī Rīgas Tehniskajā universitātē.
2. Izstrādātie loģistikas spēles *ECLIPS* scenāriji lietoti Eiropas projektā Nr. NMP-032378 “*Extended Collaborative Integrated Life Cycle Supply Chain Planning System*”, demonstrējot pētījumu rezultātu nozīmību.
3. Izstrādātā imitējošo spēļu scenāriju pārvaldības procedūra tiek lietota praktiskajās nodarbībās RTU maģistra studiju programmu “Informācijas tehnoloģija” un “Loģistikas sistēmu un piegādes ķēdes vadība” studijuursos: “Pārvaldības elementu integrācija”, “Loģistikas ķēžu analīze un vadīšana”, “Vadības sintēzes principi un prakse loģistikā”.

Darba aprobācija

Par pētījumu rezultātiem tika ziņots 14 starptautiskās zinātniskās konferencēs.

1. “*2019 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream 2019)*”, Viļņa, 2019. g. 25. aprīlī.
2. “*Rīgas Tehniskās universitātes 55. starptautiskā zinātniskā konference*”, Rīga, Latvija, 2014. g. 14.–16. oktobrī.
3. “*International Workshop on Applied Modelling and Simulation*” (*WAMS2010*), Rio de Janeiro, Brazīlija, 2010. g. 5.–7. maijā.

4. “The 21st European Modelling and Simulation Symposium: Simulation in Industry” (EMSS2009), Tenerife, Canary Islands, Spānijā, 2009. g. 23.–25. septembrī.
5. “The 4th International Conference on Interdisciplinarity in Education”. Viļņa, Lietuvā, 2009. g. 21.–22. maijā.
6. “The 11th International Workshop on Harbor Maritime Multimodal Logistics Modeling & Simulation” (HMS2008), Campora S. Giovanni, Itālijā, 2008. g. 17.–19. septembrī.
7. “The 22nd European Conference on Modelling and Simulation (ECMS2008)”, Nikosija, Kiprā, 2008. g. 3.–6. jūnijā.
8. RTU 48. starptautiskā zinātniskā konference, sekcija “Informācijas tehnoloģijas un vadības zinātne”, Rīgā, Latvijā, 2007. g. 11.–13. oktobrī.
9. “The 21th European Conference on Modelling and Simulation” (ECMS2007), Prāgā, Čehijas Republikā, 2007. g. 3.–6. jūnijā.
10. “The 20th European Conference on Modelling and Simulation” (ECMS 2006), Bonnā, Sanktaugustinā, Vācijā, 2006. g. 28.–31. maijā.
11. “International Conference on Operational Research: Simulation and Optimisation in Business and Industry” (SOBI2006), Tallinā, Igaunijā, 2006. g. 17.–20. maijā.
12. “The 19th European Conference on Modelling and Simulation” (ECMS2005), Rīgā, Latvijā, 2005. g. 1.–4. jūnijā.
13. RTU 45. Starptautiskā zinātniskā konference, sekcija “Informācijas tehnoloģijas un vadības zinātne, Rīgā, Latvijā, 2004. g. 14.–16. oktobrī.
14. “Traditions and Innovations in Sustainable Development of Society”, Rēzeknē, Latvijā, 2002. g. 28. februāris–2. marts.

Darbā veikto pētījumu rezultāti ir atspoguļoti 20 publikācijās, tajā skaitā, divas publikācijas žurnālā “International Journal of Simulation and Process Modelling (IJSPM) un 16 starptautisku konferenču rakstu krājumos (*h-index*: 3).

1. Bikovska, J. Developing an Integrated Approach for the Scenario-Based Management of Simulation Games. No: 2019 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream 2019): Proceedings, Lithuania, Vilnius, April 25, 2019. Piscataway: IEEE, 2019, pp. 96–99. ISBN 978-1-7281-2500-8. e-ISBN 978-1-7281-2499-5. Available: doi:10.1109/eStream.2019.8732163, (*SCOPUS*, *Web of Science*).
2. Bikovska, J. Scenario Development Approach to Management Simulation Games. Information Technology and Management Science. Vol. 17, 2014, pp. 144–149.
3. Merkuryeva G., Bikovska J., Ören T. An agent-directed multisimulation framework for simulation games management // International Journal of Simulation and Process Modelling (IJSPM), Vol. 7, No. 3. (2012) pp. 184–192, (*SCOPUS*). (Ieguldījums ~ 30 %).
4. Merkuryev Y., Bikovska J. Business Simulation Game Development for Education and Training in Supply Chain Management // Proc. of Asia Modelling Symposium (AMS2012), the Sixth Asia International Conference on Mathematical Modelling and Computer Simulation, Indonesia, Bali, May 28–31, 2012, pp. 179–184, (*SCOPUS*), (Ieguldījums ~ 60 %).

5. Bikovska J., Merkuryeva G. The International Logistics Management Game: An Innovative Business Environment for Training // Production-Economic Research in Linköping. LTAB Linköpings Tryckeri AB, 2011, pp. 55–72. (Ieguldījums ~ 80 %).
6. Merkuryev Y., Bikovska J., Merkuryeva G. Supply Chain Dynamics: Simulation-based Training and Education // The 13 International Conference on Harbor, Maritime & Multimodal Logistics Modeling and Simulation, Italy, Rome, September 12–14, 2011, pp. 221–230, (*SCOPUS, Web of Science*). (Ieguldījums ~ 20 %).
7. Merkuryev Y., Merkuryeva G., Bikovska J. Simulation-supported Supply Chain Management // International scientific-practical conference „Simulation and complex modelling in marine engineering and marine transporting systems” – SCM MEMTS 2011, Russia, Sankt-Petersburg, May 29–30, 2011, pp. 50–54. (Ieguldījums ~ 30 %).
8. Merkuryev Y., Merkuryeva G., Hatem J., Bikovska J. Exploiting Simulation in Supply Chain Management: ECLIPS Project Experience // CD Proceedings of the International Workshop on Applied Modelling and Simulation, WAMS2010, Brazil, Rio de Janeiro, May 5–7, 2010, pp. 455–464. (Ieguldījums ~ 25 %).
9. Merkuryeva G., Bikovska J., Ören T. An Agent-Directed Multisimulation Framework for Management Simulation Games // 21st European Modelling and Simulation Symposium: Simulation in Industry (EMSS2009), Spain, Tenerife – Canary Islands, September 23–25, 2009, pp. 14–21, (*SCOPUS, Web of Science*). (Ieguldījums ~ 30 %).
10. Merkuryeva G., Merkuryev Y., Bikovska J., Pecherska J., Petuhova J. Active Learning Logistics Management through Business Gaming // 4th International Conference on Interdisciplinarity in Education, Lithuania, Vilnius, May 21–22, 2009, pp. 181–186. (Ieguldījums ~ 20 %).
11. Merkuryev Y., Merkuryeva G., Bikovska J., Hatem J., Desmet B. Business Simulation Game for Teaching Multi-Echelon Supply Chain Management // International Journal of Simulation and Process Modelling (IJSPM). – Vol. 5, No. 4. (2009), pp. 289–299, (*SCOPUS*). (Ieguldījums ~ 20 %).
12. Merkuryev Y., Hatem J., Merkuryeva G., Bikovska J. Business Simulation Game for Teaching Multi-Echelon Supply Chain Management // The 11th International Workshop on Harbor Maritime Multimodal Logistics Modeling & Simulation (HMS2008), Italy, Campora S. Giovanni, September 17–19, 2008, pp. 20–28. (*SCOPUS, Web of Science*). (Ieguldījums ~ 20 %).
13. Kononov D. A., Kul’ba V. V., Bikovska J. Synthesis of Sustainable Development Scenarios of Social Economic Systems // 22nd European Conference on Modelling and Simulation (ECMS2008) Cyprus, Nicosia, June 3–6, 2008, pp. 139–144. (*SCOPUS, Web of Science*). (Ieguldījums ~ 20 %).
14. Bikovska J., Merkuryeva G. Scenario-Based Planning and Management of Simulation Game: a Review // 21st European Conference on Modelling and Simulation (ECMS2007), Czech Republic, Prague, June 4–6, 2007, pp. 578–583. Book: ISBN 978-0-9553018-2-7, CD: ISBN 978-0-9553018-2-4. (*SCOPUS, Web of Science*). (Ieguldījums ~ 50 %).
15. Bikovska J., Merkurjeva G., Grubbström R. W. Enhancing Intelligence of Business Simulation Games // Proc. of 20th European Conference on Modelling and Simulation

- (ECMS 2006), Germany, Bonn, May 28–31, 2006, pp. 641–646. (*SCOPUS, Web of Science*). (Ieguldījums ~ 40 %).
16. Merkuryeva G., Bikovska J. Building Intelligence in Business Simulation Games // International Conference on Operational Research: Simulation and Optimisation in Business and Industry (SOBI2006), Estonia, Tallinn, May 17–20, 2006, pp. 268–272. (*Web of Science*). (Ieguldījums ~ 55 %).
 17. Soshko O., Merkuryev Y., Merkuryeva G., Bikovska J. Development of Active Training and Educational Methods in Logistics // Annual Proceedings of Vidzeme University College: ICTE in Regional Development, Latvia, Valmiera, June 2005, pp. 62–66. (Ieguldījums ~ 25 %).
 18. Grubbström R. W., Merkurjeva G., Bikovska J., Weber J. ILMG: Learning Arrangements and Simulation Scenarios // 19th European Conference on Modelling and Simulation 'Simulation in Wider Europe' (ECMS 2005), Latvia, Riga, June 1–4, 2005, pp. 715–720, (*SCOPUS, Web of Science*). (Ieguldījums ~ 25 %).
 19. Merkuryeva G., Bikovska J., Grubbström R. W., Weber J. Development of Learning Scenarios for Network-Based Logistics Simulation Game // Computer Science. Information Technology and Management Science. Scientific Proceedings of Riga Technical University, Volume 20. RTU, Riga, 2004, pp. 148–156. (Ieguldījums ~ 25 %).
 20. Merkuryeva G., Muller (-Malek) H., Bikovska J. Management *Simulation Laboratory in High Schools. Menedžmenta imitācijas modelēšanas laboratorija augstskolā* // Traditions and Innovations in Sustainable Development of Society. Issues of Competitiveness in Sustainable Economic Development. Proceedings of the International Conference, February 28–March 2, 2002. Rezekne University, 2002, pp. 231–237. (Ieguldījums ~ 20 %).

Scopus/Web of Science iekļautas 12 publikācijas. No tām 11 – *Scopus*, deviņas – *Web of Science*.

Darba rezultāti ir iegūti un izmantoti divos projektos.

1. Latvijas Zinātnes Padomes grants Nr.05.1653 “Uz imitācijas modelēšanu balstītas apmācības metodoloģijas izstrāde un pielietošana loģistikas jomā, pamatojoties uz gadījumu izpēti un lietišķām spēlēm”. Projekta vadītājs: prof. *Dr. habil. sc. ing.* J. Merkurjevs. Izpildes termiņš: 2005.–2008. g.
2. Eiropas Savienības 6. ietvarprogrammas projekts Nr. NMP-032378 *ECLIPS* “*Extended Collaborative Integrated Life Cycle Supply Chain Planning System*”. Projekta RTU koordinators un vadītājs: prof. *Dr. habil. sc. ing.* J. Merkurjevs. Izpildes termiņš: 2006.–2009. g.

Darbā izstrādātās pieejas zinātnisko nozīmību apliecina sertifikāts, ko izsniedza uzņēmums *Möbius Ltd.* (Beļģija) par piedalīšanos uzdevuma “*Biznesa spēle*” risināšanā un spēles scenāriju izstrādi *ECLIPS* biznesa spēlei zinātniskajā projektā “*Extended Collaborative Integrated Life Cycle Supply Chain Planning System*”.

Atbilstoši darbā piedāvātajai pieejai izstrādātais *ILMG* spēles scenārijs izmantots imitējošo spēļu konkursa “*Business 24h*” ceturtdaļfinālā 2007. gada rudenī, ko organizēja studentu

organizācija “Nākotnes izglītības centrs” ar Latvijas Republikas Izglītības un zinātnes ministrijas atbalstu.

Aizstāvēšanai izvirzītās tēzes

1. Imitējošo spēļu scenāriju formalizācija nodrošina spēles infrastruktūras atkārtotu izmantošanu atbilstoši dažādiem mācību mērķiem.
2. Dinamisko scenāriju ģenerēšanas, modelēšanas un vadības procedūra ir jāievieš spēles pārvaldības procesu uzlabošanai.
3. Scenārijos sakņotās imitējošo spēļu vadības pieejas īstenošana ļauj integrēt biznesa imitācijas spēles dažādos studijuursos.

Darba struktūra un apjoms

Promocijas darbā ir ievads, četras nodaļas, secinājumi, literatūras saraksts un trīs pielikumi. Promocijas darba pamatteksts ir izklāstīts 100 lappusēs un paskaidrots ar 75 attēliem un 15 tabulām. Literatūras sarakstā ir iekļauti 58 nosaukumi.

Promocijas darba struktūra

Ievadā pamatota tēmas aktualitāte, formulēti darba mērķi un uzdevumi, definēti pētījumu objekts un priekšmets, ka arī aprakstītas izmantotās pētījumu metodes.

Pirmā nodaļa veltīta scenāriju lomas izpētei imitējošo spēļu kontekstā. Šajā nodaļā aprakstītas scenāriju formalizācijas metodes, tajā skaitā piedāvāts scenārija koncepts.

Darba **otrā nodaļa** veltīta scenāriju ģenerēšanas un modelēšanas pieeju un metožu apskatam, izstrādāta un aprakstīta scenāriju ģenerēšanas, simulācijas un vadības vispārīgā procedūra, kā arī piedāvāta integrēta pieeja imitējošo spēļu scenāriju pārvaldībai.

Trešajā nodaļā aprakstīta izstrādātās integrētās scenāriju pieejas praktiskā realizācija, eksperimentālā analīze un lietošana *ECLIPS* spēlē. Izstrādāts arī piegādes ķēdes konceptuālais modelis un posmu darbības algoritmi atbilstoši periodiskās un nepārtrauktās krājumu pārbaudes stratēģijām; aprakstīti izpildes rādītāji, kas ļauj novērtēt un salīdzināt dažādu scenāriju efektivitāti; izstrādāts spēles scenāriju pārvaldības rīks, kas darbojas atbilstoši konceptuālajam modelim un ļauj modelēt un eksperimentāli novērtēt scenārijus, pirms tie tiek piedāvāti studentiem.

Ceturtajā nodaļā aprakstīta izstrādātās integrētās scenāriju pieejas praktiskā lietošana *ILMG* spēlē. Tajā skaitā izstrādāts ietvars, kas nodrošina *ILMG* spēles pārvaldību ar aģentiem. Realizēts spēles aģents, kas nodrošina scenāriju ģenerēšanu, kā arī aģents – virtuālais spēlētājs, kas nodrošina ģenerētā scenārija modelēšanu un ļauj novērtēt scenārijus, pirms tie tiek integrēti studiju procesā kādā konkrētā kursā.

Darba noslēgumā apkopoti promocijas darba rezultāti un secinājumi.

Darbam ir trīs pielikumi. Pirmajā pielikumā ir sertifikāts, ko izsniedza uzņēmums *Möbius Ltd.* (Beļģija) par piedalīšanos uzdevuma “*Biznesa spēle*” risināšanā un spēles scenāriju izstrādi *ECLIPS* biznesa spēlei zinātniskajā projektā “*Extended Collaborative Integrated Life Cycle Supply Chain Planning System*”; prof. *R. W. Grubbström* (Zviedrija) atzinums par izstrādāto *ILMG* spēles scenāriju; imitējošo spēļu konkursa “*Business 24h*” organizētāju pateicības raksts par piedalīšanos tajā ar *ILMG* spēli. Otrajā pielikumā – *ECLIPS* spēles aizpildīto aizpildītu transakciju formu piemērs. Trešajā pielikumā – *ILMG* spēles scenārija apraksts.

1. PROBLĒMNOZARES PĒTĪJUMU APSKATS UN UZDEVUMA NOSTĀDNE

Imitējošās spēles jau sen ir atzītas par efektīvu mācību līdzekli, jo tās nodrošina virtuālo vidi lēmumu pieņemšanas praktisko prasmju attīstībai dažādās jomās. Tās plaši lieto militārajā sfērā, politikā, socioloģijā, biznesā un akadēmiskiem nolūkiem. Mūsdienās, pateicoties informācijas un komunikācijas tehnoloģiju attīstībai, paplašinās arī imitējošo spēļu funkcionālās iespējas, kas paaugstina to efektivitāti, maksimāli pietuvinot spēles reālās dzīves situācijām.

Promocijas darbā pētītas biznesa imitējošās spēles, kas pēc savas būtības paredz teorijas un prakses integrēšanu, iemaņu iegūšanu biznesa problēmu atpazīšanā, risināšanas metožu izvēli un pieskaņošanu problēmai, ātri mainīgas vides kontroles iemaņu apgūšanu, kā arī lēmumu pieņemšanu grupās. Visas šīs iezīmes liecina par to, ka spēles pieder pie aktīvajiem mācīšanas veidiem, kas paredz visu mācību procesa dalībnieku aktīvu iesaistīšanos.

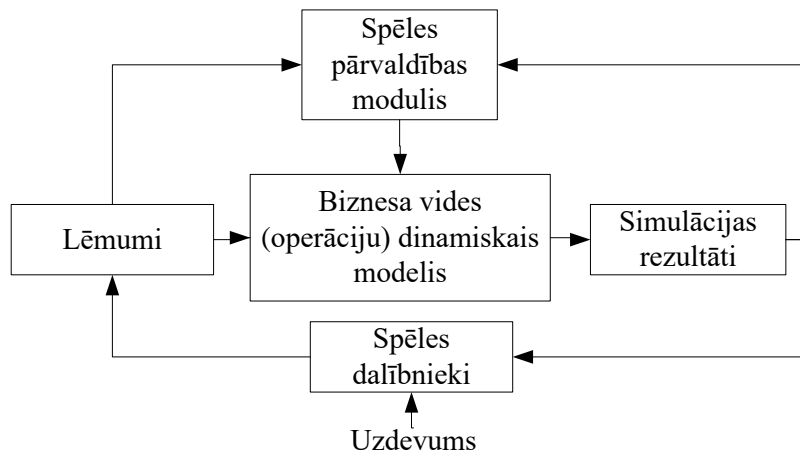
Imitējošās spēles nodrošina iespēju praktiski lietot esošas teorētiskās zināšanas, kā arī gūt jaunas, transformējot iegūto pieredzi [1, 2]. Spēles dalībnieki var redzēt, kā pieņemtie lēmumi ietekmē esošo situāciju un nākotnes notikumus, kā arī var reaģēt uz šiem notikumiem, pieņemot jaunus lēmumus. Citiem vārdiem, lēmumu pieņemšanas process koncentrējas ap biznesa operāciju modeli, kur dalībnieki uzņemas lēmējpersonas lomu.

Imitējošām spēlēm ir raksturīga pētāmā procesa vai sistēmas imitācijas modeļa esamība, kur atsevišķas darbības izpilda spēles dalībnieki (cilvēki) [3, 4]. Imitācijas tehnoloģija nodrošina dažādu biznesa vides situāciju modelēšanu, eksperimentēšanu ar vadības lēmumiem, to seku kvantitatīvu novērtēšanu, biznesa vides dinamikas modelēšanu, kā arī laika reversēšanu, t. i., atkārtotu situācijas modelēšanu. Rezultātā imitācijas modeļa izmantošana piedāvā vairākas priekšrocības, ko var veiksmīgi izmantot mācību procesā, piemēram, palīdz izprast sarežģītas problēmas, palielina mācīšanās motivāciju, piedāvājot atraktīvu mācīšanas veidu, nodrošina bezrisku vidi eksperimentālām mācībām un modelējamo situāciju daudzveidību, daļēji likvidē robu starp teoriju un realitāti. Tā rezultātā spēļu praktiskā daba nodrošina iespēju dalībniekiem attīstīt un pilnveidot zināšanas un iemaņas dažādās biznesa problēmsfērās. Visbiežāk šādā veidā tiek attīstītas praktiskās iemaņas sistēmu analīzē, lēmumu pieņemšanā, problēmu risināšanā, nenoteiktības pārvarēšanā, kritiskajā domāšanā, vadības dinamikā utt.

Biznesa imitējošajās spēlēs dalībniekiem tiek piedāvāts būt par virtuālā uzņēmuma dažāda līmeņa vadītājiem. Spēlētājiem tiek piedāvāti sākuma dati, kas raksturo sistēmas sākuma stāvokli, un spēles gaitā viņi saņem informāciju, piemēram, tirgus pārskatus, finanšu atskaites utt., kas raksturo situācijas attīstību. Reaģējot uz dažādām situācijām jeb pieņemot lēmumus, dalībniekiem ir iespēja praktiski lietot teorētiskās zināšanas un gūt pieredzi dažādu problēmu risināšanā, savstarpēji dalīties zināšanās, saņemot mācībspēka atbalstu.

Vispārējā gadījumā imitējošā spēle satur (1.1. att.) biznesa vides dinamisku modeli, kas ļauj simulēt procesu kopumu, nodrošinot savstarpēji saistītu stāvokļu secību modelēšanu paātrinātā laika mērogā. Situāciju secība tiek realizēta lēmumu pieņēmēju un vadības iedarbju iespaidā. Balstoties uz savām zināšanām un pieredzi, lēmējpersonas pieņem lēmumus un atgriezeniskās saites veidā saņem pieņemto lēmumu rezultātus. Modeļa darbības rezultāti dažkārt izraisa

nepieciešamību pēc vadības iedarbēm, kas koriģē spēles modeļa darbību, un to sauc par spēles pārvaldību, kas ir nepieciešama spēles scenārija izpildes plānošanai un kontrolei, kā arī izmaiņu plānošanai, kas nodrošina spēlētāju noturēšanu scenārija ietvaros un tādējādi palīdz gūt nepieciešamās iemaņas. Atgriezeniskā saite un laika dimensija spēlē nodrošina iespēju redzēt pieņemto lēmumu ietekmi uz notikumiem nākotnē, t. i., pētīt īstermiņa un ilgtermiņa lēmumu sekas, reaģēt uz izraisītiem notikumiem, pieņemot jaunus lēmumus utt.



1.1. att. Imitējošās spēles struktūra.

Biznesa imitējošo spēļu klāsts ir ļoti plašs, un tās var klasificēt pēc vairākām pazīmēm, piemēram [5]. Tālāk tekstā ir nosauktas dažas promocijas darbā būtiskas pazīmes:

- 1) uzbūves princips:
 - a) universālas vai funkcionālas;
 - b) ar tiešu vai netiešu dalībnieku konkurenci;
 - c) ar determinētu vai stohastisku biznesa vides modeli;
 - d) galda vai datorspēle;
 - e) individuāla vai grupas spēle;
 - f) tiešsaistes vai bezsaistes;
 - g) reāllaika vai ar gājienu laika skaitīšanas mehānismu;
 - h) ar vienu vai vairākiem scenārijiem;
 - i) ir vai nav realizēts scenāriju pārvaldības atbalsts;
- 2) lietošanas mērķis:
 - a) mācību procesam;
 - b) pētniecības procesam.

Parasti biznesa spēles modelē sociāli ekonomiskas sistēmas, kurām raksturīgi vairāki attīstības scenāriji atkarībā no daudziem objektīviem un subjektīviem faktoriem. Par objektīviem var uzskatīt apkārtējās vides faktoros, kas tieši nav atkarīgi no cilvēku rīcības, par subjektīviem – cilvēku lēmumus, kas ietekmē sistēmas attīstību. Imitējošās spēles ir tikai modelis, kas aizstāj realitāti, tāpēc šajā gadījumā nevar runāt par pilnībā objektīviem ietekmējošiem faktoriem, kas būtībā ir atkarīgi no spēles scenārija izstrādātāja.

Darbojoties spēles virtuālajā vidē, dalībnieku lēmumu ietekmē var rasties situācijas, kas izmaina spēles scenārija gaitu tā, ka sasniegt noteiktos mērķus vairs nav iespējams. Viens no

šīs problēmas pārvarēšanas ceļiem ir tāda scenārija ģenerēšana un turpmāka pārvaldība, kas nodrošinātu mērķa sasniegšanu. Literatūras apskats liecina par šīs problēmas aktualitāti, un vairāki autori savos pētījumos mēģina to atrisināt dažādos ceļos [6, 7, 8].

Scenāriju pieejas lietošana mācību nolūkos nav nekāds jaunums (1.1. tab.). Pētījumus par šo jautājumu ir veicis, piemēram, Kindlijs [9]. Taču patlaban literatūrā ir atrodams maz metožu, kas ļauj formalizēt un turpmāk automatizēt spēles scenārija izstrādi un ģenerēšanas procesu, taču pētījumi šajā virzienā jau ir iesākti [10]. Tātad – imitējošas spēles ir viens no scenārijos sakņotās mācīšanās pieejas realizācijas piemēriem.

1.1. tabula

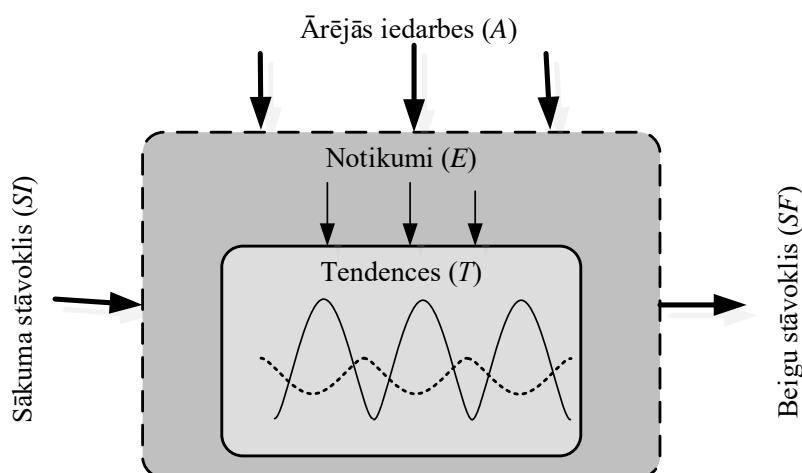
Tradicionālās un scenārijos sakņotās mācīšanās pieeju salīdzinājums

	Tradicionālā	Scenārijā sakņotā
Mācīšanās pieeja	Deduktīva	Induktīva
Fokuss	Mācīšanas objekts vai subjekts	Apmācāmo uzvedība
Mācīšanās mērķi/ sasniedzamie rezultāti	Izteikti kompetencēs un prasmēs (statiskie)	Atkarīgi no mācību scenārijiem (dinamiskie)
Mācīšanās pieredzes pilnveide	Lineārā (uzdevumi, pareizas/nepareizas atbildes, vērtēšana)	Nelineārā ar atgriezenisko saiti (izpētes gadījumi, alternatīvie risinājumi, ieteikumi un vadlīnijas)
Mācīšanās process	Prototipēšana	Rīcības pētījums
Piemērotība	Vienkārši, labi strukturēti uz zināšanām orientēti uzdevumi	Sarežģītas problēmas ar komponenšu mijiedarbību mainīgā vidē, kas orientētas uz zināšanu un prakses integrēšanu

Imitējošās spēles ar iespēju ģenerēt dažādus scenārijus ļauj izvēlēties atbilstošu spēles sarežģītības līmeni, kas ir atkarīgs no specifiskiem mācību mērķiem un apmācāmo zināšanu līmeņa. Parasti šāda scenārija izstrādes (ģenerēšanas) process un tā turpmākā kontrole (vadība) spēles sesijas laikā notiek manuāli, kas, piemēram, universālo spēļu gadījumā ir gan laikietilpīgi, gan sarežģīti, ņemot vērā, ka tas prasa eksperta zināšanas dažādās jomās [11].

Scenārijs ir imitējošās spēles bāzes elements, kas tiek iepriekš definēts. Parasti scenārijā tiek attēlotas spēles vispārējās tendences un to ietekmējošo faktoru (notikumu) secība laikā. Notikumu ģenerēšanas paņēmieni var būt dažādi (determinēts, stohastisks), taču imitējošām spēlēm raksturīgs jaukts notikumu ģenerēšanas veids, kad spēles process seko kādam noteiktam algoritmam, kas, piemēram, attēlo kāda ražošanas procesa tehnoloģiju, taču notikumiem ir varbūtīgs raksturs. No spēles scenārija ir atkarīgs, kādas zināšanas un iemaņas iegūs apmācāmais. Ja scenārijs ir labi pārdomāts un precīzi formulēts, kā arī piemērots konkrētai situācijai, tas pilnā mērā attīsta spēles dalībnieku iemaņas un sniedz jaunas zināšanas. Ja scenārijs neatbilst situācijai vai ir neadekvāts, pastāv risks, ka spēlei nebūs pareizā mācīšanās efekta.

Ģenerējot scenāriju, nepieciešams noteikt mainīgo kopu, kas raksturo procesa attīstību modelējamā laika periodā. Modeļa mainīgos iedala tendencēs, notikumos un iedarbēs [12]. Tendence ir mainīgais, kas atspoguļo sistēmas attīstību laika rindas formātā. Tendencēm ir galvenā ietekme uz procesiem, kas notiek sistēmā. Katrai tendencei var definēt tās izmaiņu kādā laika intervālā. Notikums ir mainīgais, kas ietekmē konkrētu tendences dinamiku vai citus notikumus, to īstenojot vai neīstenojot. Iedarbes ietekmē gan tendences, gan notikumus. Vispārējā scenārija struktūra redzama 1.2. attēlā.



1.2. att. Scenāriju koncepts.

Vispārējā veidā scenārijs var būt interpretēts kā sistēmas transformācijas procesa apraksts no sākuma stāvokļa līdz beigu stāvoklim, sekojot tā attīstības tendencēm, ko ietekmē gan iekšējie notikumi, gan ārējās iedarbes.

Korteža veidā to var pierakstīt šādi:

$$\langle SI, T, E, A, SF \rangle,$$

kur: SI – sistēmas sākuma stāvoklis;

T – sistēmas attīstības tendences;

E – iekšējie notikumi;

A – ārējās iedarbes;

SF – sistēmas beigu stāvoklis.

Tendence T_i paredzēta sistēmas dinamikas modelēšanai laika periodā t , un to var aprakstīt ar funkciju:

$$T_i = f_i(t), T_i \in T.$$

Tendenču raksturs ir atkarīgs no funkcijas veida un tās parametriem.

Visas iekšējās un ārējās iedarbes ir atkarīgas no sistēmas pašreizējā stāvokļa un ir vērstas uz sistēmas funkcionēšanas mērķa sasniegšanu. Jebkuras iedarbes ietekmē tendenču raksturu ilgtermiņā vai īstermiņā:

$$f_i^E : E \rightarrow T_i \text{ un } f_i^A : A \rightarrow T_i,$$

kur: $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ ir iekšējo notikumu kopa;

$A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ ir ārējo aktivitāšu kopa.

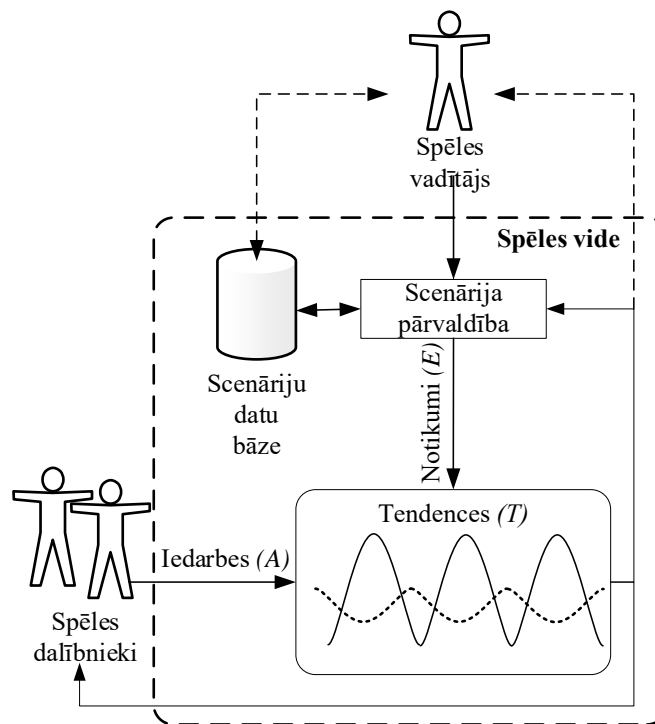
Sistēmas sākuma stāvoklis ir atkarīgs gan no tās struktūras, gan no tendences funkciju vērtībām momentā, kad sākas sistēmas pētīšana:

$$SI = T_i(t_0),$$

kur t_0 – sākuma laika moments.

Imitējošās spēles kontekstā scenārijs detalizēti apraksta spēles biznesa vides sākuma stāvokli un nosaka situācijas turpmāko attīstību laikā saskaņā ar definētām sistēmas attīstības tendencēm, kā arī tajā ir iekļauts svarīgo notikumu sarakstu, kas inicializējas imitācijas laikā. Spēlētāji pieņem lēmumus (vai izpilda darbības), kas var ietekmēt gan tendences, gan notikumus. Tendences var būt konfigurētas saskaņā ar mācību mērķiem, izmainot attiecīgos spēles parametrus.

Nemot vērā imitējošās spēles struktūru (1.1. att.), scenārija vieta tajā var būt definēta šādi: spēles scenārijs nosaka spēles modeļa sākuma stāvokli, kā arī tā attīstību laikā, ļaujot veikt nepieciešamās izmaiņas esošajā situācijā spēles gaitā (1.3. att.).



1.3. att. Scenārijos sākotnējais struktūrietvars imitējošo spēļu plānošanai un vadībai.

Līdz šim jau eksistēja scenārijos sākotnējās spēles, taču visu atbildību par scenārija pārvaldību uzņēmās mācībspēks, balstoties uz personīgo pieredzi un zināšanām, kas apgrūtināja spēles pārvaldību. Par piemēru šāda tipa spēlei var kalpot progresīva universālā, dinamiskā vadības imitējošā spēle *New ORSIAM Int.*, kas nodrošina galveno plānošanas, organizēšanas, vadības un kontroles funkciju apgūšanu un māca rast līdzsvaru konflikta situācijās starp dažādiem lēmumiem grupas ietvaros [2]. Par funkcionālās spēles piemēru var kalpot *ROFA-Plus OPC* spēle, kas paredz ražošanas operāciju plānošanas un vadības modelēšanu un nodrošina iespēju ieviest un analizēt vairākas plānošanas un vadības stratēģijas atbilstoši piedāvātiem scenārija nosacījumiem [13].

Promocijas darba mērķis ir izstrādāt imitējošo spēļu dinamisku scenāriju formalizācijas metodi, kas paredz scenāriju ģenerēšanu, simulāciju un vadību.

Secinājumi

1. Imitācijas modelēšanā sakņotā mācīšanās, tai skaitā, imitējošās spēles, turpina attīstīties kā efektīvs aktīvās mācīšanās veids mūsdienu informācijas tehnoloģiju ietekmē, kas ļauj rast aizvien jaunas to lietošanas sfēras un funkcionālās iespējas.
2. Mūsdienu imitējošās spēles parasti modelē kādas sarežģītas sistēmas darbības principus un procesus pēc noteikta scenārija, ko nepieciešams izstrādāt un pārbaudīt, pirms tas tiks piedāvāts reāliem spēlētājiem. Līdz ar to piedāvātais scenārija koncepts, kas formalizē scenārija jēdzienu, ir būtisks scenāriju ģenerēšanas, modelēšanas un vadības procedūras izstrādei, kas tiks piedāvāta šī darba otrajā nodaļā.
3. Imitējošo spēļu scenārija definīcija un tās formalizācijas pieeja ļauj piedāvāt scenārijos sakņoto struktūrietvaru imitējošo spēļu plānošanai un vadībai, kas savukārt ļaus izstrādāt scenāriju pārvaldības atbalsta rīkus gan piegādes ķēdes vadības spēlei *ECLIPS*, gan loģistikas vadības spēlei *ILMG*.

2. INTEGRĒTAS PIEEJAS IZSTRĀDE IMITĒJOŠO SPĒĻU SCENĀRIJU ĢENERĒŠANAI, MODELĒŠANAI UN VADĪBAI

Šajā nodaļā apskatītas scenāriju modelēšanas metodes un procedūras, sniegtas definīcijas jēdzieniem, ko lieto scenāriju pieejā, kā arī aprakstīti scenāriju veidošanas mērķi un uzskaitīti tā elementi.

Pēc būtības scenāriji ir viena no mūsdienīgām metodēm informācijas attēlošanai par apkārtējo vidi un operētājpuses atbildes rīcībām uz šīs vides stāvokli, kas nosaka principiālās sistēmas attīstības tendences [12]. Atkarībā no konteksta un nozares, kurā jēdziens “scenārijs” tiek lietots, eksistē vairākas tā definīcijas.

Visbiežāk scenāriju definē kā izpētes objekta iespējamo attīstības variantu kopu, kas tiek formāli modelēta notikumu secības veidā. Precizējot šo definīciju, var piebilst, ka notikumu secība parāda, kā no esošās vai kādas citas noteiktas situācijas soli pa solim var izvērsties pētāmā objekta nākotnes stāvoklis.

Atkarībā no pētījuma mērķiem, scenāriju funkcijām un iegūto rezultātu izmantošanas paņēmieniem jēdzienam “scenārijs” var būt dažādas nozīmes. Piemēram, par objekta uzvedības scenāriju sauc vides izmaiņu modeli, kas ir saistīts ar kādas situācijas rašanos un attīstīšanos, ko var noteikt diskrētā laika telpā ar uzdotu laika soli [12].

Scenāriju veidošanas mērķis nav tikai viennozīmīga vai varbūtiska notikumu prognozēšana, bet arī vairāku notikumu loģiskās ķēdes noteikšana. Mērķis nav visu iespējamo attīstības alternatīvu noteikšana (šajā gadījumā variantu skaits ātri kļūst nepārredzams), bet dažu kvalitatīvi un saturiski dažādu trajektoriju noteikšana, kas koncentrētā veidā atspoguļo visu iespējamo sistēmas attīstības virzienu spektru.

Scenāriju pieeja atrodas prognozēšanas un plānošanas krustpunktā. No šīm jomām scenāriju pieejā ir viens elements, kas ir sastopams abos darbības veidos, – pētāmā objekta iespējamo attīstības variantu sistemātiska izstrāde un pētīšana.

Scenārija jēdziens var tikt apskatīts arī šaurākā nozīmē atkarībā no lietošanas sfēras. Šajā darbā apskatītas biznesa imitējošās spēles, tāpēc precizēsim scenārija definīcijas šajā jomā. Tātad – imitējošās spēles scenārijs specifificē sākuma nosacījumus, kā arī svarīgus notikumus imitācijas laikā [11].

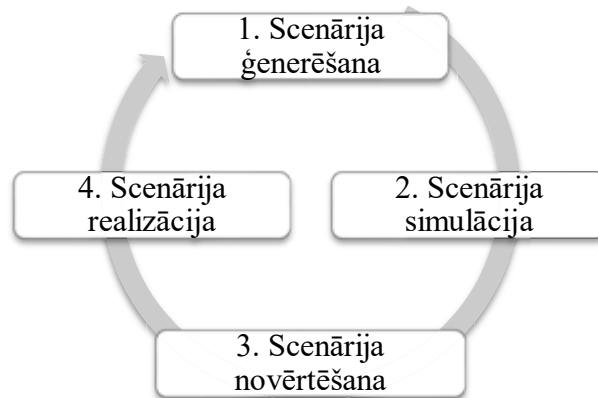
Darbā izstrādājamajiem scenārijiem tika noteiktas vairākas prasības.

1. Atbilstoši konceptam (1.2. att.) jāapraksta parametru kopu un tendences, kā arī to izmaiņu likumsakarības, atsaucoties uz dažādiem notikumiem un darbībām.
2. Scenārijam jābūt dinamiskam.
3. Scenārijam jābūt stabilam, t. i., pēc iespējas rezistentam pret dažādām iedarbēm.
4. Izstrādājot scenāriju, jāievēro scenāriju dzīves cikls (2.1. att.).

Spēļu scenārija izstrādei ir vairāki posmi: 1) mērķa definēšana; 2) sākuma stāvokļa definēšana; 3) attīstības tendenču definēšana; 4) notikumu plānošana.

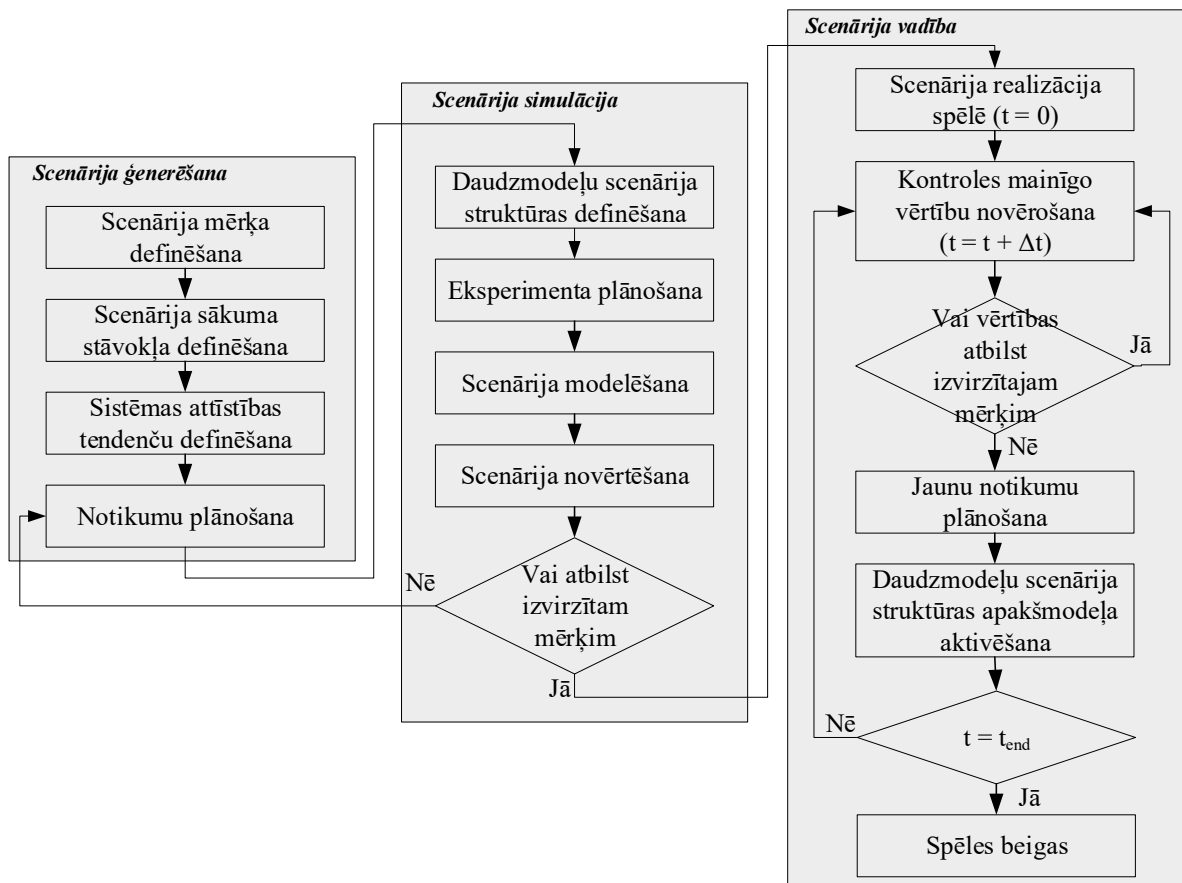
Scenārija pārvaldības pamatfunkcija ir spēles gaitas plānošana un plānu izpildes kontrole, kā arī nepieciešamo operatīvo izmaiņu veikšana. Uzraudzības mērķis ir kontrolēt biznesa vides modeļa darbības rādītājus, un, ja kāda rādītāja vērtība ir ārpus definētā apgabala, scenārijā tiek

ievietas nepieciešamās izmaiņas vai tiek izmantots alternatīvs scenārijs, kas izmaina esošo situāciju atbilstoši mācību mērķiem.



2.1.att. Scenāriju dzīves cikls.

Scenārija pārvaldības procedūra iekļauj trīs posmus (2.2. att.).



2.2. att. Scenārija pārvaldības vispārīgā procedūra.

Pirmais posms ir scenārija ģenerēšana, kad tiek definēti scenārija mērķi, noteikts sistēmas sākuma stāvoklis, definētas sistēmas attīstības tendences un plānoti notikumi, kas tiks realizēti scenārija gaitā. Otrais posms paredz scenāriju modelēšanu ar mērķi noskaidrot, vai ģenerētais scenārijs atbilst mācību saturam un mērķiem. Šajā posmā notiek scenārija daudzmodeļu

struktūras definēšana, balstoties uz notikumu sarakstu. Saskaņā ar šo struktūru tiek plānots modelēšanas eksperiments un notiek scenārija modelēšana. Tālāk scenāriju jānovērtē, pārbaudot, vai scenārija modelēšanas rezultāti atbilst noteiktajam mērķim.

Ja scenārijs atbilst, notiek tā realizācija spēlē, kas paredz arī scenārija vadību. Ar laika soli t notiek kontroles mainīgo vērtību novērošana, un, ja kāda rādītāja vērtība ir ārpus definētā apgabala, tiek ieviestas nepieciešamās izmaiņas scenārijā vai tiek izmantots alternatīvais scenārijs, kas izmaina esošo situāciju atbilstoši mācību mērķim.

No vienas puses, darbības var ietekmēt tendenču dinamiku un izraisīt vai noraidīt citas darbības, taču, no otras puses, notikumi var ietekmēt tendences un veicamās darbības. Parasti spēles vadītājs lemj par tendencēm vēl pirms spēles. Spēles gaitā dalībnieki pieņem lēmumus, t.i., izpilda darbības, kas atbilst mācību mērķim, un, ja tas izraisa neparedzētus rezultātus (piemēram, bankrota), spēles vadītājs iekļauj spēlē kādus notikumus, kas varētu motivēt spēlētājus sasniegt mērķi.

Vispārējā gadījumā scenāriju izstrādes mērķis var būt definēts šādi [12]:

- pētāmā objekta būtisko attīstības momentu noteikšana un uz šī pamata kvalitatīvi dažādu to attīstības dinamikas variantu izstrāde;
- katra iegūtā varianta virspusēja analīze un novērtēšana, to struktūras īpašību un to iespējamo realizācijas seku izpēte ar mērķi izveidot konkrētus plānus un programmas to realizēšanai.

Scenārija elementus var iedalīt trīs grupās: attīstības tendences; notikumi; iedarbes [12]. Scenāriju apvieno attiecīgā mainīgo kopa un sakarības starp tiem. Pēc būtības scenāriju raksturo ar darbību kopu, kurai jānodrošina vēlamais situācijas attīstības variants.

Tendence attēlo pētāmā objekta attīstību laika rindas formā. Par tendencēm var būt sistēmas darbības rezultējošie rādītāji, kā arī tie mainīgie, no kuriem var sagaidīt galveno ietekmi uz pētāmo procesu. Katrai tendencei var definēt tā izmaiņu pētāmajā laika intervālā. Notikums var ietekmēt noteiktu tendenču dinamiku vai citus notikumus, to īstenojot vai neīstenojot. Iedarbes rodas kādu subjektu (piemēram, spēles dalībnieku) darbības rezultātā un ietekmē gan tendences, gan notikumus.

Scenārijam ir sākuma stāvoklis, kā arī tajā iekļauts notikumu saraksts kas ir virzīti uz starpības samazināšanu starp vēlamu un sagaidāmo situācijas attīstības norisi.

Pastāv objekta uzvedības scenārijs un tā vadības scenārijs [12]. Uzvedības scenārija mērķis ir izpētīt objekta uzvedību apstākļos, kad nav jebkādu mērķtiecīgu vadības iedarbju. Vadības scenārija mērķis ir parādīt, kādas būs sekas konkrētām vadības iedarbēm (tiek risināts tiešais vadības uzdevums), vai atrast tādas vadības iedarbes, pie kurām objekts nonāks vēlamā stāvoklī (tiek risināts apgrieztais vadības uzdevums).

Scenāriju formalizācijai kalpo pieeja, kad pētāmā sistēma tiek attēlota vispārējā dekompozētā veidā:

- objekts, kas tiek pakļauts izpētei un ietekmei;
- subjekts, kas to veic;
- sakarības starp norādīto objektu, subjektu un ārējo vidi.

Vienam un tam pašam scenārijam neatkarīgi no formas un attēlošanas valodas jābūt viennozīmīgi traktējamam. Pamatprasības scenārija attēlošanai var definēt šādi [12]:

- analīzes vienkāršība un ērtība katram lietotājam lēmumu sagatavošanas un pieņemšanas procesā;
- datorapstrādes iespēja interaktīvā režīmā;
- scenārija struktūra un sakarības starp pamata notikumiem.

No spēles scenārija kvalitātes un tā adekvātuma lielā mērā ir atkarīga arī mācīšanās kvalitāte, tādēļ promocijas darbā ir izstrādāta scenāriju pārvaldīšanas vispārīgā procedūra .

Parasti sistēmas attīstību ietekmē dažādi nenoteiktības faktori, tāpēc visus scenārijus viegli formalizēt nevar, tādēļ tos klasificē kā: (1) formalizētos, kas iekļauj automātiski datorizētas scenāriju ģenerēšanas metodes; (2) daļēji formalizētos, kas balstās uz automātisku ģenerēšanas procedūru, taču tos koriģē ar ekspertu palīdzību; (3) neformalizētos, kas balstās uz ekspertu spriedumiem. Promocijas darba pētījumi koncentrējas uz 2. tipa scenārijiem. Par ekspertu var uzskatīt imitējošās spēles vadītāju.

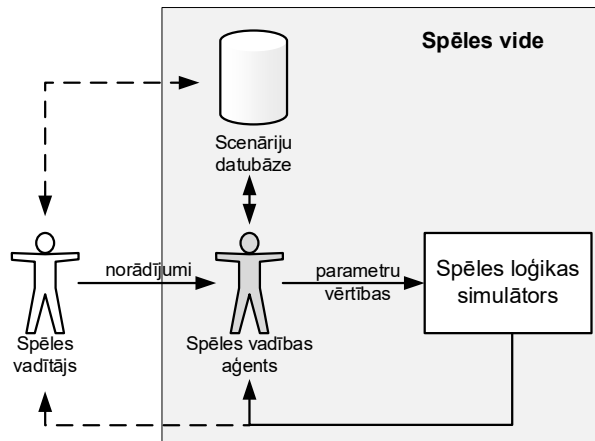
Lai varētu realizēt efektīvu scenārijos sakņotu imitējošo spēļu vadību, tiek piedāvāts izmantot aģentu tehnoloģiju.

Literatūrā atrodami vairāki piemēri, kas raksturo aģentu funkcijas imitējošās spēlēs. Piemēram, *Van Luin* [14] piedāvā pārveidot klasisko Alus spēles (*Beer Game*) piegādes ķēdes diskrētu notikumu imitācijas modeli par daudzāģentu modeli. Šeit aģenti izpilda mazumtirgotāja, vairumtirgotāja, izplatītāja un rūpnīcas funkcijas, un pēc būtības to uzvedība ir līdzīga: katrs aģents saņem pasūtījumu no blakus esošā ešelona, kas atrodas ķēdē “zemāk pa straumi”, kā arī nosūta pasūtījumu un saņem precī no ešelona, kas atrodas ķēdē “augstāk pa straumi”. Aģentu reakciju uz šiem notikumiem nosaka produkcijas likumi. Šādā veidā autori izmēģina dažādus krājumu papildināšanas modeļus, taču nepastāv iespējas aģentu apmācībai, balstoties uz gūto pieredzi.

Cits autors – *Remondino* [15, 16] – savos darbos apraksta aģentu izmantošanu biznesa imitējošās spēlēs. Tie atbalsta dalībnieku lēmumu pieņemšanas procesu un darbojas uz stimulētās mācīšanās (*reinforcement learning*) algoritmiem, kā arī aizvieto kādas spēles modeļa sastāvdaļas, piemēram, rūpnīcu vai izejvielas piegādātāju, un šo aģentu uzvedību nosaka evolucionārie algoritmi.

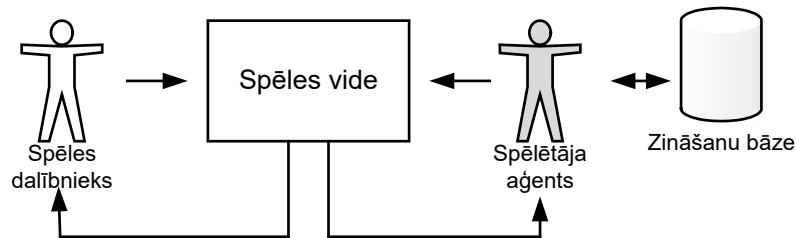
Piemēram, *Dobson* [7], runājot par biznesa imitējošo spēļu attīstību, par visdaudzsolāšākajām nosauc aģentu tehnoloģijas. Tiek piedāvātas šādas aģentu iespējamās funkcijas: aizvieto reālo spēlētāju vai asistē lēmumu pieņemšanas procesā; uzrauga un novērtē spēlētāju darbības; modelē patērētāju uzvedību.

Papildus iepriekš minētajām funkcijām promocijas darbā piedāvāta vēl viena funkcija, ko varētu raksturot šādi: nodrošina spēles scenārija ģenerēšanu un pārvaldību. Ģenerējot scenāriju, atbilstoši vispārējai struktūrshēmai (1.2. att.) tiek noteikts spēles sākuma stāvoklis un situācijas attīstības tendences. Spēles laikā aģents kontrolē spēles gaitu, definējot notikumus, kas ietekmē tendences funkcijas. Produkcijas likumi nodrošina atbilstošu scenārija parametru noteikšanu saskaņā ar iepriekš definētiem nosacījumiem. Scenārija kontrole balstās uz biznesa vides parametru un kompāniju stāvokļu dinamisku salīdzināšanu. Šo izpilda spēles vadītāja aģents (2.3. att.)



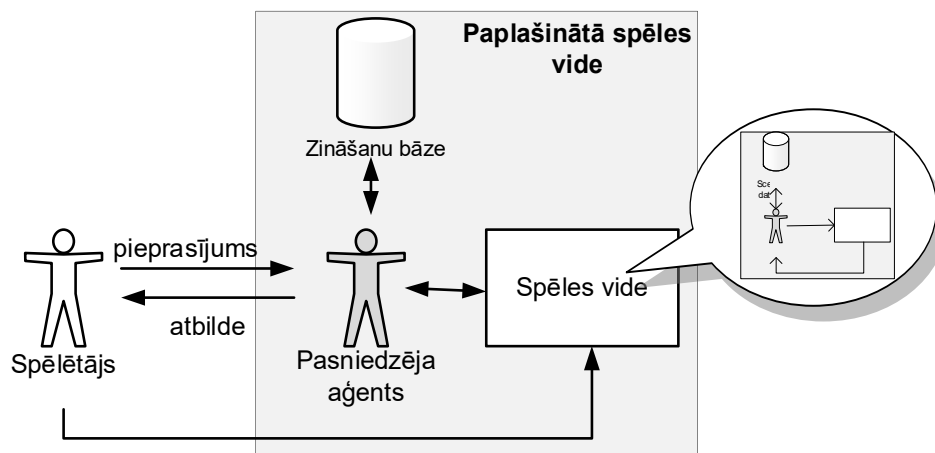
2.3.att. Imitējošās spēles vadības aģents.

Ja biznesa imitējošā spēle tiek lietota individuālajai apmācībai, aģents var aizvietot reālo pretinieku, izpildot atbilstošas darbības (2.4. att.).



2.4. att. Virtuālā spēlētāja mijiedarbības shēma ar spēles vidi.

Kad aģents izpilda mācībspēka lomu, tas nosaka spēlētāju darbību vājās vietās un nodrošina nepieciešamos skaidrojumus cēloņsakarību veidā. Gadījumā, ja spēlētājam nepieciešams atbalsts lēmumu analizē, aģents var ieteikt kādas problēmas atrisināšanas ceļus. Šāds aģents atbalsta arī spēles vadītāju, jo, kad spēlētāju ir daudz, var rasties problēmas esošās situācijas dziļākā analizē. Aģenta un spēlētāja mijiedarbības shēma ir redzama 2.5. attēlā.

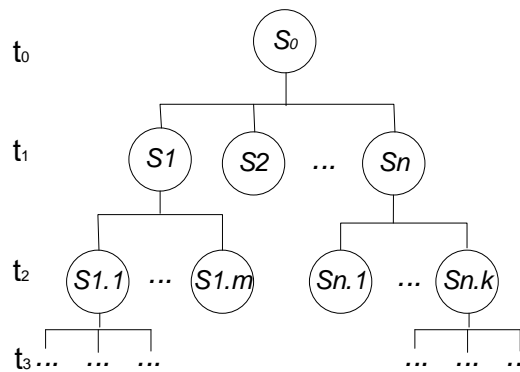


2.5. att. Pasniedzēja aģenta mijiedarbība ar spēles vidi.

Nodrošināt efektīvu spēles scenārija pārvaldību var ar daudzmodeļu imitāciju (*multisimulation*), kas ļauj paralēli modelēt dažādus modeļus ar mērķi analizēt daudzveidīgu parametru un eksperimenta nosacījumu ietekmi uz sistēmu [8, 17]. Daudzmodeļu imitācijas metodoloģija dod iespēju paralēli izpētīt dažādus modeļus. Daudzmodeļu formālismu [10, 18, 19] var izmantot imitējošo spēļu scenāriju modelēšanai.

Scenārija pārvaldības pamatfunkcija ir spēles gaitas plānošana un plānu izpildes kontrole, kā arī nepieciešamo operatīvo izmaiņu veikšana. Uzraudzības mērķis ir kontrolēt biznesa vides modeļa darbības rādītājus, un, ja kāda rādītāja vērtība ir ārpus definētā apgabala, tiek ieviestas nepieciešamās izmaiņas scenārijā vai tiek izmantots alternatīvs scenārijs, kas izmaina esošo situāciju atbilstoši mācību mērķim.

Multimodelis asociējas ar dinamisku scenāriju, kas nosaka apakšscenāriju secību konkrētajos laika brīžos (2.6. att.), kur S_0 ir sākuma scenārijs un S_0, \dots, S_n – alternatīvie apakšscenāriji, $S_{1.1}, \dots, S_{1.m}$ un $S_{n.1}, \dots, S_{n.k}$ atbilstoši seko apakšscenārijiem.



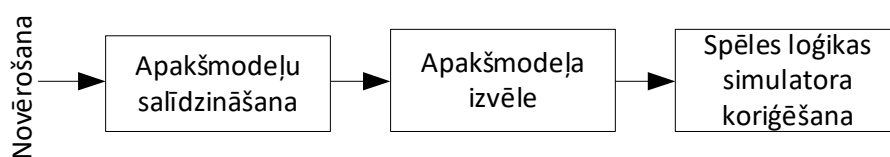
2.6. att. Scenārija daudzmodeļu struktūra.

Šis ir modelis ar secīgu dinamisku struktūru un uz mērķi orientētu aktivācijas procesu [19]. Secīgais modelis paredz, ka vienlaikus nevar izmantot vairākus modeļus, savukārt dinamiskā struktūra nodrošina iespēju iekļaut jaunus apakšmodeļus, kas nebija paredzēti pirms modelēšanas sākuma. Uz mērķi orientēta aktivācija ļauj izpētīt alternatīvus apakšmodeļus, kuru priekšnosacījumi atbilst novērotajiem nosacījumiem.

Alternatīvu apakšmodeļu izvēles uzdevums tiek deleģēts aģentam.

Alternatīvu scenāriju izvēle pieprasa: (1) imitācijas modeļa stāvokļa novērošanu; (2) lēmumu pieņemšanu par scenārija koriģēšanu; (3) apakšmodeļu aktivēšanas plānošanu, izpētot potenciālos ceļus problēmas stāvokļu telpā. Aģentu paradigma nodrošina nepieciešamo skaitļošanas infrastruktūru minēto mērķu sasniegšanai.

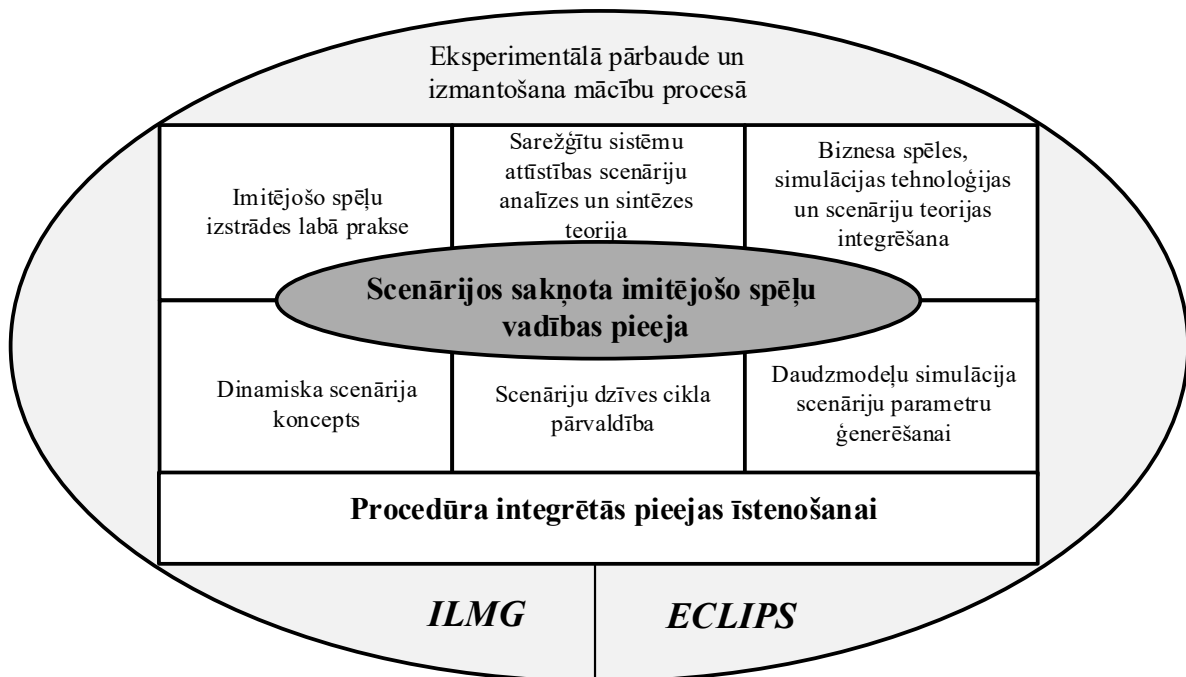
Scenārija pārvaldības aģents ievieš izmaiņas spēles dinamiskajā scenārijā (2.7. att.). Par izmaiņu ieviešanas indikatoru var kalpot kāda stāvokļa mainīgā kritiskā vērtība.



2.7. att. Apakšmodeļa aktivēšanas process.

Apakšmodeļu salīdzināšanas fāzē vispirms tiek atlasīti tikai tie, kas atbilst priekšnosacījumiem, un tad notiek to salīdzināšana. Nākamajā fāzē tālākai izpētei tiek izvēlēti tikai viens apakšmodelis. Visbeidzot, spēles loģikas stimulators tiek modificēts ar izvēlēto apakšmodeļu.

Apkopojot otrajā nodaļā veiktos pētījumus, ir piedāvāta scenārijos sakņota integrēta imitējošo spēļu vadības pieeja (2.8. att.), kas aptver imitējošo spēļu izstrādes labo praksi, sarežģītu sistēmu scenāriju analīzes un sintēzes metodes, biznesa spēļu, simulācijas un scenāriju teorijas integrēšana, kā arī ir noteikts dinamiskā scenārija koncepts scenārija dzīves cikla pārvaldībai un daudzmodeļu simulāciju scenāriju parametru ģenerēšanai.



2.8. att. Integrētā pieeja un tās pamatkomponentes.

Izstrādātā pieeja tiek īstenota ar speciālu procedūru (2.2. att.) un ir eksperimentāli pārbaudīta divās spēlēs: *ECLIPS* un *ILMG*.

Secinājumi

1. Scenāriju jēdzienu apkopošana un interpretācija imitējošo spēļu kontekstā ļāva definēt prasības šāda veida scenāriju izstrādei.
2. Pēc scenāriju formalizācijas pieeju izpētes tika konstatēts, ka tās nevar tiešā veidā lietot imitējošo spēļu scenāriju ģenerēšanai. Līdz ar to ir piedāvāts izmantot daudzmodeļu struktūras, lai attēlotu dažus konceptuāli dažādus scenārijus, ko ir nepieciešams pārbaudīt, pirms piedāvāt spēlētājiem.
3. Kā perspektīva tehnoloģija scenāriju ģenerēšanai, simulācijai un vadībai tiek izskatīta aģentu tehnoloģija, kas būtībā paredz, ka lielāko daļu no uzdevumiem, ko iepriekš veica spēles vadītājs, var veikt automātiski, izmantojot aģentus, tādējādi padarot izstrādes procesu ātrāku un efektīvāku.

4. Imitējošās spēles ļauj integrēt vairākus aģentus ar dažādām funkcijām, piemēram spēles vadības aģents, virtuālais spēlētājs un pasniedzēja aģents. Visi trīs aģentu veidi var darboties vienlaikus, vai var ļaut darboties tikai vienam vai diviem aģentu veidiem.
5. Scenāriju pārvaldības procedūras ieviešana ir nepieciešama, lai definētu imitējošo spēļu scenārija ģenerēšanas, modelēšanas un vadības posmus un to mijiedarbību.

3. SCENĀRIJU PIEEJAS REALIZĀCIJA UN EKSPERIMENTĀLĀ ANALĪZE *ECLIPS* IMITĒJOŠĀ SPĒLĒ

Darba trešā nodaļa veltīta izstrādātās pieejas lietošanai *ECLIPS* spēles scenāriju ģenerēšanai un vadībai [20].

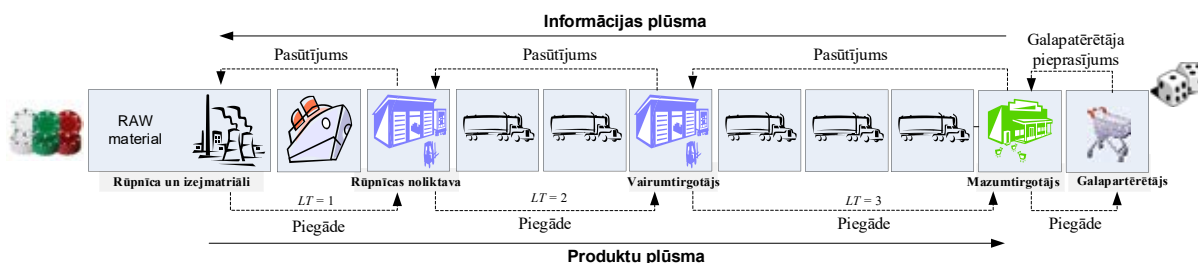
Šīs spēles mērķis ir dot priekšstatu par piegādes ķēdes darbības pamatprincipiem un dažādu krājumu vadības stratēģiju ieviešanas priekšrocībām, risinot vienu no galvenajām vadības problēmām: samazināt kopējās izmaksas, uzturot pietiekami augstu servisa līmeni. Tātad – *ECLIPS* spēles objekts ir daudzešelonu piegādes ķēde, un priekšmets ir dažādas krājumu vadības politikas.

ECLIPS spēle paredz dažādu piegādes ķēžu struktūru modelēšanu atkarībā no mācību mērķa un auditorijas sagatavotības līmeņa, tātad var būt ģenerēti dažādi spēles scenāriji.

Pēc būtības *ECLIPS* spēle paredz piegādes ķēdes fizikālo modelēšanu, taču jaunu scenāriju ģenerēšanai ir izstrādāts imitācijas modelis *MS Excel* vidē, kam ir šādi ieejas dati:

- produkta sākuma krājumi (gab.);
- galapatērētāja(-u) pieprasījums;
- parametri, kas nosaka krājumu papildināšanas stratēģiju.

Scenāriju ģenerēšanai nepieciešami arī dati par piegādes ķēdes struktūru, t. i., dalībnieku (piemēram, mazumtirgotāju, vairumtirgotāju, rūpnīcu utt.) skaits, to mijiedarbība (t. i., piegādes laiki). Piegādes ķēdes piemērs un tās attēlojums *ECLIPS* spēlē redzams 3.1. attēlā.



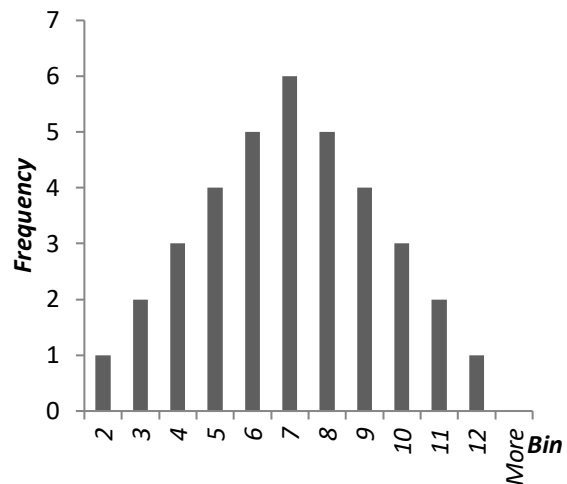
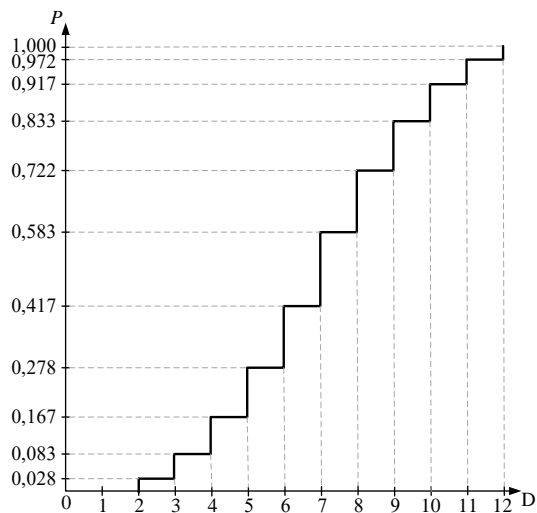
3.1. att. Piegādes ķēde piemērs un tās attēlojums *ECLIPS* spēlē.

Attēlā redzamajai ķēdei ir trīs ešeloni, kur veidojas krājumi: 1) rūpnīcas noliktava kopā ar izejmateriālu sagādi un ražošanu; 2) vairumtirgotāja noliktava; 3) mazumtirgotāja noliktava. Piegādes laiki ir konstanti un veido vienu periodu no ražotnes līdz noliktavai, divus periodus – no rūpnīcas noliktavas līdz vairumtirgotājam, trīs periodus – no vairumtirgotāja līdz mazumtirgotājam.

Kad ir definēta piegādes ķēdes struktūra, notiek tās darbības modelēšana vairāku periodu garumā, ņemot vērā galapatērētāja(-u) pieprasījuma raksturu, sākuma krājumu līmeni un krājumu papildināšanas stratēģiju.

Piemēram, šajā gadījumā piegādes ķēdei ir trīs ešeloni (3.2. att.), piegādes laiki ir determinēti, un gala patērētāja pieprasījumam ir stohastisks raksturs, ko var aprakstīt ar diskreto gadījumu lielumu sadalījumu (3.2. att.) ar vidējo vērtību $\mu = 7$ un standartnovirzi $\sigma = 2,45$. Sākuma krājumu līmenis ir noteikts kā 44 gabali mazumtirgotājam, 36 gabali –

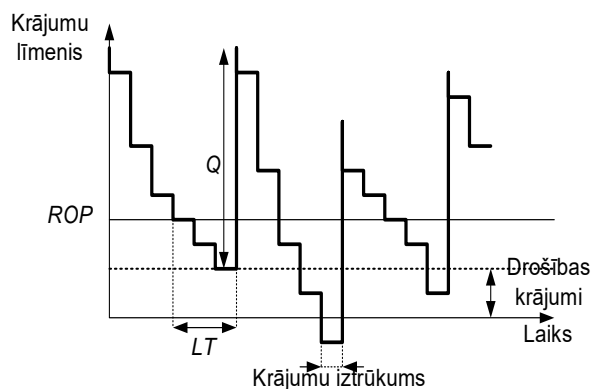
vairumtirgotājam, 38 gabali – rūpnīcas noliktavai. Zināms, ka vienības uzglabāšanas izmaksas ir 1 EUR, pasūtījuma veikšanas izmaksas – 10 EUR, vienības ražošanas izmaksas – 3 EUR. Izejmateriālu daudzums ir neierobežots, kā arī nav ierobežota noliktavu kapacitāte.



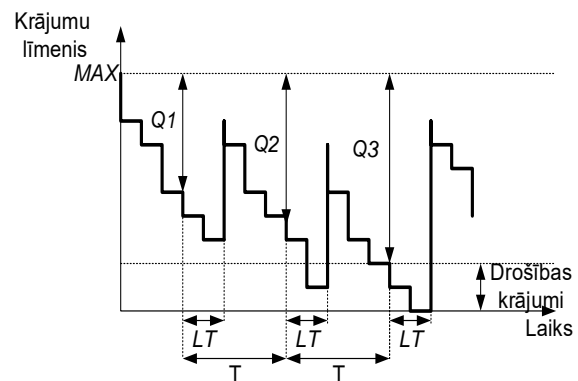
3.2. att. Empīrisks diskrētais gadījumu lielumu sadalījums gala pieprasījuma ģenerēšanai.

Šis piegādes ķēdes vadības mērķis ir nodrošināt 95 % galapatērētāja servisa līmeni, nodrošinot iespējami zemākās izmaksas. Parasti šāda problēma piegādes ķēdē tiek risināta, lietojot kādu no krājumu vadības modeļiem. Tie ir vairāki, kas, piemēram, ir aprakstīti [21, 22] avotā, un no šiem jāizvēlas atbilstošais konkrētai situācijai. Galapatērētāju pieprasījums ir stohastisks, tāpēc var lietot:

- nepārtrauktās krājumu pārbaudes modeli ar nenoteikto pieprasījumu (3.3. att.);
- periodiskās krājumu pārbaudes modeli ar nenoteikto pieprasījumu (3.4. att.).



3.3. att. Nepārtrauktais krājumu pārbaudes modelis ar nenoteiktu pieprasījumu (adoptēts no [22]).



3.4. att. Periodiskais krājumu pārbaudes modelis ar nenoteiktu pieprasījumu (adoptēts no [22]).

Nepārtrauktais krājumu pārbaudes modelis balstās uz optimālā pasūtījuma lieluma Q un atkārtotā pasūtījuma veikšanas punkta ROP aprēķiniem, ņemot vērā pasūtījuma piegādes laiku LT . Savukārt periodiskais krājumu pārbaudes modelis balstās uz tādu parametru aprēķinu kā

pasūtīšanas cikla garums T un maksimāli pieļaujama krājumu līmenis MAX , ņemot vērā pasūtījuma piegādes laiku LT [23].

Lai uzlabotu krājumu pārbaudes modeļa darbības efektivitāti, tiek ieviesta periodiskās krājumu pārbaudes politikas modifikācija ar piegādes ciklu sinhronizāciju. Tas nozīmē, ka ešelons var veikt pasūtījumu tajā brīdī, kad zemāk stāvošais ķēdes ešelons ir saņēmis precīzā noliktavā.

Krājumu pārbaudes politiku efektivitātes analīzei literatūrā tiek piedāvāti vairāki izpildes rādītāji [24]. *ECLIPS* spēles kontekstā ir definēti vairāki rādītāji. Servisa līmenis, kas tiek aprēķināts gala patērētājam:

$$SL = \frac{P}{D} 100\% \quad (3.1)$$

kur:

P – piegādāto summāro produktu skaits;

D – summārais pieprasījums.

Un tie tiek aprēķināti pēc formulām:

$$P = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^M P_{ti} \quad (3.2)$$

$$D = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^N D_{tj} \quad (3.3)$$

kur:

P_{ti} - i -tā mazumtirgotāja piegādāto produktu skaits periodā t ; $t = 1, \dots, T$; $i = 1, \dots, M$;

T – spēles periodu skaits;

M – mazumtirgotāju kopējais skaits;

D_{tj} – i -tā patērētāja pieprasījums periodā t , $j = 1, \dots, N$;

N – galapatērētāju skaits.

Vidējos krājumus piegādes ķēdē TQ_{vid} aprēķina pēc formulas (3.4.)

$$TQ_{vid} = \frac{\sum_{t=1}^T TQ_t}{T} \quad (3.4)$$

kur TQ_t – kopējie piegādes ķēdes krājumi periodā t .

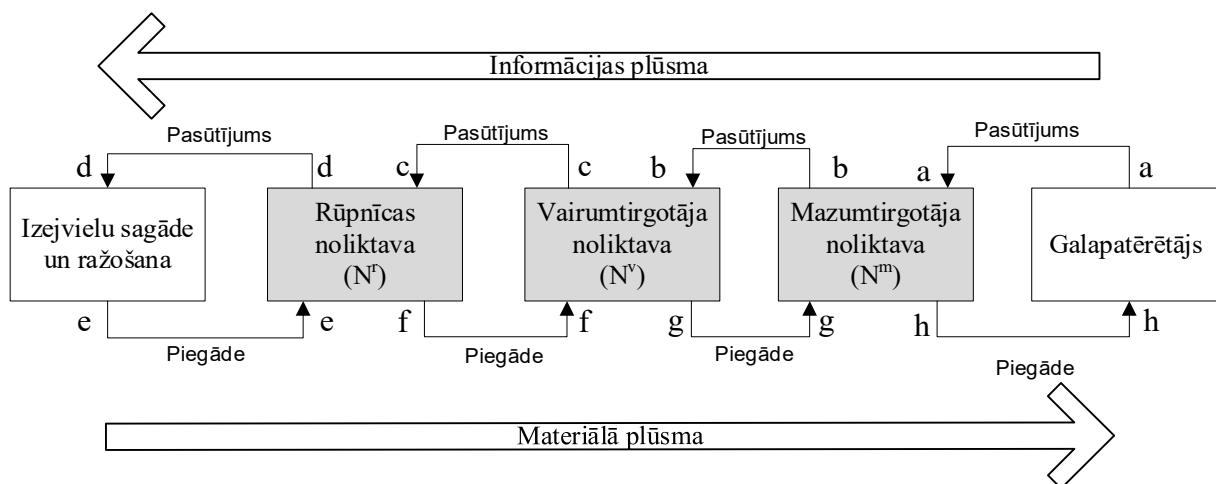
Vidējās izmaksas piegādes ķēdē TC_{vid} aprēķina pēc formulas (3.5.)

$$TC_{vid} = \frac{\sum_{t=1}^T TC_t}{T} \quad (3.5)$$

kur TC_t – kopējās piegādes ķēdes izmaksas periodā t .

Darbā izstrādāti:

- 1) konceptuālais modelis (3.5. att.), kas definē piegādes ķēdes pamatkomponentes un to mijiedarbību, kā arī to realizācijas algoritmi (3.6. att.) scenāriju modelēšanai;
- 2) metodiskie protokoli, kas atbalsta studentu darbības piegādes ķēdes fizikālās modelēšanas gaitā un ļauj iegūt datus izpildes rādītāju aprēķinam;
- 3) spēles pārvaldības rīks (3.7. att.), kas nodrošina scenāriju ģenerēšanu, modelēšanu un analīzi, kā arī dod iespēju verificēt studentu rezultātus, kas iegūti fizikālās modelēšanas gaitā. Darbā ģenerēti un modelēti vairāki spēles scenāriji.



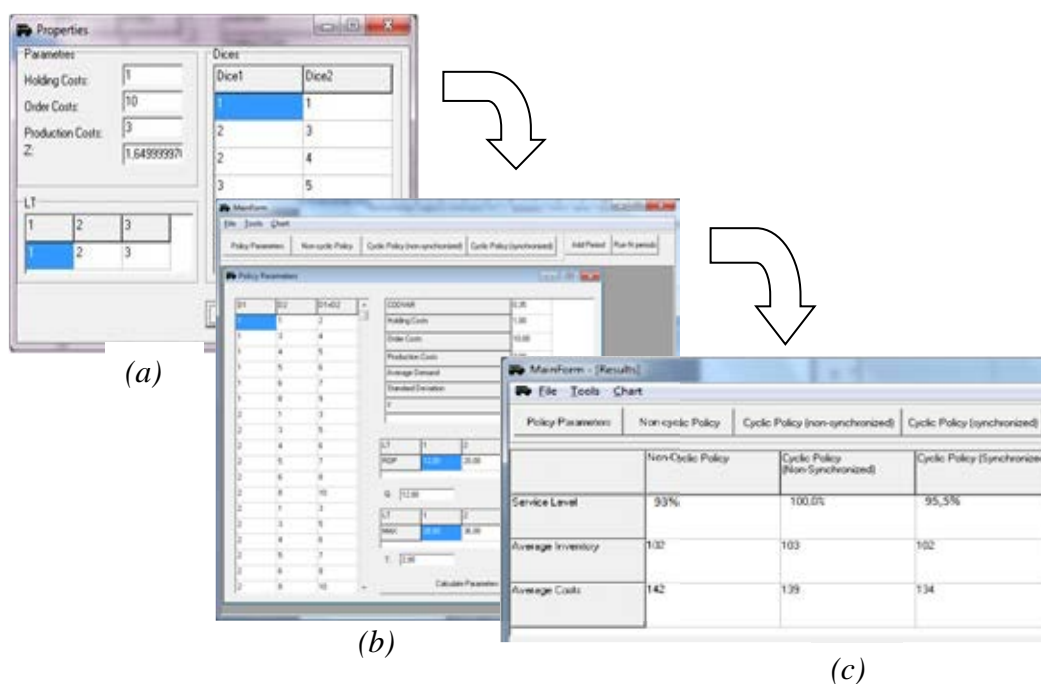
3.5. att. ECLIPS spēles piegādes ķēdes konceptuālais modelis.

Stratēģija	Krājumu papildināšanas algoritmi			Izpildes rādītāju analīze
	(N ^r)	(N ^v)	(N ^m)	
<p>Nepārtrauktā krājumu pārbaude</p> <p>(S1)</p>				<p>1. Servisa līmenis</p> $SL = \frac{P}{D} * 100\%$
<p>Periodiskā krājumu pārbaude ar piegādes ciklu sinhronizāciju</p> <p>(S2)</p>				<p>2. Vidējie krājumi</p> $TQ_{vid} = \frac{\sum_{t=1}^T TQ_t}{T}$ <p>3. Vidējās izmaksas</p> $TC_{vid} = \frac{\sum_{t=1}^T TC_t}{T}$

3.6. att. Krājumu papildināšanas stratēģijas un algoritmi scenāriju modelēšanai.

Katrā scenārijā pārvaldības rīks papildus ļauj eksperimentēt ar dažādiem scenārija parametriem, analizēt, kā tie ietekmē piegādes ķēdes darbību, un izvēlēties piemērotākos scenārijus mācību procesam.

Piemēram, darbā veiktajā eksperimentā ir: a) definēti dati empīriskajam sadalījumam (3.2. att.), pēc kura tiek ģenerēts galapatērētāja pieprasījums, noteikts pasūtījumu piegādes laiks starp ešloniem un izmaksas, kas attiecas uz piegādi; b) aprēķināti parametri $\langle Q, ROP \rangle$ un $\langle T, MAX \rangle$ attiecīgi nepārtrauktās un periodiskās krājumu pārbaudes stratēģijām; c) modelēta piegādes ķēdes darbība vairāku periodu garumā, un rezultātā definēti izpildes rādītāji pēc 3.1.–3.5. formulas. Eksperimenta soļi ir attēloti scenāriju pārvaldības rīka ekrāna izgriezumos (a), (b) un (c) (3.7. att.).



3.7. att. Scenāriju pārvaldības rīka ekrāna izdruka.

Aprēķinātie parametri apkopoti 3.1. tabulā.

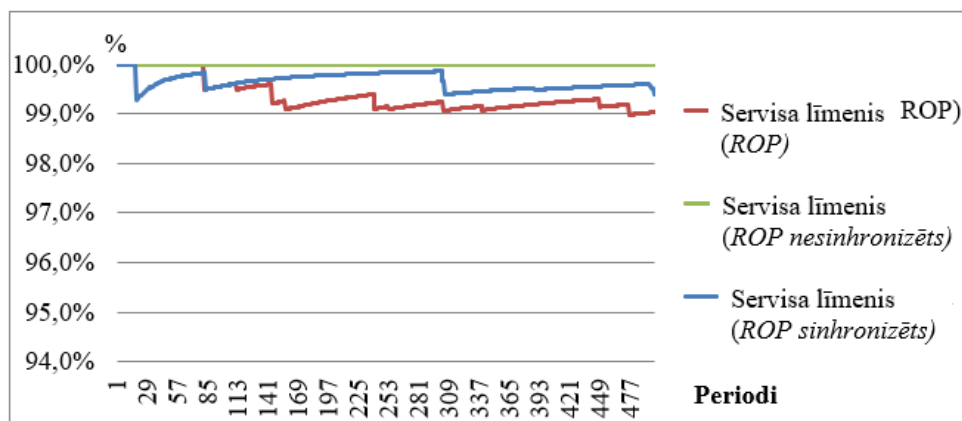
3.1. tabula

Krājumu pārbaudes modeļu parametru vērtības

Noliktava/ parametri	S1		S2	
	Q (gab.)	ROP (gab.)	T (periodi)	MAX (gab.)
N^r	12	12	2	28
N^v	12	20	2	36
N^m	12	28	2	44

Piegādes ķēdes darbības modelēšana saskaņā ar nepārtraukto un periodisko krājumu pārbaudes politikām (bez ciklu sinhronizācijas un ar ciklu sinhronizāciju) ir veikta 500 periodu

garumā. Iegūtie rezultāti liecina, ka abu modeļu izmantošana nodrošina servisa līmeni, augstāku par 95 % (3.8. att.).



3.8. att. Servisa līmenis.

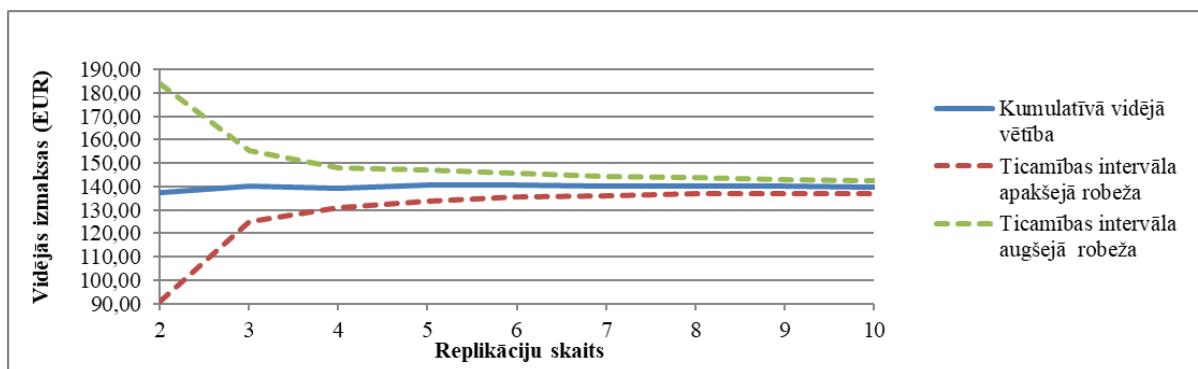
Taču, salīdzinot vidējās krājumu izmaksas (3.2. tabula), var secināt, ka periodiskā krājumu pārbaudes modeļa ar ciklu sinhronizāciju izmantošana ar noteiktiem sistēmas ieejas datiem ir visizdevīgākā.

3.2. tabula

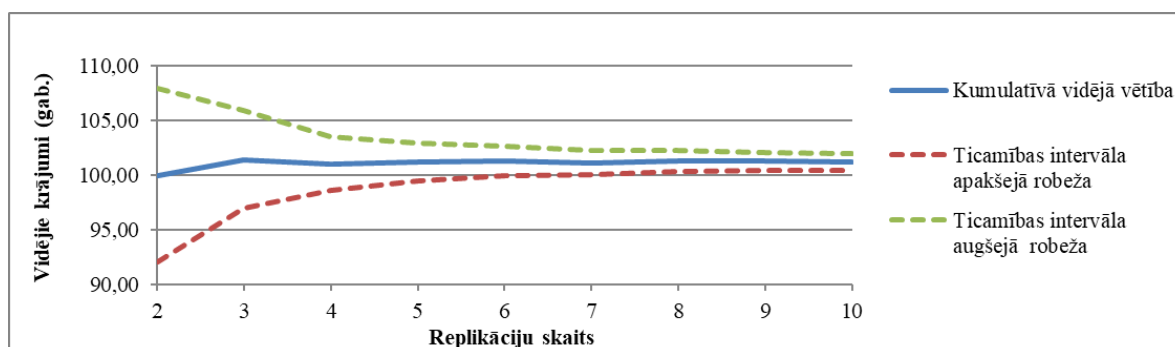
Piegādes ķēdes vidējās izmaksas un vidējie krājumi

	Vidējās izmaksas (EUR)	Vidējie krājumi (gab.)
Nepārtraukta krājumu pārbaude	142,24	102,89
Periodiskā krājumu pārbaude bez ciklu sinhronizācijas	153,21	117,09
Periodiskā krājumu pārbaude ar ciklu sinhronizāciju	128,30	94,50

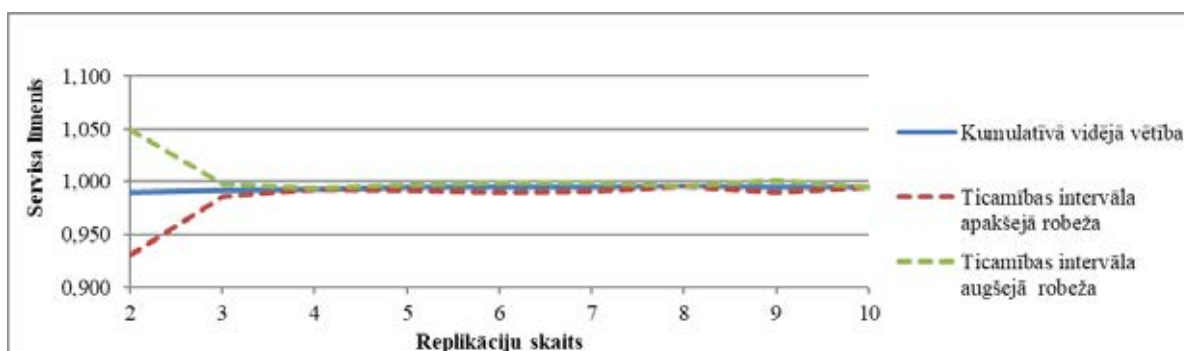
Izstrādātie scenāriji ar konkrētajiem parametriem uzrāda stabilu rezultātu, ko pierāda veiktie ticamības intervāla aprēķini. Šo aprēķinu rezultāti, tajā skaitā kumulatīvā vidējā vērtības un ticamības intervāli vidējām izmaksām, vidējiem krājumiem un servisa līmenim, ir grafiski attēloti 3.9. att. – 3.11. att. Šeit visu grafiku kumulatīvais vidējais ir samērā līdzens, un ticamības intervāli sašaurinās diezgan ātri.



3.9. att. Vidējo izmaksu ticamības intervāli *SI* gadījumā.



3.10. att. Vidējo krājumu ticamības intervāli *SI* gadījumā.



3.11. att. Servisa līmeņa ticamības intervāli *SI* gadījumā.

Veiktie aprēķini un to grafiskā interpretācija ļauj secināt, ka vidējiem krājumiem un servisa līmenim novirze ir mazāka par 5 % jau pēc trešās replikācijas. Intervāls sašaurinās nedaudz lēnāk vidējām izmaksām, un novirze ir mazāka par 5 % pēc piektās replikācijas. Tādējādi ir iespējams apstiprināt scenāriju modelēšanas rezultātu konverģenci. Līdzīgi aprēķini ir veikti periodiskas papildināšanas stratēģijai, un iegūtie rezultāti ir līdzīgi. Tādējādi var sagaidīt, ka studenti atkārtos šos rezultātus spēles gaitā un tiks sasniegts apmācības mērķis piegādes ķēdes krājumu vadības jomā.

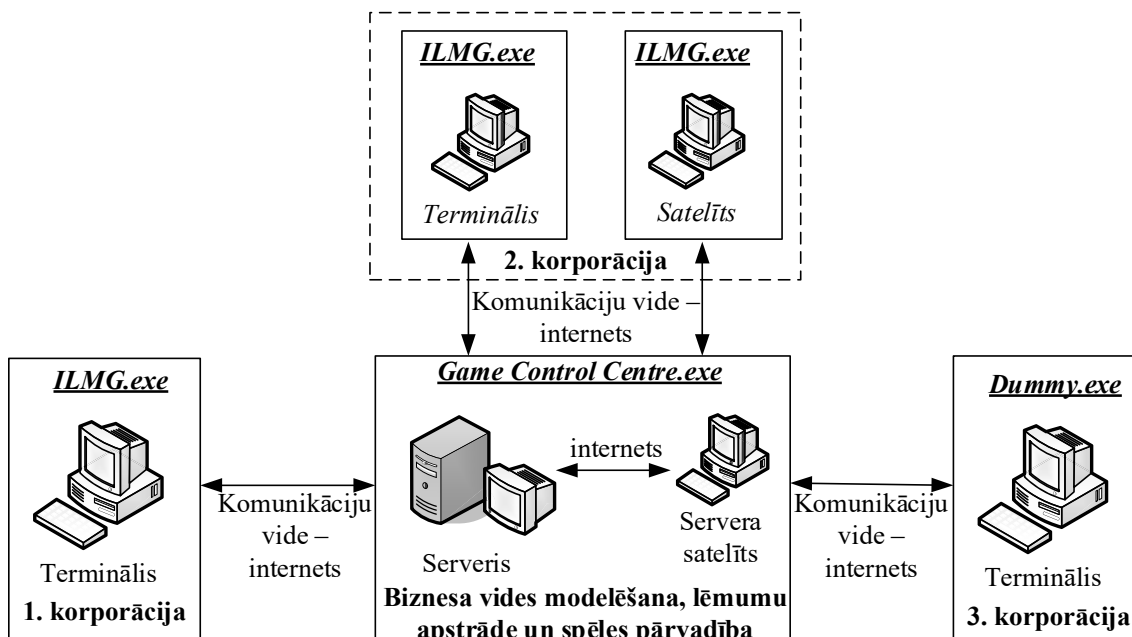
Secinājumi

1. Piedāvātais piegādes ķēdes konceptuālais modelis spēlē ļauj realizēt dažādas krājumu pārbaudes stratēģijas, kas nosaka spēles alternatīvos scenārijus saskaņā ar konceptu, kas aprakstīts pirmajā nodaļā.
2. Izstrādātie līdzekļi scenāriju modelēšanai un analīzei nodrošina piedāvātās pieejas praktisku realizāciju.
3. Eksperimentālie rezultāti, kas iegūti gan pētījumos, gan mācību procesā vairāku gadu garumā, liecina par izstrādāto scenāriju pieejas un scenāriju modelēšanas un analīzes līdzekļu efektivitāti.
4. Darba nodaļā aprakstītie rezultāti kalpo kā metodiskais nodrošinājums *ECLIPS* spēles izmantošanai RTU studiju kursu “Pārvaldības elementu integrācija” (DMI554) un “Vadības sintēzes principi un prakse loģistikā” (DMI716) docēšanā. Labas atsauksmes par to ir saņemtas no studentiem anketēšanas laikā, un anketēšanas rezultāti ir pieejami *ORTUS* vidē.

4. SCENĀRIJU PIEEJAS REALIZĀCIJA UN EKSPERIMENTĀLĀ ANALĪZE *ILMG* IMITĒJOŠĀ SPĒLĒ

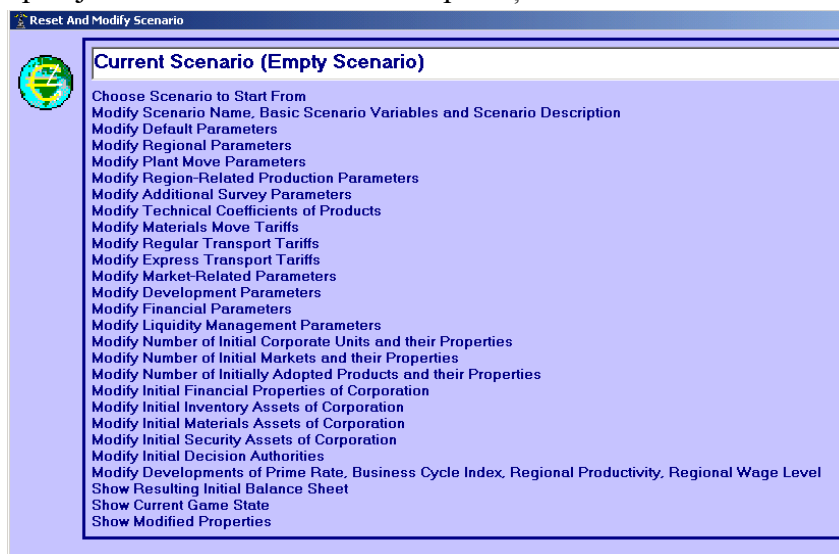
ILMG ir dinamiska internetā bāzēta tiešsaistes vadības imitējošā datorspēle, kas nodrošina virtuālo biznesa vidi lēmumu pieņemšanas iemaņu pilnveidošanai tādās sfērās kā starptautiskā loģistika, ražošanas vadība, tirgzinība un finanses [25]. Spēles gaitā dalībnieki, pārstāvot dažādas starptautiskas konkurējošas korporācijas, pieņem stratēģiskus, taktiskus un operatīvus lēmumus dažādās korporācijas darbības jomās ar mērķi uzlabot korporācijas veiktspēju un sasniegt konkrētus rezultātus, piemēram, palielināt peļņu, iekārot noteiktu tirgus daļu vai nodrošināt augstu servisa līmeni. Promocijas darba autore piedalījās spēles testēšanā Linšēpingas un Ļubļanas universitātēs, kā arī pasniegšanas metodikas izstrādē.

Spēles programmnodrošinājuma sastāvdaļas ir šādas (4.1. att.): (1) spēles serveris (*Game Control Centre.exe*), kas nodrošina biznesa vides modelēšanu, pieņemto lēmumu apstrādi un spēles pārvaldību; (2) klienta terminālā uzstādīts programmnodrošinājums (*ILMG.exe*), kas nodrošina lietotāju saskarni lēmumu ievadīšanai un pamatdarbības rādītāju analīzei. Komunikācija notiek internetā, tāpēc kompānijas var fiziski atrasties dažādos ģeogrāfiskos punktos. Spēles vadītājs (mācītbspēks), kuram ir attālināta pieeja spēles serverim, sekojot visām dalībnieku darbībām, nepieciešamības gadījumos spēles gaitā var veikt izmaiņas mācību scenārijā. Papildus ir nodrošināta iespēja kompānijām izmantot satelīterminālus, tādējādi sadalot lēmumu pieņemšanas tiesības starp komandas dalībniekiem.



4.1. att. *ILMG* spēles programmatūras vispārējā struktūra.

Viena no galvenajām *ILMG* priekšrocībām ir scenāriju veidošanas iespēja [26], kas nodrošina dažādu reālās dzīves situāciju modelēšanu, tādējādi ļaujot iegūt praktiskās iemaņas un pieredzi kompānijas vadībā dažādos biznesa apstākļos.



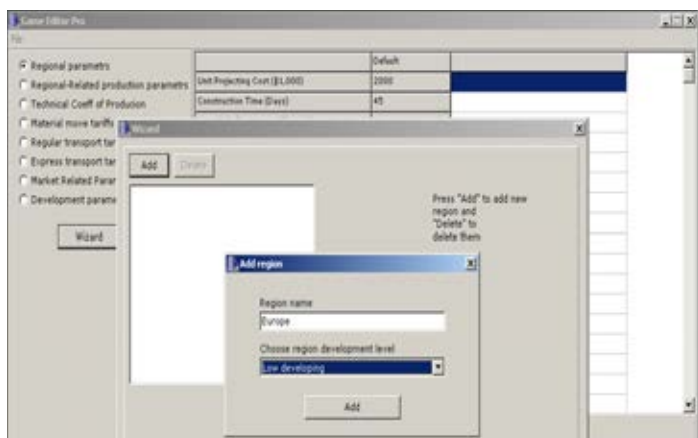
4.2. att. *ILMG* scenāriju redaktors parametru uzstādīšanai (© R. W. Grubbström).

ILMG spēles scenārijs tiek definēts saskaņā ar noteiktiem mācīšanas mērķiem. Dažādi scenārija parametri nosaka spēles sākuma stāvokli un tās dinamiku. Parametri ir sagrupēti vairākās kopās, piemēram, reģionālie parametri, produktu tehniskie rādītāji, ar tirgu saistītie parametri, transporta tarifi (4.2. att.). Scenārijs jādefinē pirms spēles sākuma, jo spēles gaitā vadītāja iespējas mainīt spēles dinamiku ir ierobežotas.

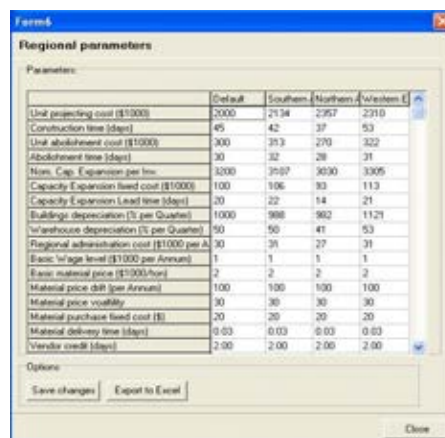
Scenārija veidošana ietver vairākus soļus, kas ir saistīti ar spēles parametru vērtību uzstādīšanu un noskaņošanu. Pirmkārt, ir jādefinē scenārija pamatmainīgie, kas nosaka visu

pārējo parametru kopu, otrkārt, ir jādefinē visu parametru vērtības atbilstoši mācīšanas mērķiem. Ir nepieciešams iestatīt vairāk nekā simts dažādu parametru vienkāršākajam scenārijam (viens reģions, viens produkts, divi bankas konti), kas aprūpina spēles pārvaldību.

Promocijas darbā scenāriju veidošanas process *ILMG* spēlei ir pilnveidots un daļēji automatizēts, lietojot scenāriju pārvaldības aģentu *GameEditorPro*, kas ir realizēts kā atsevišķs programmodulis (4.3. att.) [27].



a)



b)

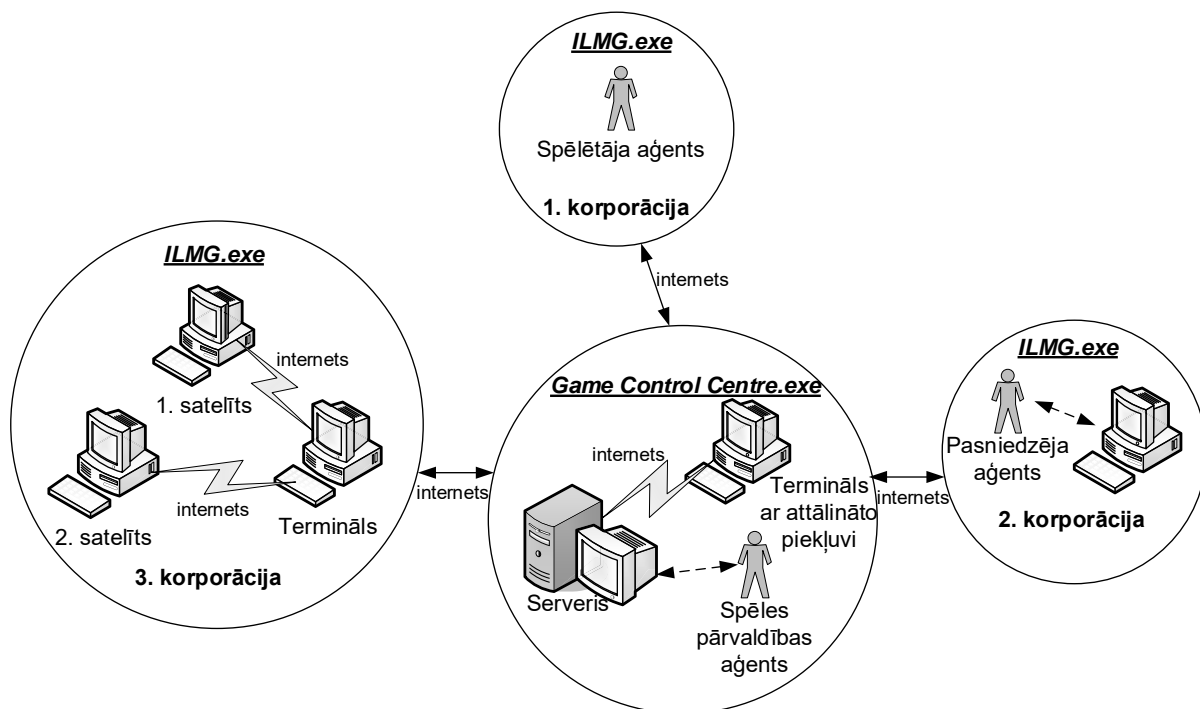
4.3. att. Scenāriju veidošana ar *GameEditorPro*: a) pamatmainīgo definēšana; b) parametru ģenerēšana.

Spēles vadītājs lemj par scenārija pamatmainīgajiem un to īpašībām, *GameEditorPro* automātiski ģenerē pārējās atkarīgo parametru vērtības. Papildus spēlētāja aģentam ir ieviests virtuālais spēlētājs scenārija testēšanai un mācībspēka aģents galveno darbības rezultātu uzraudzībai spēles gaitā.

Pamatmainīgie tiek definēti kvalitatīvi, piemēram, reģions (*R*) tiek raksturots ar ekonomikas attīstības pakāpi, kas var būt “augsta”, “vidēja” vai “zema”, savukārt produkts (*P*) tiek raksturots kā “tehnoloģisks” vai “augsti tehnoloģisks”. Pārējie scenārija parametri tiek automātiski ģenerēti pēc šāda algoritma:

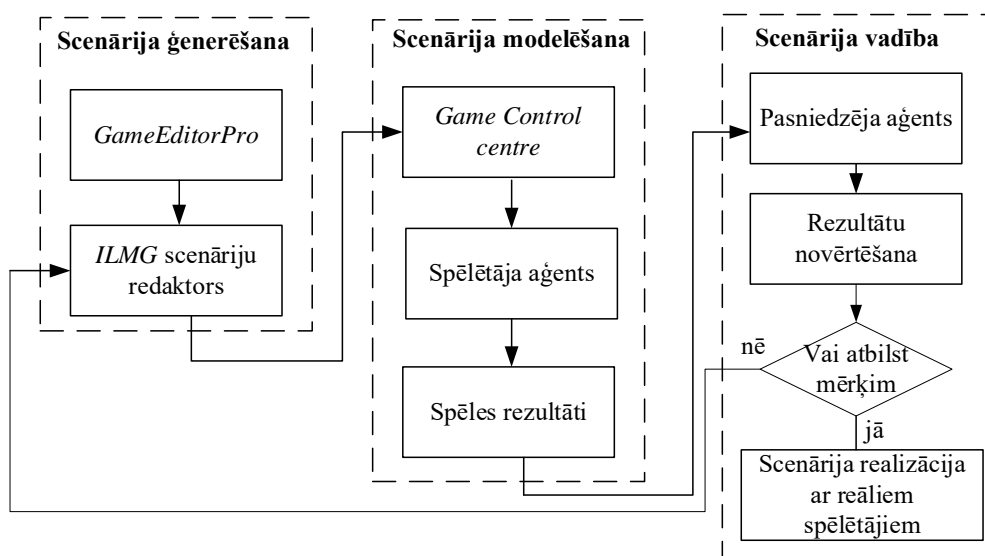
- 1) tiek aprēķināts kopējais parametru skaits;
- 2) tiek definēts parametru vērtību diapazons;
- 3) katrs parametru vērtību diapazons tiek sadalīts trīs vienādās grupās;
- 4) katra grupa raksturo vienu no reģionu tipiem vai produktu tipiem;
- 5) grupas ietvaros parametru vērtības tiek ģenerētas nejaušā kārtā ar mērķi izslēgt iespēju izveidot divus vai vairāk identiskus reģionus vai produktus.

Ar *GameEditorPro* ģenerētie scenārija parametri tiek eksportēti uz *MS Excel* tabulām un jau *.xls fails tiek importēts uz *GameControlCentre*.



4.4. att. Spēles pārvaldība un aģentu funkcijas.

Tālāk notiek scenārija modelēšana ar spēlētāja aģentu (*Dummy.exe*) (4.4. att.), kas ļauj iegūt sistēmas darbības rezultātus, ko pēc vairākiem rādītājiem novērtē spēles vadītājs, un viņš lemj par scenārija atbilstību mācīšanas mērķiem. Ja rezultāts nav apmierinošs, scenārija ģenerēšanas procedūra tiek atkārtota. Ja scenārijs tiek atzīts par atbilstošu, to lieto spēles gaitā ar reāliem spēlētājiem, un mācībspēka aģents uzrauga spēles gaitu, kontrolējot dažādus rādītājus, kas raksturo gan atsevišķo korporāciju sniegumu, gan visu situāciju kopumā. Ja šie rādītāji kādā brīdī vairs neatbilst apmācības mērķiem, tiek ieviestas izmaiņas spēles scenārija parametru vērtībās.



4.5. att. Scenārija ģenerēšana, modelēšana un vadība *ILMG* spēlē.

Promocijas darbā izstrādātā scenāriju pārvaldības vispārīgā procedūra (2.2. att.), kas tika realizēta *ILMG* spēles scenārija ģenerēšanai, modelēšanai un vadībai (4.5. att.), nodrošina iespēju eksperimentēt ar potenciālajiem spēles scenārijiem pirms spēles sākuma, kā arī kontrolēt tās gaitu.

Secinājumi

1. Piedāvātā *ILMG* spēles aģentu sistēma, kas ietver spēles vadītāja aģentu, spēlētāja aģentu un mācībspēka aģentu, ļauj realizēt scenāriju ģenerēšanu, modelēšanu un vadību saskaņā ar scenārija pārvaldības vispārīgo procedūru, kas ir aprakstīta otrajā nodaļā.
2. Izstrādātais *ILMG* spēles scenāriju ģenerēšanas līdzeklis praktiski realizē spēles vadītāja aģentu un kopā ar iebūvētajiem spēlētāja un mācībspēka aģentiem nodrošina piedāvātās procedūras realizāciju.
3. Darba nodaļā aprakstītie rezultāti kalpo par metodisko nodrošinājumu *ILMG* spēles izmantošanai RTU studiju kursu “Pārvaldības elementu integrācija” (DMI554) un “Vadības sintēzes principi un prakse loģistikā” (DMI716) docēšanā. Labas atsauksmes par to ir saņemtas no studentiem anketēšanas laikā, un anketēšanas rezultāti ir pieejami *ORTUS* vidē.

DARBA REZULTĀTI UN SECINĀJUMI

Promocijas darba mērķis ir sasniegts, izpildot sākotnēji definētos uzdevumus, un ir iegūti šādi rezultāti:

- izpētītas vispārīgās scenāriju formalizācijas, ģenerēšanas un modelēšanas metodes, kas ļāva izstrādāt imitējošo spēļu dinamisko scenāriju konceptu un integrētu pieeju scenāriju pārvaldībai;
- izanalizēta dinamisko scenāriju modelēšanas metode, kas nodrošina iespēju modelēt sistēmas attīstības dinamiku scenāriju pieejas ietvaros;
- izstrādāta integrēta procedūra dinamisko scenāriju ģenerēšanai, modelēšanai un vadībai, kas nodrošina imitējošo spēļu pārvaldību scenāriju kontekstā;
- izpētītas aģentos sakņotas imitējošās spēles uzbūves shēmas, kas nodrošina struktūrietvaru dinamisko scenāriju pieejas īstenošanai;
- izstrādātie scenāriju modelēšanas un analīzes rīki nodrošina integrētās pieejas praktisko realizāciju scenāriju pārvaldībai *ECLIPS* un *ILMG* imitējošās spēlēs un paplašina to funkcionalitāti;
- izstrādātie spēļu scenāriju pieejas modeļi, algoritmi un līdzekļi kalpo par metodisko nodrošinājumu simulācijas spēlēm loģistikas un piegādes ķēdes vadības jomā un ir izmantoti mācību procesā vairākos studijuursos;
- gan pētījumos, gan mācību procesā iegūtie eksperimentālie rezultāti, kas veikti vairāku gadu garumā, liecina par izstrādāto scenāriju pieejas un scenāriju modelēšanas un analīzes līdzekļu efektivitāti.

Pamatojoties uz iegūtajiem rezultātiem, var secināt, ka imitējošo spēļu scenāriju pārvaldība, tai skaitā, formālo metožu lietošana scenāriju ģenerēšanai, simulācijai un vadībai, ļauj efektīvāk un ātrāk adaptēt spēles mācību saturam, kā arī nodrošina iespējamo scenāriju dažādību vienas spēles ietvaros, kas savukārt nozīmē to, ka vienu un to pašu spēli var atkārtoti izmantot dažādu mācību mērķu sasniegšanai. Tādā veidā var ietaupīt gan finanšu, gan cilvēkresursus, samazinot laiku, kas ir nepieciešams jaunas spēles apgūšanai vai spēles scenārija pārbaudei un tālākai realizācijai studiju procesā kāda kursa ietvaros vai cita veida mācību aktivitātēs. Tātad var apstiprināt pirmo aizstāvēšanai izvirzīto tēzi par to, ka imitējošo spēļu scenāriju formalizācija nodrošina spēles infrastruktūras atkārtotu izmantošanu atbilstoši dažādiem apmācības mērķiem.

Praktiski realizējot formalizētu scenāriju pārvaldības pieeju, tika izvēlēta aģentu tehnoloģija, kas nodrošina scenāriju ģenerēšanu, modelēšanu un vadību. Imitējošo spēļu kontekstā aģentiem ir vairākas priekšrocības, proti, tie darbojas neatkarīgi, izpildot darbības, kas lielākoties ir līdzīgas cilvēka darbībām, tie var darboties paralēli ar spēles vadītāju vai dalībniekiem, tie var izpildīt dažādas funkcijas spēles ietvaros. Promocijas darbā izstrādātā scenārija pārvaldības vispārīgā procedūra strukturētā veidā apraksta scenārija ģenerēšanas, simulācijas un vadības posmus, kuru izpildīšanā tiešā veidā arī ir iesaistīti aģenti. Pētījumu rezultāta tika secināts, ka bez šīs procedūras un aģentiem scenārija izstrādes process būtu daudz laikietilpīgāks, kā arī būtu sarežģīti integrēt vienu un to pašu spēli dažādos studijuursos. Līdz

ar to apstiprinās otrā aizstāvēšanai izvirzītā tēze, ka dinamisko scenāriju ģenerēšanas, modelēšanas un vadības procedūra ir jāievieš spēles pārvaldības procesu uzlabošanai.

Promocijas darba izstrādātās scenārijos sakņotas imitējošo spēļu integrētās vadības pieejas praktiskai realizācijai tika izvēlētas divas imitējošās spēles loģistikas un piegādes ķēdes vadīšanas jomā *ECLIPS* un *ILMG*. Tās ir dažādas pēc savām raksturīpašībām un mērķiem, bet abas apvieno tas, ka tām ir iespēja izstrādāt dažādus scenārijus. Sākotnēji gan *ECLIPS*, gan *ILMG* nebija paredzēta spēļu pārvaldības automatizācija. Darba gaitā, integrējot šajās spēlēs aģentus, kas strādā pēc scenāriju pārvaldības vispārīgās procedūras, bija eksperimentāli pierādīts, ka vienu un to pašu spēli var lietot dažādos studijuursos, kuriem ir gan dažādi mērķi, gan sasniedzamie rezultāti. Līdz ar to var apstiprināt trešo aizstāvēšanai izvirzīto tēzi par to, ka scenārijos sakņotās imitējošo spēļu vadības pieejas īstenošana ļauj integrēt biznesa imitācijas spēles dažādos studijuursos. Praktiskie eksperimenti ar spēļu scenārijiem tika veikti vairāku gadu garumā, *ECLIPS* spēle tika izmēģināta starptautiskā projektā, kā arī trīs dažādos studijuursos RTU, savukārt *ILMG* spēle – trīs dažādos studijuursos RTU, vienā studiju kursā Linšēpingas Universitātē (Zviedrija), kā arī biznesa simulācijas konkursā “Business 24h”, kas norisinājās 2007. gadā Latvijā. Šajā konkursā piedalījās vairāk nekā 200 studentu no 15 dažādām Latvijas augstākās izglītības iestādēm, kopā ap 100 komandām. Biznesa simulācijas spēļu konkursu “Business 24h” organizēja Nākotnes izglītības centrs ar Latvijas Republikas Izglītības un zinātnes ministrijas Augstākās izglītības un zinātnes departamenta atbalstu, konkursa sadarbības partneri bija tādi uzņēmumi kā SIA “Latvijas Mobilais Telefons” un SIA “TietoEnator”.

Ņemot vērā to, ka pašlaik tirgū piedāvāto imitējošo spēļu klāsts ir ļoti plašs, kā arī tās tiek lietotas arvien jaunās jomās, līdz ar IKT iespēju paplašināšanu, 5G tīklu plašāku pieejamību un lietu interneta izplatīšanos var prognozēt, ka imitējošo spēļu joma turpinās strauji attīstīties un, piemēram, kopā ar digitālo dvīņu tehnoloģiju pavērsīs jaunas iespējas spēļu scenāriju ģenerēšanā, kas pilnībā balstās uz reāla uzņēmuma datiem un atspoguļo reālas dzīves situācijas. Turklāt pēc dažādām prognozēm laika posmā no 2018. līdz 2024. gadam visā pasaulē spēlēs balstīta mācību tirgus ieņēmumi palielināsies seškārtīgi. Tātad šī promocijas darba tēmu ir iespējams attīstīt vairākos virzienos, proti:

- digitālo dvīņu tehnoloģijas izmantošana imitējošo spēļu scenāriju ģenerēšanas automatizācijai;

- mašīnmācīšanās metožu izmantošana imitējošo spēļu scenāriju simulācijai un vadībai, kas paredz virtuālā spēlētāja, apmācības aģenta un spēles pārvaldības aģenta proaktīvu rīcību.

Covid-19 pandēmijas ietekmē visā pasaulē tiek izmantota attālināto mācību pieeja, un jautājums par apmācāmo aktīvo iesaisti mācību procesā paliek aizvien aktuālāks. Šajā sakarā imitējošās spēles saglabā savas pozīcijas, nodrošinot mācīšanas sadarbības režīmā visām iesaistītajām pusēm, gan pasniedzējiem, gan studentiem. Ir tikai viens nosacījums – spēlei jābūt pieejamai elektroniski, kas patlaban ir pilnībā realizēts *ILMG* spēlei, savukārt *ECLIPS* spēlei izstrādātais simulācijas modelis interaktīvā režīmā nedarbojas. Tāpēc nākamais solis saistībā ar promocijas darbu būtu *ELIPS* spēles elektroniskās versijas izstrāde, kas ļautu spēles dalībniekiem ievadīt savus lēmumus interaktīvā režīmā.

BIBLIOGRĀFISKAIS SARAKSTS

1. Merkurjeva G. 2000. Computer Simulation in Industrial Management Games. Manufacturing, modelling, management and control. Bergamont press. Eds. P.P. Groumpos, A. P. Tzes. Rio, Greece : s. n., 12–14 July 2000. pp. 71–75. IFAC Symposium.
2. Merkurjeva G., Muller (-Malek) H., Bikovska J. 2002. Management Simulation Laboratory in High Schools. Traditions and Innovations in Sustainable development of Society. Issues of Competitiveness in Sustainable Development. Rezekne, Latvia : s. n., 2002. pp. 231–237.
3. Muller (-Malek) H., Vanmaele H., Novitsky L., Merkurjev Y., Merkurjeva G., Zaitseva L. Some aspects of computer assisted games developing and using at Riga Technical University. Simulation and Gaming for Sustainable Development. Proceedings of the 27th International Conference of the International Simulation and Gaming Association (ISAGA). Jurmala, Latvia, 16–19 July, 1996. Ed. by Valdis Bisters. Riga, Environmental Publishers “Vide”, 1997, p. 181–188.
4. Van Houten S. P., Verbraeck A. 2006. Controlling simulation games through rule-based scenarios. Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference. Monterey, California, USA: s.n., 3–6 December. pp. 2261–2269.
5. Greco, Marco & Baldissin, Nicola & Nonino, Fabio. (2013). An Exploratory Taxonomy of Business Games. SIMULATION & GAMING. 10.1177/1046878113501464. Pieejams tiešsaistē:
www.researchgate.net/publication/255709364_An_Exploratory_Taxonomy_of_Business_Games (01.02.2021).
6. Magerko B., Larid J. 2002. Towards Building an Interactive, Scenario-based Training Simulator. 2002. gada. In Proceedings of the Behavior and Representation and Computer Generated Forces Conference.
7. Dobson M. Kyrylov V. Kyrylova T. 2004. Decision Training Using Agent-Based Business Strategy Games. Proceedings of the 7th IASTED International Conference: Computers and Advanced Technology in Education. Kauai, Hawaii, USA : s. n., 16–18 August 2004. pp. 66–71.
8. Van Houten S. A., Jacobs P. 2004. An Architecture for Distributed Simulation Game. Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference. 2081.–2086. lpp.
9. Kindley, R. W. 2002. Scenario-based e-learning: a step beyond traditional e-learning. ASTD Magazine. Retrieved from <http://www.astd.org/>.
10. Ören, T. 1991. Dynamic Templates and Semantic Rules for Simulation Advisors and Certifiers. [ed.] P. A. Fishwick and R.B. Modjesk. Knowledge-Based Simulation: Methodology and Application. New York : Springer-Verlag, 1991. pp. 53–76.
11. Bikovska J., Merkurjeva G. 2007. Scenario-based planning and management of simulation game: a review. Proceedings of the 21st European Conference on Modelling and Simulation, ECMS 2007. Prague, Czech Republic: s. n., 4–6 June 2007. pp. 578–583.

12. Кульба В. В., Кононов Д. А., Косяченко С. А., Шубин А. Н. 2004. Методы формирования сценариев развития социально-экономических систем. Москва : СИНТЕГ. ISBN 5-89638-078-X.
13. Zülch G., Strate S., Merkurjeva G. 1999. Operāciju plānošana un vadība ar ROFA- Plus OPC palīdzību. [ed.] Muller (-Malek) H., Zülch G., Silineviča I. Merkurjev J. Industriālo loģistikas vadīšana: praktiskās pielietojšanas piemēri. Riga : RTU, 1999. pp. 47–67.
14. Van Luin J., Tulba F., Wagner G. 2004. Remodeling the Beer Game as an Agent-Object-Relationship Simulation. Lisbon, Portugal : SCS european Publishing House, 3–5 May.
15. Remondino, M. 2008. A Web based Business Game Built on System Dynamics Using cognitive Agents as Virtual tutors. Proceedings of the 10th International Conference on Computer Modeling and Simulation (UKSIM 2008). pp. 568–572.
16. Remondino, M. 2007. An Overview of Agent Based Paradigms and Enterprise Simulation for E-Learning and Knowledge Transmission. Proceedings of the I3M 2007 Conference. Bergeggi, Italy : s. n., 4–6 October.
17. Ören, Tuncer. 2001. Discrete Event Modeling and Simulation: A Tapestry of Systems and AI-based Theories and Methodologies. [red.] H.S. Sarjoughian and F. E. Cellier. Towards a Modelling Formalism for Conflict Management. New York : Springer Verlag. 93.–106. lpp.
18. Ören, T. 1987. Model Update: A Model Specification Formalism with a Generalized View of Discontinuity. Proceedings of the Summer Computer Simulation Conference. Montreal, Quebec, Canada : s. n., 27–30 July 1987. pp. 689–694.
19. Yilmaz L., Ören T. 2004. Dynamic Model Updating in Simulation with Multimodels: A Taxonomy and a Generic Agent-Based Architecture. Proceedings of SCSC 2004 - Summer Computer Simulation Conference. San Jose, CA, USA : s. n., 25–29 July 2004. pp. 3–8.
20. Merkurjev Y., Merkurjeva G., Bikovska J., Hatem J., Desmet B. 2009. Business simulation game for teaching multi-echelon supply chain management. 2009, Vol. 5, 4, pp. 289–299.
21. Chopra S., Meindl P. 2007. Supply chain management: strategy, planning and operation. Pearson Prentice Hall, 2007. p. 536.
22. Anderson D., Sweeney D., Williams T., Camm J., Cochran J., Fry M, Ohlmann J.. An Introduction to Management Science: Quantitative approaches to Decision Making. 2018. Cengage Learning: 14th Edition.
23. Simchi-Levi D., Kaminski P., Simchi-Levi E. 2003. Designing & Managing the Supply Chain. New York : McGraw-Hill.
24. Sirisawat P., N. Hasachoo and T. Kaewket. 2019. Investigation and Prioritization of Performance Indicators for Inventory Management in the University Hospital. 2019 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Macao, China, 2019, pp. 691–695, doi: 10.1109/IEEM44572.2019.8978700.
25. Merkurjeva G., Bikovska J., Grubbström R. W., Weber J. 2004. Development of Learning Scenarios for Network-Based Logistics Simulation Game. Riga : RTU, 2004. Vol. 20, pp. 148–156. Computer Science. Information Technology and Management Science. Scientific Proceedings of Riga Technical University.

26. Grubbström R. W., Merkurjeva G., Bikovska J., Weber J. 2005. ILMG: Learning Arrangements and Simulation Scenarios. European Conference on Modeling and Simulation (ECMS 2005). Riga : RTU. 715.–720. lpp.
27. Merkurjeva G., Bikovska J., Ören T. 2009. An Agent-Directed Multisimulation Framework For Management Simulation Games. 21st European Modelling and Simulation Symposium: Simulation in Industry, EMSS2009. Tenerife – Canary Islands, Spain : 23–25 September 2009.
28. Statista infographics. 2018. Game-based learning market revenue worldwide in 2018 and 2024. Pieejams tiešsaistē: <https://www.statista.com/statistics/733616/game-based-learning-industry-revenue-world/> [Skatīts: 22.10.2021].



Jana Bikovska ir dzimusi 1979. gadā. Rīgas Tehniskajā universitātē (RTU) 2000. gadā ieguvusi inženierzinātņu bakalaura un 2003. gadā maģistra grādu informācijas tehnoloģijā (ar izcilību). Pēc maģistra studiju beigšanas uzsāka darba gaitas RTU Informācijas tehnoloģijas institūta Modelēšanas un imitācijas katedrā kā asistente. Paralēli viņa sāka studijas doktorantūrā studiju programmā "Informācijas tehnoloģija", pētot imitējošo spēļu izstrādes tehnoloģijas. Sākot ar 2009. gadu, strādā katedrā par pētnieci, turpinot iesākto pētījumu virzienu un darbojoties vairākos ar imitējošām spēlēm saistītos projektos. No 2011. gada ir ievēlēta par lektori un vada lekcijas, laboratorijas darbus un praktiskās nodarbības gan vietējiem, gan ārzemju studentiem. Janas Bikovskas pētījumu loks ietver moderno informācijas un komunikācijas tehnoloģiju izmantošanu imitējošo spēļu izstrādei un mācību spēļu scenāriju ģenerēšanas, modelēšanas un pārvaldības metožu izstrādi.