

Jana Bikovska

# SCENĀRIJOS SAKŅOTAS IMITĒJOŠO SPĒĻU VADĪBAS PIEEJAS IZSTRĀDE

Promocijas darbs



**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 darbs**

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

Rīga 2021

# 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 Grundspenķis,  
Rīgas Tehniskā universitāte

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

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



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

## 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 57 nosaukumi.

## **PATEICĪBA**

Vēlos izteikt pateicību sava promocijas darba vadītājam prof. Gaļinai Merkurjevai par padomiem, ieinteresētību un uzmundrinošiem vārdiem, kad tas ir bijis vajadzīgs, kā arī par pacietību un atbalstu promocijas darba izstrādes laikā.

Paldies brīnišķīgiem, atsaucīgiem un izpalīdzīgiem kolēģiem no DITF, ITI Modelēšanas un imitācijas katedras, par nesavtīgu palīdzību un vispusīgu atbalstu.

Vēlos teikt paldies profesoram Robertam W. Grubbstromam no Linšēpingas universitātes (Zviedrija) par ilggadēju sadarbību un iespēju strādāt ar viņa izstrādāto ILMG spēli.

Paldies visiem studentiem, kas kopā ar mani aizrautīgi spēlēja spēles vairāku gadu garumā, tādējādi ļaujot man veikt savus pētījumus un praktiski realizēt un pārbaudīt to rezultātus.

Paldies ģimenei par pacietību un ticību maniem spēkiem brīžos, kad pati vairs neticēju! Šo darbu gribu veltīt saviem mūžībā aizgājušajiem vecākiem.

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE  
DATORZINĀTNES UN INFORMĀCIJAS TEHNOLOĢIJAS FAKULTĀTE  
Informācijas tehnoloģijas institūts

## SCENĀRIJOS SAKŅOTAS IMITĒJOŠO SPĒĻU VADĪBAS PIEEJAS IZSTRĀDE

Jana Bikovska

### ANOTĀCIJA

Promocijas darbs ir izstrādāts scenārijos sakņotās imitējošo spēļu vadības jomā. Pētījumu objekts ir biznesa imitējošās spēles. Pētījuma priekšmets ir biznesa imitējošo spēļu dinamisko scenāriju ģenerēšanas, simulācijas un vadības metodes, kā arī to lietošana mācību procesā. Promocijas darba mērķis ir izstrādāt integrētu pieeju imitējošo spēļu dinamisko scenāriju ģenerēšanai, modelēšanai un vadībai, kas nodrošina imitējošo spēļu pārvaldību atbilstoši mācību saturam. Darbā ir izpētīta imitējošo spēļu būtība un to loma mācību procesā, apzināti to priekšrocības un trūkumi. Ir izstrādāts imitējošo spēļu scenāriju koncepts, kas ļauj nodrošināt spēles efektīvu pārvaldību, lietojot formālās metodes. Ir izstrādāta imitējošo spēļu scenāriju pārvaldības integrētā pieeja un aprakstīta scenāriju ģenerēšanas, simulācijas un vadības procedūra, kā arī tās realizācijas mehānismi. Integrētā scenāriju pārvaldības pieeja ir praktiski realizēta *ECLIPS* piegādes ķēdes vadības spēlē un *ILMG* loģistikas vadības spēlē. *ECLIPS* spēlei ir izstrādāts 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 un izstrādāts spēles scenāriju pārvaldības rīks, kas ļauj modelēt un eksperimentāli novērtēt scenārijus pirms tie tiek piedāvāti studentiem. *ILMG* spēlei ir 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 simulāciju un ļauj novērtēt scenārijus pirms tie tiek integrēti studiju procesā kāda noteikta kursa ietvaros.

Promocijas darba apjoms – 100 lappuses, 15 tabulas, 75 attēli un 3 pielikumi.

RIGA TECHNICAL UNIVERSITY  
FACULTY OF COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY  
Institute of Information Technology

## DEVELOPMENT OF A SCENARIO-BASED APPROACH TO SIMULATION GAMES MANAGEMENT

Jana Bikovska

### **ABSTRACT**

The doctoral thesis is elaborated in the field of scenario-based simulation game management. The research object is business simulation games. The research subject is methods of generating, simulating and management of business simulation game dynamic scenarios, as well as their application in the learning process. The aim of the thesis is to develop an integrated approach to the generation, modelling and management of dynamic scenarios of simulation games, which ensures the management of simulation games in accordance with the study content. The essence of simulation games and their role in the learning process is studied, their advantages and disadvantages are identified. The concept of simulation game scenarios is developed that enables efficient game management by using formal methods. An integrated approach to simulation game scenario management is developed and the procedure for scenario generation, simulation and control; as well as its implementation mechanisms, are described. The developed integrated scenario management approach is applied in the ECLIPS supply chain management game and the ILMG logistics management game. For ECLIPS game, a conceptual model of the supply chain and its echelons operation algorithms are developed in accordance with periodic and continuous inventory management strategies; performance indicators are described to assess and compare the effectiveness of different scenarios; game scenario management tool is developed that allows simulating and experimentally evaluating scenarios before they are offered to students. An agent-based framework for scenario management in ILMG is developed. A game management agent is implemented that ensures the generation of scenarios, as well as an agent - a virtual player that provides simulation of the generated scenario and allows evaluating the scenarios before they are integrated into a certain study course.

The doctoral thesis contains 100 pages, 15 tables, 75 figures, and 3 appendixes.

## SATURS

IEVADS.....	7
1. PROBLĒMNOZARES PĒTĪJUMU APSKATS UN UZDEVUMA NOSTĀDNE .....	14
1.1. Imitācijas modelēšanā bāzēta mācīšanās .....	14
1.2. Imitējošās spēles .....	15
1.3. Scenāriju jēdziena konceptualizācija imitējošās spēlēs .....	19
1.4. Nenoteiktība scenāriju pieejā .....	23
1.5. Imitējošās spēles kā sarežģītu sistēmu scenārijos sakņotās attīstības plānošanas metode .....	25
1.6. Promocijas darba uzdevuma nostādne .....	26
1.7. Secinājumi .....	28
2. INTEGRĒTAS PIEEJAS IZSTRĀDE IMITĒJOŠO SPĒĻU SCENĀRIJU ĢENERĒŠANAI, MODELĒŠANAI UN VADĪBAI.....	30
2.1. Scenāriji imitējošās spēlēs .....	30
2.2. Scenāriju formalizācijas un izstrādes pieejas.....	33
2.3. Scenāriju simulācijas metodes .....	37
2.4. Scenāriju pārvaldība imitējošās spēlēs.....	40
2.5. Secinājumi.....	43
3. SCENĀRIJU PIEEJAS PRAKTISKAIS LIETOJUMS <i>ECLIPS</i> IMITĒJOŠĀ SPĒLĒ ...	45
3.1. <i>ECLIPS</i> spēles raksturojums un pamata komponentes .....	45
3.2. Spēles scenāriju ģenerēšana un modelēšana .....	50
3.3. Scenāriju pārvaldības rīka izstrāde .....	61
3.4. Scenārija novērtēšana.....	63
3.5. <i>ECLIPS</i> spēles praktiskā realizācija.....	66
3.6. Secinājumi.....	68
4. SCENĀRIJU PIEEJAS LIETOŠANA <i>ILMG</i> IMITĒJOŠĀ SPĒLĒ.....	70
4.1. <i>ILMG</i> spēles raksturojums, uzdevumi un scenāriji.....	70
4.2. <i>ILMG</i> spēles scenāriju ģenerēšana un simulācija .....	74
4.3. Secinājumi.....	92
DARBA REZULTĀTI UN SECINĀJUMI .....	94
BIBLIOGRĀFISKAIS SARAKSTS.....	96
PIELIKUMI.....	100

# 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” studiju kursos: “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. Piscatway: 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 %).

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

2. 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 studiju kursus.

### **Darba struktūra un apjoms**

Promocijas darbā ir ievads, četras nodaļas, secinājumi, literatūras saraksts un trīs pielikumi. Promocijas darba pamattekstis 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

Šī nodaļa tiks veltīta izpētei par scenāriju lomu imitējošo spēļu kontekstā. Nodaļā tiks aprakstītas scenāriju formalizācijas metodes, tai skaitā piedāvāts scenārija koncepts.

## 1.1. Imitācijas modelēšanā bāzēta mācīšanās

Dažādu nozaru speciālistu sagatavošanai aizvien plašāk tiek lietotas aktīvi mācību veidi, kas pretstatā pasīvajai mācīšanai, kad notiek lekcijas klausīšanās vai mācību grāmatas lasīšana, paredz apmācāmo aktīvu iesaistīšanos mācīšanās procesā [1, 2]. Kļūstot par aktīviem mācību procesa dalībniekiem, studenti veido uz pieredzi balstītas zināšanas, kas var palīdzēt sasniegt daudz dziļāku apgūstamās tēmas izpratni.

Starp aktīvajām mācību veidiem var izdalīt imitācijas modelēšanā sakņotu mācīšanos [3], kuras galvenā raksturīpašība ir pētāmā procesa imitācijas modeļa esamība. Piemēram, piegādes uzņēmuma modelis biznesa procesu modelēšanai, piegādes ķēdes modelis krājumu vadības procesa modelēšanai utt.

Savukārt, viens no imitācijas modelēšanā bāzētiem mācīšanās paveidiem ir imitējošās spēles [4, 5, 6], kas apvieno spēles un imitācijas modeļa īpašības. Vispārīgā gadījumā "spēle" ir aktivitāte, kurai ir vairāki dalībnieki un vismaz viens uzvarētājs – indivīds vai komanda, kura sasniedz spēles mērķi [7, 8]. Spēle būtībā nodrošina konkurences apstākļus konkrētā mācību situācijā. Turpretim "imitācijas modelis" atveido sistēmas elementu mijiedarbību dinamiskā vidē, kā arī nodrošina nenoteiktības apstākļus lēmumu pieņemšanas iemaņu apgūšanai. Taču simulācijai nav uzvarētāja, jo tās uzmanības centrā ir situācijas mācīšanās. "Imitējošā spēle" ir abu metožu kombinācija un tā tiek izmantota konkrētu koncepciju apgūšanai dažādās jomās un tai ir uzvarētājs. Imitējošās spēles aktīvais un konkurējošais raksturs un uz pieredzi balstītā mācīšanās var palielināt mācīšanās motivāciju.

Vispārīgā gadījumā imitējošās spēles paredz, ka modelējamai sistēmai var būt vairāki attīstības scenāriji, kas atkarīgi kā no objektīviem, tā arī no subjektīviem faktoriem. Par objektīviem var uzskatīt apkārtējās vides faktorus, kas nav tieši atkarīgi no spēlētāju rīcības, savukārt, par subjektīviem faktoriem uzskata spēlētāju lēmumus, kas ietekmē sistēmas attīstību. Tā kā imitējošās spēles ir tikai modelis, kas aizstāj reālo dzīvi, tad šajā gadījumā nevar runāt par objektīviem faktoriem, kas dotajā gadījumā pilnībā ir atkarīgi no spēles scenārija izstrādātāja.

Imitācijas modelēšana mācīšanās procesā nodrošina iespēju veikt eksperimentus dinamiskā vidē bez riska, kā arī izprast pieņemto lēmumu sekas dažādos apstākļos un īsā laikā, bet, savukārt, spēles pieeja paredz konkurences esamību starp spēlētājiem un bieži vien atbalsta darbu grupās. Šī konkurence veicina labāku rezultātu sasniegšanu, jo ir dabiskā vēlme vinnēt.

Tātad, šī darba pētījumu priekšmets ir biznesa imitējošās spēle un pētījumu objekts ir biznesa imitējošo spēļu scenāriju vadības pieeja.

## 1.2. Imitējošās spēles

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, piemēram, attālināta piekļuve spēles serverim caur tīmekļa vietni, kas paaugstina to izmantošanas efektivitāti, maksimāli pietuvinot spēles reālās dzīves situācijām. Promocijas darba ietvaros tiek pētītas biznesa imitējošās spēles, kas pēc savas būtības paredz teorijas un prakses integrēšanu, iemaņu iegūšanu biznesa problēmu atpazīšanā, risināšanas metožu izvēli un pieskaņošanu problēmai, kritisko uzdevumu risinājumu īstenošanu, ātri mainīgas vides kontroles iemaņu apgūšanu, kā arī lēmumu pieņemšanu grupās.

Imitējošās spēles nodrošina iespēju praktiski lietot teorētiskās zināšanas un iegūt jaunās zināšanas, transformējot iegūto pieredzi [9, 10]. Apmācāmie 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, kurā spēlētāji uzņemas lēmējpersonas lomu [7].

Imitējošām spēlēm ir raksturīga pētāmā procesa vai sistēmas imitācijas modeļa un dalībnieku lomu esamība. Imitācijas tehnoloģija nodrošina dažādu biznesa vides situāciju modelēšanu, eksperimentēšanu ar vadības lēmumiem, to seku kvantitatīvu novērtēšanu, biznesa dinamikas modelēšanu, kā arī laika reversēšanu, t.i., atkārtotu situācijas modelēšanu. Rezultātā imitācijas modeļa izmantošana piedāvā vairākas priekšrocības, kas var būt veiksmīgi izmantotas mācību procesā, piemēram, palīdz izprast kompleksas problēmas, paaugstina mācīšanās motivāciju piedāvājot atraktīvu mācīšanās veidu, nodrošina bezrisku vidi eksperimentālām mācībām un modelējamo situāciju daudzveidību, daļēji likvidē robu starp teoriju un realitāti. Kā 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. [7].

Imitējošās spēles ir veids, kā nodrošināt empīrisku mācību procesu, kur zināšanas rodas transformējot pieredzi [6]. Imitējošā datorspēle var būt interpretēta kā secīga lēmumu pieņemšanas pieredze ar realitāti, kas ir imitēta un animēta ar datoru [7]. Apmācāmie var redzēt pieņemamo lēmumu ietekmi uz esošo situāciju un nākotnes notikumiem, kā arī var reaģēt uz šiem efektiem, pieņemot jaunus lēmumus.

Biznesa imitējošā spēle var būt interpretēta kā:

- vienkāršota situācijas matemātiskā abstrakcija, kas attiecas uz reālo biznesa pasauli,
- virkne gadījuma izpētes ar atgriezenisko saiti un laika dimensiju, kas nodrošina iespēju redzēt pieņemto lēmumu ietekmi uz nākotnes notikumiem, t.i., pētīt

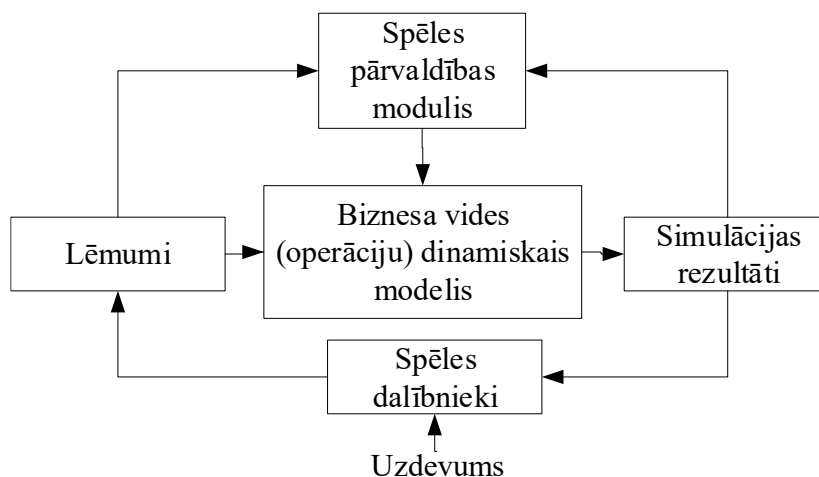


īstermiņa un ilgtermiņa lēmumu rezultātus, reaģēt uz izraisītiem notikumiem, pieņemot jaunus lēmumus, utt.

Imitējošās spēles izraisa interesi par mācību procesu un padara to atraktīvāku, kā arī ir piemērotas mācību saturam, kur ir nepieciešama prakse. Šajā gadījumā ir svarīgi, lai attiecīgās spēles saturs būtu atbilstošs mācību saturam. Ja šis nosacījums izpildās, nav šaubu, ka spēle palīdzēs dziļāk izprast pētāmās problēmas būtību un rast risinājumu kompleksām problēmām.

Vēsturiski pirmās bija izstrādātas galda spēles, bet, attīstoties datortehnikai, parādījās priekšnoteikumi arī imitējošo datorspeļu attīstībai. Mūsdienās, pateicoties plašai datortehnoloģiju izplatībai, jauno funkcionālo iespēju pieejamībai (piemēram, multimedija, tīkli u.c.) un tai pat laikā ar to saistīto izmaksu samazināšanai, popularitāti ir guvušas uz tīklu tehnoloģijām bāzētas spēles, kas, bez šaubām, paver jaunas iespējas.

Vispārējā gadījumā imitējošā spēle satur (1.1. att.) biznesa vides dinamisko modeli, kas ļauj imitēt pārvaldāmo un nepārvaldāmo procesu kopumu, nodrošinot savstarpēji saistīto stāvokļu secību modelēšanu paātrinātā laika mērogā.



1.1. att. Biznesa imitējošās spēles struktūra.

Situāciju secība tiek realizēta lēmumu pieņēmēju un vadības iedarbju iespaidā. Balstoties uz savām zināšanām un pieredzi, lemejpersonas 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 izraisītajiem notikumiem, pieņemot jaunus lēmumus, utt.

Biznesa imitējošās spēlēs dalībniekiem tiek piedāvāts būt par virtuālā uzņēmuma dažāda līmeņa vadītājiem. Spēlētājiem tiek piedāvāti sākuma dati, kas raksturo sistēmas sākuma stāvokli, un spēles gaitā tie 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, dalīties zināšanās savā starpā, saņemot atbalstu no mācībspēka.

Biznesa imitējošo spēļu klāsts ir ļoti plašs un tās var klasificēt pēc vairākām pazīmēm, piemēram [11], zemāk ir minētas dažas no pazīmēm, kas ir būtiskas promocijas darba ietvaros:

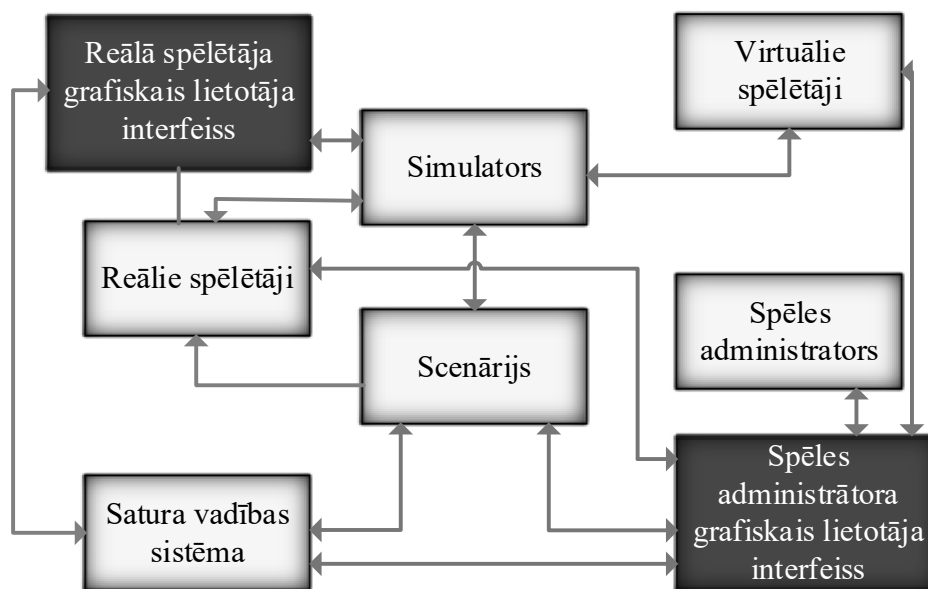
1) spēles uzbūves veids:

- universālas vai funkcionālas – pirmās parasti aptver visus uzņēmuma darbības aspektus, bet otrajās ir atspoguļotas tikai dažas uzņēmuma funkcijas, piemēram, ražošanas procesa plānošana vai krājumu vadība;
- ar tiešo vai netiešo dalībnieku konkurenci – kad spēlē pieņemtie lēmumi tieši ietekmē citu dalībnieku rezultātus (piemēram, iegūto tirgus daļu), tad konkurence ir tieša, bet, ja spēles dalībnieku lēmumi neietekmē citu dalībnieku rezultātus, tad konkurence ir netieša.
- ar determinētu vai stohastisku biznesa vides modeli – ja spēle paredz, ka, veicot noteiktu darbību secību, neatkarīgi no mēģinājumu skaita, tiek sasniegts precīzi viens un tas pats rezultāts, tad tas būs determinētais modelis; ja spēle paredz, ka virtuālas biznesa vides stāvoklis ir atkarīgs no kādiem gadījuma mainīgajiem vai tendencēm, tad tas būs stohastiskais modelis;
- galda vai datorspēles – galda spēles realizē fizikālo modeli, bet datorspēles – datormodeli;
- individuāla vai grupas spēles – individuālās spēles paredz, ka tajās piedalās viens vai vairāki spēlētāji, kas pārstāv atsevišķus virtuālos uzņēmumus, bet grupas spēles paredz, ka virtuālo uzņēmumu kopīgi vada vairāki spēlētāji;
- bezsaistes vai tiešsaistes – bezsaistes spēlēm nav nepieciešams internets, lai palaistu modeli, bet tiešsaistes spēles ietvaros komunikācija un datu plūsmu pārsūtīšana notiek caur internetu;
- reāllaika vai ar gājienu laika skaitīšanas mehānismu – ja spēlē ir iebūvēts laika skaitīšanas mehānisms, kuru palaižot var notikt lēmumu pieņemšanas process un iegūti rezultāti, tad to sauc par reāllaika spēli, bet ja pieņemtie lēmumi tiek ievadīti spēlē un tikai tad notiek modeļa palaišana, un tiek iegūti rezultāti par kāda laika periodu, tad to sauc par gājienu laika skaitīšanas mehānismu;
- lēmumu pieņemšanas secība ir noteikta vai brīva;
- ar vienu vai vairākiem scenārijiem – ja spēle paredz vairāku situāciju izspēli, to var saukt par vairāku scenāriju spēli;
- ir vai nav realizēta scenāriju pārvaldība – ja ir paredzēta iespēja, ka spēles vadītājs var izstrādāt un pielāgot scenārijus, kā arī veikt zināmas izmaiņas scenārijā spēles gaitā, tad scenāriju pārvaldība ir realizēta;

2) spēles lietošanas mērķis:

- mācību procesam;
- pētniecības procesam.

Parasti, darbojoties spēles virtuālajā vidē, dalībnieku lēmumu ietekmē var rasties situācijas, kas izmaina spēles scenārija gaitu tā, ka sasniegt pedagoģiskus mērķus vairs nav iespējams. Viens no šīs problēmas pārvarēšanas ceļiem ir tāda scenārija ģenerēšana un turpmāka pārvaldīšana, kas nodrošinātu pedagoģiskā mērķa sasniegšanu ar augstu varbūtību. Literatūras apskats liecina par šīs problēmas aktualitāti, jo vairāki autori savos pētījumos mēģina to atrisināt. Piemēram, [12] piedāvā militārās simulācijas (kuras būtībā var uzskatīt par spēlēm) arhitektūru, kur visas dalībnieku darbības (vai lēmumi) tiek kontrolēti ar aģenta palīdzību, kas izpilda vadītāja funkciju un koriģē lēmumus atbilstoši mācību mērķiem. Citas publikācijas autori [13] piedāvā papildināt biznesa spēli ar pedagoģisko aģentu, kas atbalstītu dalībnieku lēmumu pieņemšanu. Pētījumus šajā virzienā veic arī [14], kas izstrādāja imitējošās spēles arhitektūru, kuras pamatā ir vairāki moduļi tai skaitā arī scenāriju, virtuālo spēlētāju, spēles administratoru un satura vadības sistēmu moduļi (1.2. att.). Šī arhitektūra pārsvarā definē atsevišķu moduļu funkcijas, saites un mijiedarbību starp tiem, taču neatklāj šīs arhitektūras komponentu formālo uzbūvi.



1.2. att. Imitējošās spēles arhitektūras piemērs.

Tā ir piemērota attālinātām mācībām caur tīmekļa vietni. Šeit ir paredzēts, ka administratora un lietotāja saskarnes servisiem ir P2P (*peer-to-peer* – vienādranga) attiecības ar citām imitācijas modeļa arhitektūras sastāvdaļām, kuras neatrodas serverī kopā ar spēli. Piedāvātās arhitektūras kontekstā, simulators ir atbildīgs par spēles palaišanu, pārtraukšanu un laika ātruma kontroli. Ziņojumu modulis nodrošina sazināšanās iespēju starp spēles dalībniekiem vienas komandas ietvaros, vai starp komandām, kas ir būtiski, ja spēle notiek attālinātā režīmā. Scenāriju modulis nodrošina spēles scenārija veidošanu un spēles notikumu plānošanu, kā arī automātiski izpilda vairākas darbības, ko parasti veic spēles administrators. Papildus šis modulis saglabā spēles scenārija dažādos stāvokļus, lai pēc tam salīdzināt dažādus scenārijus un novērtēt pieņemtus lēmumus. Simulētie spēlētāji palīdz nodrošināt spēles dinamiskumu un elastību, piedaloties spēlē kopā ar reālajiem spēlētājiem, kas

pieslēdzas spēles serverim attālināti un pieņem lēmumus atbilstoši konkrētā scenārija nosacījumiem. Lietotāja saskarne nodrošina sazināšanos ar citiem spēles dalībniekiem, kā arī ar spēles administratoru un pašu spēli. Savukārt, spēles administratora modulis nodrošina spēles vadību un kontroli. Taču administratoram nav iespējas veikt izmaiņas izvēlētajā scenārija notikumos. Vēl viens piedāvātās arhitektūras modulis ir satura vadības sistēma, kas nodrošina funkciju un lomu piešķiršanu, kā arī automātiski atbild uz visbiežāk uzdotajiem jautājumiem. Kopumā izskatītā imitējošās spēles arhitektūra nodrošina iespēju izstrādāt un izspēlēt vairākus spēles scenārijus, taču nav piedāvāta iespēja izveidot scenāriju datu bāzi, kas ļautu turpmāk tos atkārtoti lietot, vai modificēt jau esošos. Tāpat nav skaidri definēta scenārija izstrādes un testēšanas procedūra. Faktiski šeit redzam tikai scenārija vietu un lomu spēles arhitektūrā, taču tā izstrādes procedūra nav aprakstīta

Imitējošās spēles ar iespēju izstrādāt dažādus scenārijus ļauj izvēlēties atbilstošu spēles sarežģītības līmeni, kas ir atkarīgs no specifiskiem mācību mērķiem un apmācāmo zināšanu līmeņa. Parasti šāda scenārija izstrādes process un tā turpmākā kontrole (vadība) spēles gaitā notiek manuāli. Taču tādā veidā cilvēcisks faktors var izraisīt dažādas neatbilstības izstrādātajā scenārijā [15]. Arī kontrolējamo parametru skaits parasti ir diezgan liels, kas pieprasa šīs procedūras vismaz daļējo automatizāciju.

### 1.3. Scenāriju jēdziena konceptualizācija imitējošās spēlēs

Scenāriju pieejas lietošana mācību nolūkos nav nekāds jaunums (1.2. tab.). Pētījumus par šo jautājumu ir veicis, piemēram, Kindlijs [16].

1.2. tabula

Tradicionālās un scenārijos sakņotās mācīšanās pieeju salīdzinājums

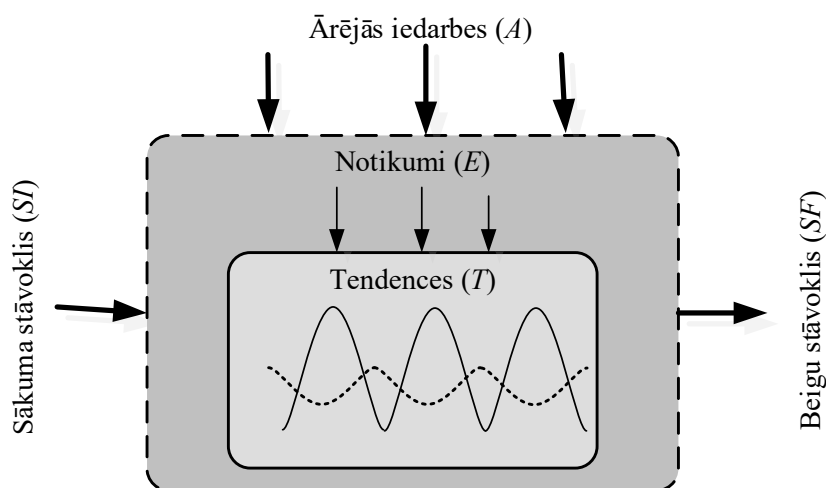
	<b>Tradicionālā</b>	<b>Scenārijā sakņotā</b>
Mācīšanās pieeja	Deduktīva	Induktīva
Fokuss	Mācīšanas objekts vai subjekts	Apmācāmo uzvedība
Mācīšanās mērķi/sasniedzamie rezultāti	Izteikti kompetencēs un prasmēs (statiskie)	Atkarīgi no mācību scenārijiem (dinamiskie)
Mācīšanās pieredzes pilnveide	Lineārā (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 komponentu mijiedarbību mainīgā vidē, kas orientētas uz zināšanu un prakses integrēšanu

Pētījumos tiek salīdzināta tradicionālā pieeja un scenārijā sakņotā pēc vairākām pazīmēm: fokuss, mācīšanās mērķis / sasniedzamie rezultāti, mācīšanās pieredzes pilnveide, mācīšanās process, piemērotība. Kindlijs izceļ katras pieejas priekšrocības un pasvītro, kādām situācijās tās būtu piemērotas.

Taču uz pašreizējo brīdi literatūrā ir atrodamas maz metodes, kas ļautu formalizēt un turpmāk automatizēt spēles scenārija izstrādes un ģenerēšanas procesu, taču pētījumi šajā virzienā jau ir uzsākti [17].

Scenārijs ir arī 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 (determinēti, stohastiski), taču imitējošām spēlēm raksturīgs jaukts notikumu ģenerēšanas paņemiens, 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, tad tas pilnā mērā attīsta spēles dalībnieku iemaņas un sniedz jaunas zināšanas. Ja scenārijs neatbilst situācijai vai ir neadekvāts, tad pastāv risks, ka spēlei nebūs pareizā mācīšanas efekta.

Ģenerējot scenāriju, nepieciešams noteikt mainīgo kopu, kas raksturo procesa attīstību modelējamā laika perioda ietvaros. Modeļa mainīgos iedala tendencēs, notikumos un ārējās iedarbēs [17]. Tendence atspoguļo sistēmas attīstību laika rindas formātā. Tendencēm ir galvenā ietekme uz procesiem, kas notiek sistēmā. Katrai tendencei var uzdot tā izmaiņu kādā laika intervālā. Notikums – tas ir mainīgais, kas ietekmē konkrētu tendenci dinamisku vai citus notikumus caur savu īstenošanu vai neīstenošanu. Iedarbes realizē kādi subjekti un tās ietekmē gan tendences gan notikumus. Vispārīgā veidā scenārija konceptu var grafiski interpretēt, kā parādīts 1.3. attēlā.



1.3. att. Scenāriju koncepts.

Korteža veidā to var pierakstīt sekojoši:

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

kur  $SI$  – sistēmas sākuma stāvoklis;  
 $T$  – sistēmas attīstības tendences,  
 $A$  – ārējās iedarbes,  
 $N$  – notikumi,  
 $SE$  – sistēmas beigu stāvoklis.

Tendence  $T_i$  paredzēta sistēmas dinamikai modelēšanai laika periodā  $t$  un var būt aprakstīta ar funkciju:

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

Tendenču raksturs ir atkarīgs no funkcijas veida un tās parametriem.

Visi iekšējie notikumi un ārējās iedarbes ir atkarīgi no sistēmas pašreizējā stāvokļa un ir vērsti 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

un  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$  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  $t_0$  ir sākuma laika moments.

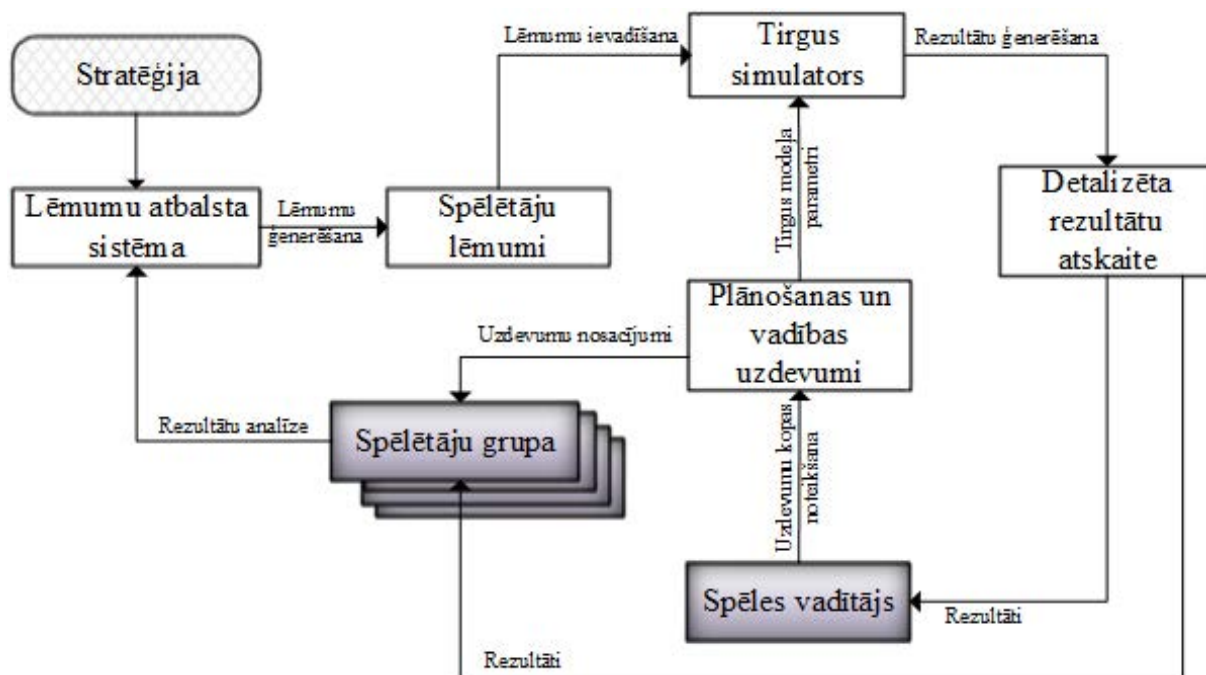
Imitējošās spēles kontekstā scenārijs detalizēti apraksta spēles biznesa vides sākuma stāvokli un nosaka situācijas turpmāko attīstību laikā saskaņā ar definētām sistēmas attīstības tendencēm, kā arī satur svarīgo notikumu sarakstu, kas inicializējas imitācijas laikā. Spēlētāji pieņem lēmumus (citiem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

Līdz šim jau eksistēja uz scenārijiem balstītas imitējošās spēles, taču visu atbildību par scenārija sastādīšanu tajās uzņēmās mācībspēks, kas bieži vien ir laikietilpīgi un ne visai efektīvi. Par piemēru šāda tipa spēlei var kalpot progresīva dinamiskā menedžmenta simulēšanas spēle *New ORSIAM*, kuras mērķi ir atbalstīt un veicināt [9]:

- zināšanu un prakses integrēšanu;
- vairāku mērķu sasniegšanu spēles gaitā;
- iemaņu iegūšanu problēmu atpazīšanā;
- modeļu izvēli problēmas formulēšanai;
- risināšanas metožu pieskaņošanu problēmas atrisināšanai;
- kritisku uzdevumu risinājumu īstenošanu;
- ātri mainīgas vides kontroles iemaņu apgūšanu;
- lēmumu pieņemšanu grupās.

Spēle ietver vairākus uzdevumus un to iespējamās kombinācijas. Spēles gaitā studenti strādā grupās, kuras sastāv no diviem vai trim cilvēkiem un pārstāv kompānijas, kuras ražo vienu un to pašu produkciju – augsto tehnoloģiju elektroniskās spēles – un pārdod tās vienā un tajā pašā tirgū. Katra biznesa spēle ietver dažādu vadības problēmu risināšanu atbilstoši grupas darbībai iepriekšējos periodos un grupas lēmumu pieņemšanu saskaņā ar grupas izvēlēto stratēģiju. Spēlē ir ietverti vairāki uzdevumi [9], proti, uzņēmuma stratēģiskā plāna noteikšana, ražošanas plāna izstrāde, tirgzinības lēmumu pieņemšana, izejmateriālu sagādes departamenta darbības plānošana, uzņēmuma darbības plānošana informācijas trūkuma apstākļos, kvalitātes kontroles darbības plānošana, uzņēmuma ražošanas kapacitātes palielināšanas plānošana, jauna produkta ražošanas plānošana utt. Spēle tiek organizēta pēc shēmas, kas parādīta 1.4. attēlā.

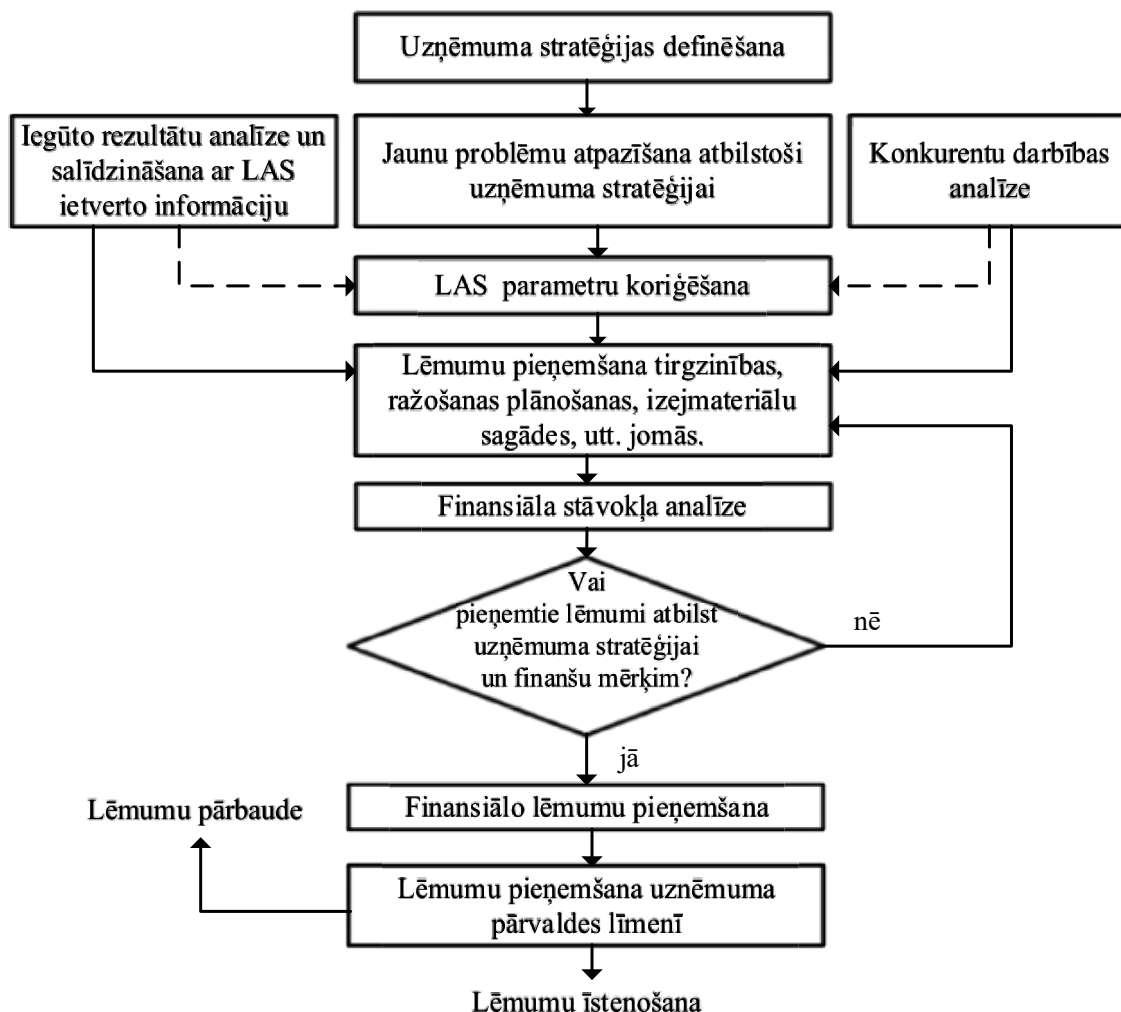
Spēles gaitu nosaka mācībspēks vai spēles vadītājs atkarībā no iepriekšējo periodu rezultātiem un saskaņā ar karjeras principu. Uzdevumu kopa katrā periodā veido spēles scenāriju. Piemēram, ja spēles gaitā tirgus pieprasījums nav apmierināts un tomēr faktiskais piedāvājums ir lielāks par pieprasījumu, tad tiek risināts marketinga uzdevums. Ja piedāvājums nav pietekošs, tad kompānijas analizē investīciju iespējas. Pēc karjeras principa studenti parasti sāk strādāt ražošanas departamentā plānotāja amatā, pēc tam saņem amatus sagādes, marketinga, finanšu departamentos un pakāpeniski paceļas līdz amatam direktoru padomē. Kā rezultātā, spēles gaitā nepārtraukti aug grupas atbildība par pieņemtajiem lēmumiem.



1.4. att. Spēles organizācijas shēmas piemērs.

Darbību plānošana notiek pēc tipveida plānošanas procedūras (1.5. att.), kuru studenti izmanto spēles gaitā. Vispirms jādefinē uzņēmuma stratēģija, jo tālāk visi dalībnieku lēmumi tiek pieņemti atkarībā no tās. Tālāk katru periodu notiek iepriekš iegūto spēles rezultātu analīze un jaunu problēmu atpazīšana, kas savukārt paredz atbilstošu lēmumu pieņemšanu ar mērķi uzlabot finansiālo stāvokli. Paralēli tiek izstrādāts lēmumu atbalsta sistēmas (LAS) prototips,

kas katru periodu tiek pilnveidots un papildināts, jo saskaņā ar spēles progresivitātes principu katru periodu nāk klāt kāds jauns uzdevums.



1.5. att. Vienkāršota plānošanas procedūra.

Šai procedūrai ir universāls raksturs. Faktiski to var piemērot jebkurai biznesa imitējošai spēlei veicot nelielas izmaiņas, piemēram, ja spēle neparedz tiešo konkurenci, tad izpaliek posms, kas attiecās uz konkurentu darbības analīzi.

#### 1.4. Nenoteiktība scenāriju pieejā

Viens no svarīgākajiem aspektiem scenāriju pieejā ir nenoteiktība. Ar to saprot situāciju, kad daļēji vai pilnībā trūkst informācijas par sistēmas struktūru un iespējamiem sistēmas un apkārtējās vides stāvokļiem [17, 18].

Scenāriju izstrādei ir divi mērķi attiecībā pret nenoteiktību [16]: pirmkārt, tās maksimāla samazināšana; otrkārt paliekošās nenoteiktības daļas aprakstīšana ar dažu scenāriju variantu.

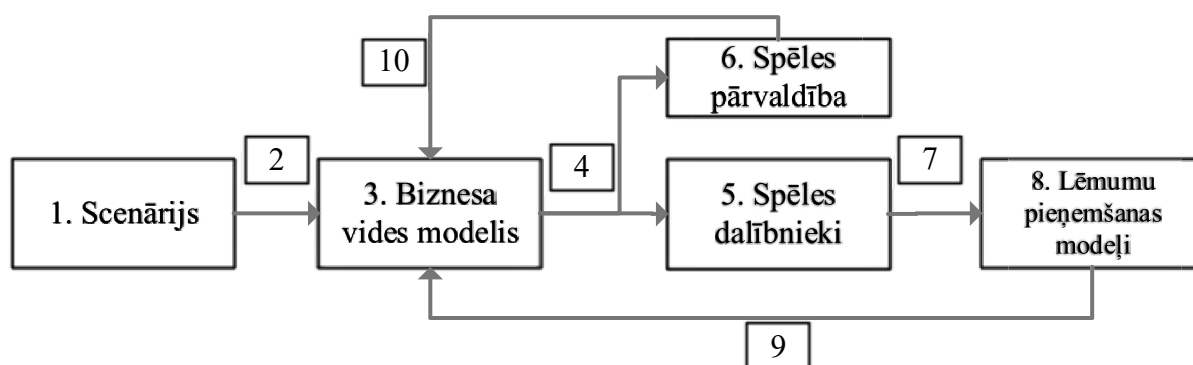
Izdala vairākas nenoteiktības komponentes [17]:

- objektīvā nenoteiktība (piemēram, procesu attīstība laika gaitā);



- subjektīvais faktors (piemēram, lēmumu pieņemšanas process);
- ārējās vides ietekmes nenoteiktības faktors.

Imitējošo spēļu gadījumā ārējās vides ietekmes faktoru var izslēgt, jo spēles scenārijs ir mākslīgi radīts, bet objektīvā nenoteiktība izpaužas modelējamās sistēmas attīstības tendencēs, kā arī ārējās iedarbes un notikumus stohastiskā rakstura dēļ var uzskatīt par subjektīviem nenoteiktības faktoriem. Shematiski nenoteiktības faktoros un to ietekmi imitējošās spēlēs var attēlot līdzīgi kā 1.6. attēlā. Vispārīgu pētījumu par nenoteiktības faktoriem, kurus jāņem vērā, izvērtējot sociāli-ekonomisko sistēmu attīstības scenārijus, ir veicis autoru kolektīvs prof. V.L.Šulca un V.V.Kuļbas vadībā [19].



1.6. att. Vienkāršota plānošanas procedūra.

Šeit 1 ir spēlē uzdots scenārijs, 2 – scenārija parametri un mainīgie, kas ietekmē biznesa vides modeļa sākotnējo stāvokli un attīstības tendences, 3 – biznesa modeļa attīstības tendences, 4 – informācija par biznesa vides modeli un tās uzvedību, 5 – spēles dalībnieki, 6 – spēles pārvaldības subjekts, 7 – lēmumu pieņemšanas process, 8 – izstrādātie lēmumu pieņemšanas modeļi, 9 – spēles dalībnieku lēmumu ietekme uz biznesa vidi, 10 – izmaiņas scenārijā. Nenoteiktības avots shēmā, kura ir parādīta 1.6. att., var būt katrs elements un sakaru kanāls starp elementiem.

Piemēram, klasiskajā piegādes ķēdes vadības spēlē ar nosaukumu "*Beer Game*" [20, 21] nenoteiktības rodas gan gala pieprasījuma stohastiskā rakstura dēļ, gan spēlētāju lēmumu pieņemšanas gaitā, gan arī nenoteiktībai ir tendence pieaugt, jo tālāk ir piegādes ķēdes posms no galapatērētāja. Šī paradigma ir nosaukta par pātagas efektu (*bullwhip effect*).

Vēl kā piemēru var minēt "*The Fresh Connection*" spēli [22], kur galvenie nenoteiktības avoti ir spēles biznesa vides attīstības tendences, kas, piemēram, nosaka galapatērētāja pieprasījumu, kā arī spēlētāju lēmumi, kas nosaka izejmateriālu pasūtīšanas apjomus un piegādātājus, ražošanas apjomus un produkcijas realizācijas kanālus.

Ja spēle paredz tiešo dalībnieku konkurenci, tad nenoteiktības avots ir arī pretinieku pieņemtie lēmumi, kā, piemēram, tas ir *New ORSIAM* spēlē [9], kad katra uzņēmuma tirgus daļa ir atkarīga gan no pašu lēmumiem, gan no citu komandu pieņemtajiem lēmumiem.

Scenāriju pieeja ir veids, kā samazināt esošo nenoteiktību un attēlot to, izmantojot dažus sistēmas attīstības variantus. Scenāriju izstrādes metodes izvēle lielā mērā ir atkarīga no nenoteiktības veidiem, ar kuriem sastopas pētnieks. Tāpēc pētāmās sistēmas un tās atribūtu

noteikšana (vide, apakšsistēmas, elementi, mijiedarbības kanāli ar vidi u.c.) un esošo nenoteiktības veidu analīze ir svarīgi posmi, kuri ietekmē tālāko scenāriju pētījuma gaitu.

### **1.5. Imitējošās spēles kā sarežģītu sistēmu scenārijos sakņotās attīstības plānošanas metode**

Vispārīgā gadījumā scenāriju plānošana ir metode zināšanu iegūšanai par nākotni, izzinot pašus svarīgākos virzītājspēkus, kas ietekmē nākotni, un kuriem ir nenoteikts raksturs [17]. Parasti tiek izstrādāti vairāki atšķirīgi sistēmas attīstības scenāriji, kas ņem vērā dažādus nenoteiktības faktorus, kurus ir grūti vai neiespējami ietekmēt. Izstrādāto scenāriju kopa ļauj dziļāk izprast konkrētu biznesa vidi, kā arī sagatavot rīcības plānu katram konkrētajam scenārijam. Scenārijus plaši izmanto kā stratēģiskās plānošanas instrumentu.

Metodes būtība paredz, ka tiek izstrādātas imitējošās spēles noteiktā jomā, piemēram politikā, ekonomikā, u.c., definējot zināmus faktus par nākotni un bāzes nenoteiktības. Scenāriju plānošana var ietvert elementus, kurus ir grūti formalizēt, piemēram, subjektīvu faktū interpretāciju. Tātad, zināmu faktū un bāzes noteiktību iespējamās kombinācijas sauc par scenārijiem.

Scenāriji parasti izskata ticamas un kritiski svarīgas situācijas un problēmas, kas var rasties kādas sistēmas attīstības gaitā, līdz ar to imitējošai spēlei jābūt pielāgojamai un elastīgai, lai varētu modelēt iespējamo situāciju daudzveidību. Tādējādi īsā laikā var tik pārbaudīti viens vai vairāki sistēmas attīstības scenāriji, un rezultātā var būt izstrādāti rīcības plāni, kas nodrošina vēlamu rezultātu sasniegšanu.

Salīdzinājumā ar citām analīzes metodēm scenāriju pieejai ir vairākas priekšrocības. Piemēram, "*What if*" analīzes gadījumā parasti tiek izskatīts viens nenoteiktības faktors, taču scenāriju plānošanā tiek ņemta vērā vairāku nenoteiktību kombinācija. Jūtīguma analīzes metode arī ir ierobežota ar vienkāršiem gadījumiem, kad tiek pētīta viena mainīgā izmaiņu ietekme uz sistēmas uzvedību, savukārt, scenāriju plānošana paredz vairāku galveno mainīgo mijiedarbības pētīšanu. Kaut gan scenāriju plānošana ir lielā mērā līdzīga imitācijas modelēšanai, pirmā tomēr ir mazāk formalizēta, kas nodrošina lielāku brīvību, definējot sistēmas notikumu secību.

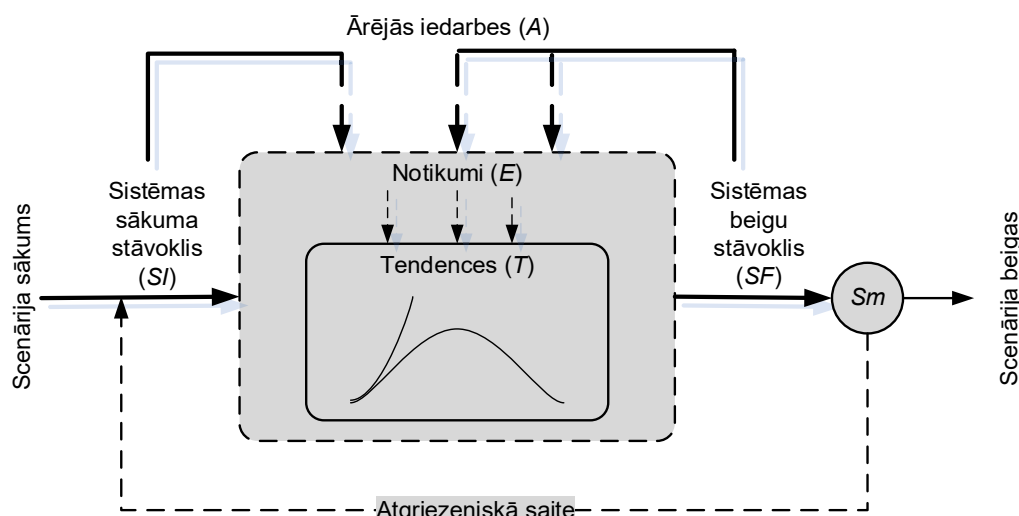
Tā kā sistēmas attīstības scenārijs ir imitējošās spēles neatņemama daļa, tad var uzskatīt, ka tās var lietot sarežģītu sistēmu attīstības plānošanai, lietojot scenāriju plānošanas metodi. Šādai plānošanai varēti būt divi mērķi:

- 1) noskaidrot pēc kāda laika sistēma sasniegs mērķa stāvokli ( $S_m$ );
- 2) kāds būs sistēmas stāvoklis pēc noteikta laika  $t$ .

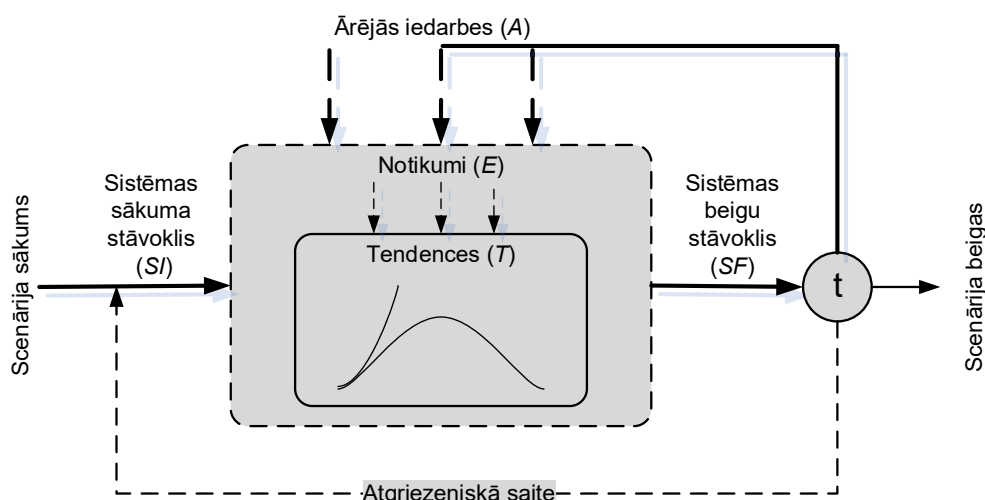
Ņemot vērā scenārija vispārīgo struktūrshēmu (1.4. att.), shematiski to var attēlot kā ir parādīts 1.7. att.

Ja sistēmas plānošanas mērķis ir sasniegt kādu noteiktu stāvokli, tad scenārija darbība tiek pārtraukta tajā momentā, kad šis stāvoklis ir sasniegts. Tādā veidā var noskaidrot, cik ilgs laiks ir nepieciešams, lai sistēma sasniegtu konkrētu stāvokli. Ja sistēmas plānošanas mērķis ir

noskaidrot, kāds būs sistēmas stāvoklis pēc noteikta laika, tad scenārija darbība tiek pārtraukta laika momentā  $T$ .



Plānošanas mērķis 1)



Plānošanas mērķis 2)

1.7. att. Scenārijs atkarībā no sistēmas attīstības plānošanas mērķa.

Tātad spēli var spēlēt līdz brīdim, kad virtuālais uzņēmums sasniegs kādus konkrētus rezultātus, vai arī pārtraukt spēli konkrētajā laika sprīdī un tad izvērtēt, kādi ir uzņēmuma darbības rezultāti. Kā tieši spēle tiek organizēta ir atkarīgs no mācību mērķa.

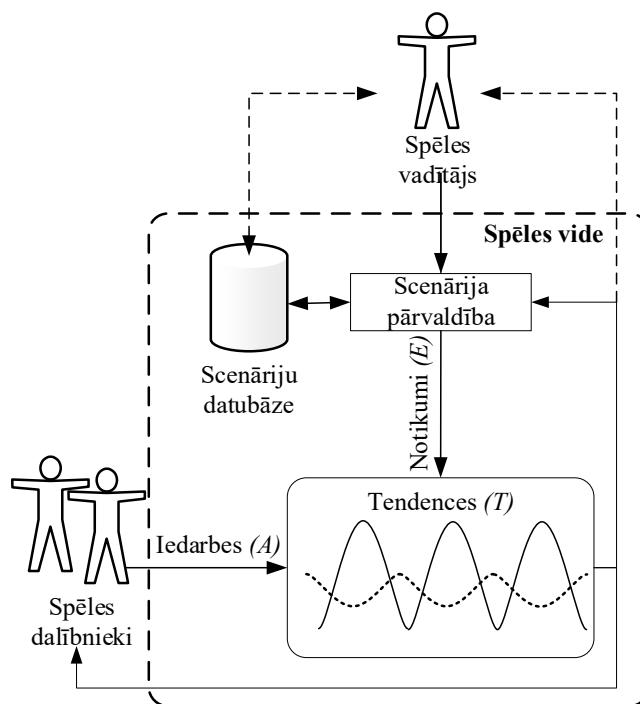
## 1.6. Promocijas darba uzdevuma nostādne

Scenārijs ir imitējošās spēles daļa, no kuras ir lielā mērā atkarīgs vai šī mācīšanas metode sasniegs mērķi – apmācīs spēles dalībniekus adekvāti rīkoties piedāvātajā situācijā. Mūsdienu informācijas tehnoloģijas ļauj ne tikai izstrādāt imitējošās spēles, kas maksimāli pietuvinātas

realitātei, bet arī ar scenāriju palīdzību pielāgot tās konkrētām vajadzībām, kā arī efektīvi vadīt tās, pēc nepieciešamības operatīvi mainot spēles situāciju. Uz pašreizējo brīdi eksistējošā scenāriju pieceja nevar būt pilnā mērā attiecināma uz imitējošo spēļu scenārijiem un tādējādi rodas nepieciešamība izstrādāt tādas procedūras un līdzekļus, kuri ļaus izstrādāt un vadīt imitējošo spēļu scenārijus.

Ja imitējošās spēles scenārijs ir pārāk vienkāršs un risināmā problēma nav sarežģīta, spēlētājiem var viegli izprast savu lēmumu sekas. No otras puses, ja spēles scenārijs ir pārāk sarežģīts, dalībniekiem būs grūtāk izskaidrot pieņemto lēmumu un rezultātu likumsakarības, bet tas veicinās komplekso problēmu risināšanas prasmju attīstību. Šai sakarā rodas nepieciešamība izstrādāt līdzekļus un metodes, kas ļautu izstrādāt un efektīvi pārvaldīt spēles scenārijus. Pašreiz literatūrā nav atrodamas metodes, kas ļautu pilnā mērā atrisināt problēmu, taču pētījumi šajā virzienā jau ir uzsākti.

Ņemot vērā imitējošās spēles struktūru (1.1. att.), scenārija vieta tajā var būt definēta šādi [23]: spēles scenārijs nosaka spēles biznesa vides modeļa sākuma stāvokli, kā arī tā attīstību laikā, un spēles gaitā ļauj veikt nepieciešamās izmaiņas tekošajā situācijā (1.8. att.).



1.8. att. Scenārijos sakņotais struktūrietvars imitējošo spēļu plānošanai un vadībai.

Spēles rezultāts ir atkarīgs no spēlētāju lēmumiem. Spēles vadītājs nodrošina spēles pārvaldību, tai skaitā izvēlās vai izstrādā scenāriju atbilstoši mācību mērķim, nosaka spēles grafikplānu, seko līdzi dalībnieku lēmumiem, pēc nepieciešamības sniedzot konsultācijas, un ievieš izmaiņas scenārijā, ja to pieprasa situācija, analizē spēles un vērtē spēles rezultātus. Scenāriju datu bāze satur datus par iepriekš izstrādātajiem scenārijiem, kas ļauj tos atkārtoti izmantot vai veidot jaunus uz jau eksistējošo scenāriju bāzes, kas ļaus samazināt laiku un ietaupīt citus resursus.

Tā kā imitējošo spēli var uzskatīt par sarežģītu sociāli-ekonomiskas sistēmas modeli, problēmas risināšanai nepieciešams definēt galvenās likumsakarības:

- 1) kā beigu situācija ir atkarīga no sistēmas sākuma stāvokļa, tendencēm, notikumiem un ārējām iedarbēm:

$$f:(SI, T, N, D) \rightarrow SE;$$

- 2) kā notikumi un darbības ietekmē sistēmas tendences:

$$f:(N, D) \rightarrow T;$$

- 3) kā notikumi ietekmē darbības:

$$f:(N, D) \rightarrow T.$$

Tā kā darbībām ir varbūtisks raksturs un analizējamā sistēma ir dinamiska, tad, viennozīmīgi, noteikt šo likumsakarību raksturu nav iespējams. Tātad jāpiedāvā metodes un procedūras, kas ļaus nenoteiktības apstākļos ģenerēt, modelēt un vadīt imitējošo spēļu scenārijus.

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

## 1.7. Secinājumi

Darba pirmajā nodaļā ir izpētīta imitācijas modelēšanā sakņotās mācīšanās būtība, tās priekšrocības un trūkumi. Biznesa imitējošās spēles, kas ir šī darba pētījuma objekts, tieši pieder pie šī mācīšanās veida. Viena no biznesa imitējošo spēļu raksturīpašībām ir scenārija esamība, kurš lielā mērā arī nosaka spēles gaitu. Darba ietvaros veiktie pētījumi, ļāva secināt, ka ir nepieciešams formalizēt scenāriju tieši imitējošo spēļu kontekstā, kas nodrošinās spēļu dinamisko scenāriju ģenerēšanas, imitācijas un vadības metožu pielietošanu, ka arī to lietojumu mācību procesā, kas ir šī darba pētījuma priekšmets.

Pirmajā nodaļā veiktie pētījumi ļauj secināt ka:

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. Izpētītās imitējošo spēļu scenārija nenoteiktības komponentes jāņem vērā, izstrādājot scenārija pārvaldības vispārīgo procedūru un piedāvājot tās praktiskās realizācijas mehānismus.

4. 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 GENERĒŠANAI, MODELĒŠANAI UN VADĪBAI

Šajā nodaļā tiek apskatītas scenāriju modelēšanas metodes un procedūras, sniegtas definīcijas jēdzieniem, kurus lieto scenāriju pieejā, kā arī aprakstīta imitējošo spēļu scenāriju ģenerēšanas, simulācijas un vadības procedūra un izpildmehānismi. Apkopojot veiktos pētījumus, tiek piedāvāta scenārijos sakņota imitējošo spēļu vadības pieeja.

### 2.1. Scenāriji imitējošās spēlēs

Pēc būtības scenāriji ir viena no mūsdienīgām metodēm informācijas attēlošanai par apkārtējo vidi un operētājpuses atbildes rīcībām uz šīs vides stāvokli, kas nosaka principiālas sistēmas attīstības tendences [17]. 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.

Eksistē vairāki scenāriju veidi un vispārīgā gadījumā var izdalīt vairākas scenāriju klasifikācijas pēc dažādām pazīmēm. Atkarībā no pētāmā objekta formas scenārijs var būt attēlots kā:

- situāciju priekšnoteikumu kopums;
- dažādi risinājumu varianti;
- situācijas izmaiņas laikā.

Atkarībā no pētāmā objekta struktūras un risināmās problēmas scenāriji var būt klasificēti kā [24]:

- sinerģiski, kas modelē dažādus sistēmas uzvedības aspektus;
- atraktīvi, kas raksturo objekta uzvedību saskaņā ar pielietojamām vadības iedarbībām.

Var izdalīt dažādas scenāriju klasifikācijas, atkarībā no to veidošanas mērķiem:

- pēc notikumu aptveršanas mēroga:
  - lokālie scenāriji, kuri tiek sastādīti atsevišķi par katru potenciāli interesantu objektu, lai pētītu viņa funkcionēšanas režīmu, atrodas atbilstošas lokālās pārvaldīšanas sistēmas lēmumu pieņemšanas pamatā;
  - starp-objekta (reģionālie scenāriji), kuri tiek sastādīti atsevišķi potenciāli svarīgu objektu grupai vai to kopējās funkcionēšanas režīmiem, atrodas atbilstošas sadalītās pārvaldīšanas sistēmas pamatā;
- pēc funkcionēšanas režīma pazīmes scenāriji iedalās:
  - preventīvos, kurus izmanto ikdienišķās darbībās un paaugstinātās gatavības režīmos.
  - operatīvos, kurus lieto ārkārtas režīmā:
  - ekspresscenārijos, kurus izmanto, ja nav preventīvo pārvaldīšanas scenāriju.

- pēc notikumu nenoteiktības tipu pazīmēm, kuri ir saistīti ar objekta tapšanu un funkcionēšanu, scenāriji iedalās:

- bāzes (iespējamākos), objekta uzvedības scenārijos, kuri ir ērti dziļai un rūpīgai analīzei, lai paaugstinātu preventīvo un operatīvo līdzekļu efektivitāti, objekta uzvedības pārvaldīšanai;
- pesimistiskos, kuri fiksē notikumu klāstu un savstarpējo sakaru klāstu starp tiem, kuru rašanās un attīstīšanās dēļ rodas maksimāli zaudējumi un kaitējumi;
- optimistiskos, kuri atbilstoši fiksē tos notikumus un savstarpējo saistību starp tiem un kuri izraisa minimālus zaudējumus un kaitējumus vai vispār izslēdz tos.

- pēc dažādu scenāriju raksturojumu izmantošanas var noteikt:

- esošā attēlojamā objekta atbilstības pakāpi attiecībā pret patieso;
- objekta pielāgošanās pakāpi;
- objekta pārvaldīšanas pakāpi;
- objekta novērošanas pakāpi;
- objekta novērošanas grozāmības pakāpi;
- objekta dzīves vides apraksta atbilstības pakāpi;
- apkārtējās vides novērošanas grozāmības pakāpi;
- esošā modeļa pilnības pakāpi;
- modeļa nenoteiktības integrālo līmeni;
- objekta hierarhisko sakaru sarežģītības līmeni;
- objekta klasiskās stabilitātes līmeni;
- objekta struktūras stabilitātes līmeni;
- scenārija īstenošanas iespējamības raksturojumus;
- scenārija īstenošanas laicīgos raksturojumus;
- scenārija īstenošanas vērtības raksturojumus;
- pilnīgus scenārija raksturojumus, no kuriem svarīgākie ir:
  - pietiekoša informācija;
  - organizācijas nodrošinājums.
- scenārija resursu nodrošinātība un īstenošanas pakāpe.

Scenārijus pēc izstrādes mērķa var sadalīt sekojošās grupās:

- aprakstošie;
- izpētes;
- paskaidrojošie.

Scenāriju veidošanas mērķis nav tikai viennozīmīga vai varbūtiska notikumu prognozēšana, bet vairāku notikumu loģiskās ķēdes noteikšana. Mērķis nav visu iespējamo attīstības alternatīvu noteikšana – šajā gadījumā variantu skaits ātri kļūst nepārrēdzams – bet dažu kvalitatīvi un saturiski dažādu trajektoriju izdalīšana, kuras koncentrētā veidā atspoguļo visu iespējamo sistēmas attīstības virzienu spektru [25].

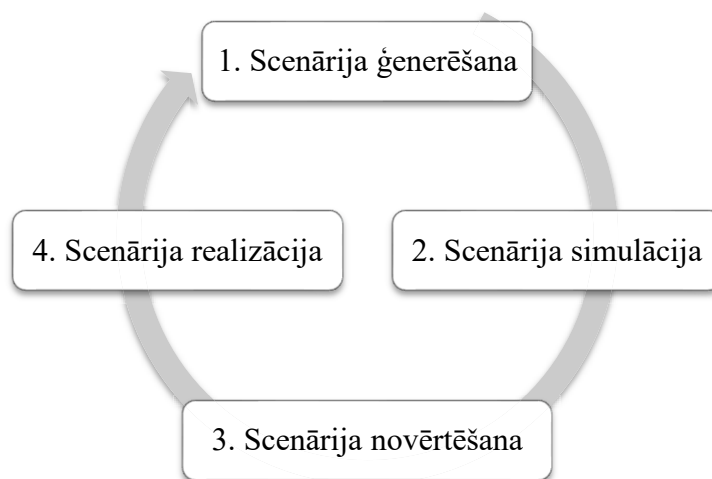
Scenāriju pieeja atrodas prognozēšanas un plānošanas krustpunktā. No šīm jomām, scenāriju pieeja izdala vienu elementu, kurš ir sastopams abos darbības veidos – pētāmā objekta iespējamo attīstības variantu sistemātiska izstrāde un pētīšana.



Scenārija jēdziens var tikt apskatīts arī šaurākā nozīmē, atkarībā no lietošanas sfēras. Tā kā šajā darbā tiek apskatītas biznesa imitējošās spēles, precizēsim scenārija definīciju šajā jomā. Tātad, imitējošās spēles scenārijs specificē sākuma nosacījumus, kā arī attīstības tendences un svarīgos notikumus tā simulācijas laikā [23]. Galvenā imitējošo spēļu scenāriju īpašība ir tā, ka scenārija gaitu un sistēmas darbības rezultātu lielā mērā ietekmē spēlētāji, kuri ar savām darbībām (vai bezdarbību) noteiktos laika brīžos var būtiski ietekmēt attīstības tendences, tādējādi ietekmējot arī sistēmas beigu stāvokli. Ja spēlei ir paredzēta tieša dalībnieku konkurence, tad spēlētāji ietekmē ne vien savus, bet arī konkurentu rezultātus.

Darbā tika izvirzītas šādas prasības izstrādājamiem scenārijiem:

1. Scenārijam jāatbilst konceptam (1.3. att.).
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.).



2.1. att. Scenāriju dzīves cikls.

Imitējošās spēles scenārija ģenerēšanas posmā jādefinē parametru kopa, kas nosaka scenārija mērķi, sākuma stāvokli, apraksta tendences un to izmaiņu likumsakarības, atsaucoties uz dažādiem notikumiem un iedarbēm gan no spēlētāju, gan no spēles vadītāja puses.

Scenāriju simulācijas mērķis ir pārlicināties, vai ar ģenerētām scenārija parametru vērtībām var sasniegt mērķa stāvokli vai nevar. Šajā posmā reālo spēlētāju iesaistīšanās nav paredzēta. Simulācijas izpildes mehānismi tiks aprakstīti šīs nodaļas 2.3. sadaļā.

Visbiežāk tiek ģenerēti vairāki scenāriji, un tad tos jānovērtē, lai izvēlētos vispiemērotāko tālākai realizācijai. Par izvēles kritēriju var kalpot izvēlētie rādītāji, kuru vērtības iegūstam simulācijas laikā un kurus varam izvērtēt katram ģenerētajam scenārija variantam atsevišķi. Jāizvēlas tas scenārijs, kura rādītāji ir vistuvāk mērķim.

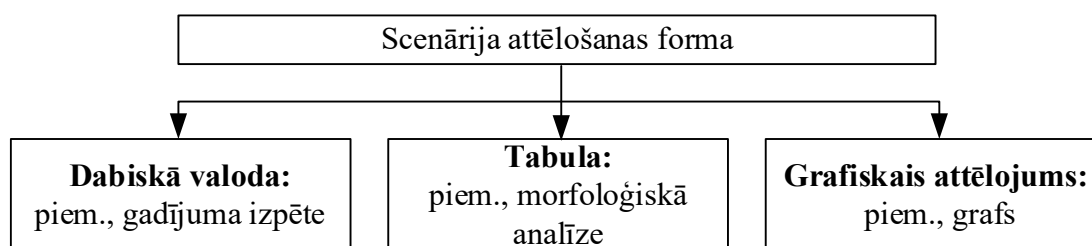
Scenārija realizācijas posmā šāda iespēja tiek piedāvāta reāliem spēlētājiem, kuri, izvērtējot sistēmas sākuma stāvokli, pieņem stratēģiskus lēmumus attiecībā uz virtuāla uzņēmuma attīstību, kā arī laika gaitā, situācijai attīstoties, pieņem taktiskus un operatīvus

lēmumus, kas atbalsta izvēlētajā stratēģijas realizāciju, un ir vērsti uz uzņēmuma mērķu realizāciju. Spēlētāji lēmumus pieņem pēc Deminga cikla principa [26]: plāno-dari-pārbaudi-rīkojies.

Ja scenārija realizācijas posmā atklājas kādas scenārija nepilnības, tad tās var novērst, ģenerējot jaunu scenāriju, tādā veidā atgriežoties pie scenāriju cikla sākotnēja posma.

## 2.2. Scenāriju formalizācijas un izstrādes pieejas

Izstrādājot imitējošo spēļu scenāriju, ir būtiski apzināties, kādas ir zināmas scenāriju formalizācijas pieejas spēlēs vai saistītājās jomās. Scenāriji tiek aprakstīti dažādās vidēs, lietojot formāli definētas notācijas. Tiek izdalītas vairākas scenārija attēlošanas formas [16]: teksta, tabulas, grafiska u.c. (2.2. att.)



2.2. att. Scenāriju attēlošanas formas.

Ir zināmas vairākas scenāriju veidošanas metodes. Tā kā scenārijos ir sastopams tāds faktors kā nenoteiktība, kas būtiski var ietekmēt tā sarežģītību, tad ne visus scenārijus ir iespējams viegli formalizēt. Tātad scenāriju izstrādes metodes var iedalīt [17]:

- formalizētas, kas iekļauj scenāriju veidošanas metodes, kuru pamatā ir automātiskas vai datoru atbalstītas procedūras;
- daļēji formalizētas, kuru pamatā ir automatizētas procedūras, bet izstrādāto scenāriju novērtē un pielāgo eksperti;
- neformalizētas, t.i., uz eksperta viedokli balstītas.

Formalizētas metodes izslēdz cilvēka iejaukšanos, bet pieprasa lietot sarežģītu scenāriju ģenerēšanas algoritmu un lielus skaitļošanas resursus, līdz ar to tās tiek diezgan reti lietotas praksē. No otras puses, neformalizētas metodes ir pilnībā atkarīgas no ekspertu zināšanām un pieredzes konkrētajā jomā, tātad pastāv risks, ka izstrādātais scenārijs būs subjektīvs, bez tam izstrādes process parasti ir laikietilpīgs. Daļēji formalizētas metodes izmanto automatizētas procedūras sākotnējo scenāriju kopu ģenerēšanai, kuru tālāk novērtē eksperti, izvēlas vienu vai vairākus vispiemērotākos scenārijus un pielāgo tos konkrētai situācijai. Līdz ar to izstrādātie scenāriji būs reālistiski, izstrādes process prasīs mazāk skaitļošanas resursus un būs ne tik laikietilpīgs. Šī darba ietvaros tiks izskatītas tikai daļēji formalizētas metodes, līdz ar to ir būtiski apskatīt, kādas ir scenāriju formalizācijas pieejas.

Sistēmu analīzes un strukturālās analīzes metodes var tikt izmantotas scenāriju izstrādei, jo tās ļauj veikt sistēmas dekompozīciju, definējot tās vienības, procesus un struktūras. Tiklīdz ir iespējams identificēt šīs trīs komponentes, tā var tikt veidots sistēmas vai objekta modelis,

kurš pēc tam tiek ievadīts simulatorā un rezultātā var analizēt sistēmas uzvedību, noteikt eksistējošās problēmas, kā arī veikt uzlabojumus, lai tās atrisinātu. Tā kā imitācijas spēle ir kādas sistēmas modelis, nepieciešams izdalīt tikai tās vienības, procesus un struktūras, kas ir nozīmīgas konkrētajam mācību mērķim. Tātad, jādefinē scenārija mērķis, piemēram, izmantojot mērķu pieeju, un tā kā jebkuram scenārijam ir savs mērķis, tad tiek izmantota tā saucamā mērķu pieeja [16]. Šī pieeja paredz:

- mērķu sistēmas noteikšanu;
- risināmo uzdevumu kopas izstrādāšana mērķu sasniegšanai;
- noteiktu rezultātu mērīšana mērķu sasniegšanas starpposmos.

Šajā gadījumā mērķis ir vēlamais sistēmas darbības rezultāts noteiktā laika periodā. Parasti mērķis tiek sasniegts, izpildot noteiktus uzdevumus. Vispārīgā gadījumā scenārija mērķis var būt kvalitatīvs vai kvantitatīvs. Kvalitatīvo mērķi var vai nu sasniegt, vai nesasniegt, bet kvantitatīvā mērķa sasniegšanas pakāpi var viegli izmērīt pēc noteiktiem parametriem.

Literatūrā ir sastopamas vairākas scenāriju izstrādes un attēlošanas pieejas. Piemēram, scenārijus var attēlot ar freimu palīdzību [27], jo tos parasti lieto zināšanu attēlošanai un tie atbalsta objektu orientēto koncepciju. Freimu var definēt kā statistisku datu struktūru precīzi definētu stereotipu situāciju attēlošanai, piemēram, kā tas ir redzams 2.3. attēlā.

<p><i>Scenario:</i> Bicycle: production and trading</p> <p><i>Properties:</i></p> <p>Product Markets Raw Materials Reports Overviews</p> <p><i>Roles:</i></p> <p>Customers C=Companies Vendors</p> <p><i>Initial Conditions:</i></p> <p>C have money C have assets Customers ask for products</p> <p><i>Results:</i></p> <p>C operate successfully C go bankrupt Customers are satisfied Customers are not satisfied</p>	<p><i>Scene 1:</i> C make market analysis C make strategic decisions</p> <p style="text-align: right;">} for each Market</p> <p><i>Scene 2:</i> C make tactical decisions C make operational decisions</p> <p style="text-align: right;">} for each Market according to existing Assets</p> <p><i>Scene 3:</i> C analyse Reports C analyse Overviews</p> <p style="text-align: right;">IF results are not satisfactory THEN C adjust the business strategy AND C improve their tactics AND GOTO Scene 2</p> <p><i>Scene 4:</i> IF time is not over THEN C make decisions AND GOTO Scene 3</p> <p><i>Scene 5:</i> End of the game</p>
--	--

2.3. att. Freima struktūras piemērs scenārija attēlošanai [27].

Vēl viena pieeja, ko lieto scenāriju attēlošanai, ir morfoloģiskā analīze [28]. Tā ļoti plaši tiek pielietota, lai sastādītu visu iespējamo problēmas risinājumu sarakstu, lai salīdzinātu vai atlasītu vienu no vairākiem iespējamiem tehniskiem, organizatoriskiem un citu problēmu risinājumiem. Šīs metodes ietvaros tiek noteikti visi iespējamie elementi, no kuriem var būt atkarīgs problēmas risinājums un uzskaitītas šo elementu iespējamās vērtības. Tālāk

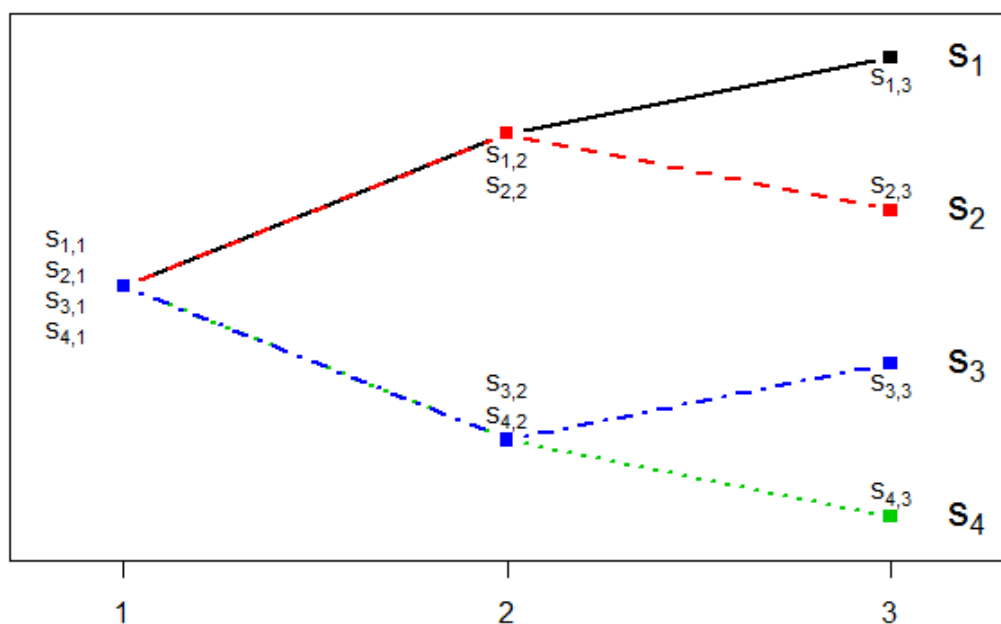
alternatīvu scenāriju ģenerēšanas procesā uzskaita visas iespējamās šo vērtību kombinācijas. Visbiežāk alternatīvu scenāriju attēlošanai tiek lietota matrica (2.4. att.). Šeit tiek definēti seši parametri no A līdz F (kolonnu nosaukumi), un iespējamās parametru vērtības [A1...A4], [B1...B4], [C1...C4], [D1...D4], [E1...E4] un [F1...F4]. Zemāk esošajā piemērā (2.4. att.) ēnotās šūnas attēlo vienu konkrētu scenāriju vai risinājumu.

PARAMETER A	PARAMETER B	PARAMETER C	PARAMETER D	PARAMETER E	PARAMETER F
A1	B1	C1	D1	E1	F1
A2	B2	C2	D2	E2	F2
A3	B3	C3	D3	E3	F3
A4	B4	C4	D4	E4	F4

2.4. att. Morfoloģiskās matricas piemērs [28].

Kā trūkumu morfoloģiskās analīzes metodei var minēt lielu scenāriju skaitu, kas veidosies, pieaugot parametru un to vērtību skaitam. Pastāv risks, ka tādā gadījumā izanalizēt un novērtēt visas iespējamās kombinācijas vairs nebūs iespējams, tātad šī metode ir lietojama pie salīdzinoši maza parametru un to vērtību skaitu. Taču morfoloģisko analīzi var lietot arī tad, ja parametru vērtības ir kvalitatīvas, un tā noteikti ir šīs metodes priekšrocība.

Scenāriju attēlošanai var lietot arī grafus, it īpaši kokus, jo tie var attēlot struktūras hierarhiju. Visbiežāk scenāriju kokus lieto stohastiskajā programmēšanā [29, 30]. Koku konstruēšanā izmanto heuristiskās metodes un ekspertu aprēķinus. Scenāriju koks ir samazināta scenāriju vai procesa realizācijas kopuma forma. Faktiski katrs koka zars attēlo atsevišķu scenāriju, kas realizējas ar noteikto varbūtību. Piemēram, 2.5. att. koks attēlo  $S$  scenārijus, kas apzīmēti ar  $S_i$  ( $i=1,2,\dots,S$ ).



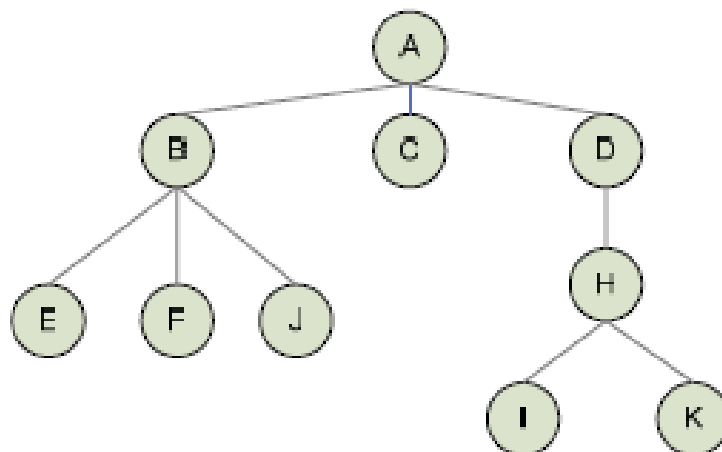
2.5. att. Scenāriju koka piemērs [29].

Katram scenārijam ir  $T$  mezgli, kas apzīmēti ar  $S_{i,t}$  ( $t=1,2,\dots,T$ ), bieži vien reprezentē laika momentus, kuros ar noteiktu varbūtību tiek realizēti kādi notikumi. Katram scenārijam ir sava realizācijas varbūtība  $P_i$ , un visi scenāriju  $P_i$  summa ir vienāda ar 1.

Scenāriju koku galvenais trūkums ir liels zaru skaits, un galvenais izaicinājums ir reducēt zaru skaitu [30, 31], atstājot tikai tos mezglus, kuriem ir mazāka ietekme uz scenārija rezultātu, faktiski apvienojot līdzīgos scenārijus. Šeit scenāriju konstruēšanai un zaru reducēšanai tiek lietoti sarežģīti algoritmi un patērēti lieli skaitļošanas resursi [31].

Biznesa imitācijas spēlēs scenārija sākuma nosacījumi var tikt interpretēti kā uzņēmuma sākuma aktīvi un pasīvi: rūpnīcas un tās iekārtas, izejmateriālu krājumi un saražotā produkcija, banku aizdevumi u.c. Spēles dalībniekiem scenārijā ir dažādas lomas, piemēram, uzņēmuma dažādu departamentu vadītāji. Spēles beigās dalībniekiem jāpasniedz noteikts attīstības līmenis vai kādas noteiktas darbības rādītāju vērtības.

Scenārija plānošanu un vadīšanu var attēlot ar koka struktūras paraugu. Spēles situāciju var aprakstīt sekojoši: kādā noteiktā spēles momentā pieaudzis pieprasījums. Mērķis ir apmierināt pircēju pieprasījumu ar maksimālu peļņu uzņēmumam. Situāciju var attēlot koka veidā (2.6. att.).



2.6. att. Scenāriju koka attēlojuma piemērs spēlei.

Šajā piemērā koka mezgliem ir šādi apzīmējumi:  $A$  – pieprasījums ir palielinājies un spēlētājiem tas ir jāapmierina;  $B$  – naudas investēšana mašīnu kapacitātes celšanai;  $C$  – strādāt virsstundas;  $D$  – strādāt divās maiņās;  $E$  – naudas investēšana mašīnu kapacitātes celšanai un strādāt vienā maiņā;  $F$  – naudas investēšana mašīnu kapacitātes celšanai un strādāt ar virsstundām;  $J$  – naudas investēšana mašīnu kapacitātes celšanai un strādāt divās maiņās;  $H$  – strādāt divās maiņās;  $I$  – strādāt trīs maiņās;  $K$  – turpināt strādāt divās maiņās, jo šajā gadījumā virsstundas nav atļautas.

Piemērā ir parādīts, ka mērķis var tikt sasniegts pa dažādiem ceļiem, bet katrs uzņēmums var aprēķināt ienesīgāko, t.i., izvēlēties labāko stratēģiju.

### 2.3. Scenāriju simulācijas metodes

Scenāriju pieejas mērķis ir ne tikai izstrādāt visus iespējamās sistēmas attīstības scenārijus, bet izdalīt tos, kuru iestāšanās varbūtība ar visaugstākā vai kuru ietekme uz sistēmu ir viskritiskākā. Imitējošo spēļu gadījumā ir nepieciešams atrast tādu scenāriju, pie kura būs sasniegts mācību mērķis. Līdz ar to jāizskata metodes, kas nodrošina izstrādāto scenāriju modelēšanu pirms scenārijs tiks piedāvāts reālajiem spēlētājiem.

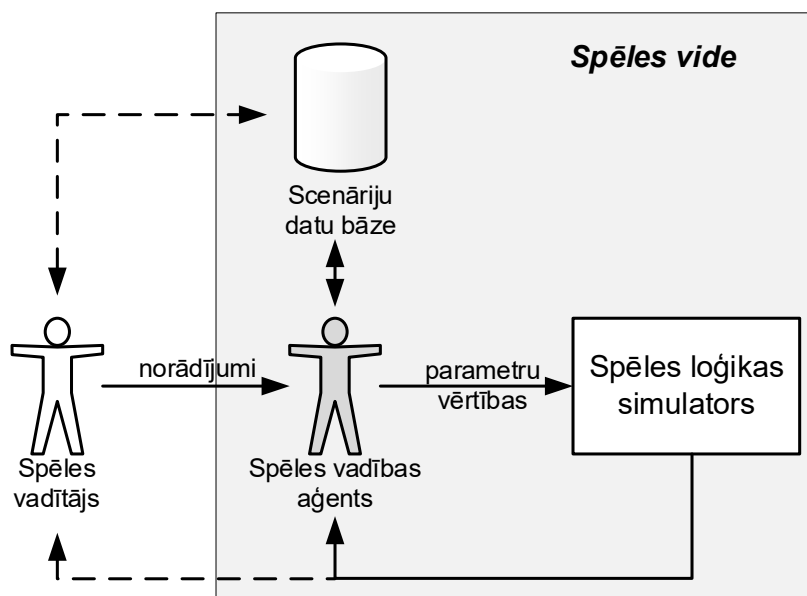
Spēlēs aģenti var aizvietot cilvēkus, vai arī darboties fona režīmā kā palīgi, kas seko līdzī darbībām un izvērtē tās. Patērētājus, kuru rīcība tradicionālajās darījumu spēlēs ir iepriekš noteikta ar scenāriju, var modelēt ar inteligēnto aģentu tehnoloģijām. Aģents var veikt atsevišķas spēles vadītāja funkcijas, veidojot scenāriju: noteikt spēles sākuma stāvokli, balstoties uz izstrādāto gadījuma izpēti, uzraudzīt spēles gaitu un veikt nepieciešamās izmaiņas scenārijā. Aģenti ievērojami samazina iespējamo scenārija kļūdu skaitu, kas var rasties tieši cilvēka faktora ietekmē.

Literatūrā atrodami vairāki piemēri, kas raksturo aģentu funkcijas imitējošās spēlēs. Piemēram, Van Luin [32] piedāvā pārveidot klasisko Alus spēles (*Beer Game*) piegādes ķēdes diskrētu notikumu imitācijas modeli par daudz-aģentu 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 precis 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 savos darbos Remondino [33] un [34] apraksta aģentu lietojumu biznesa imitējošās spēlēs. No vienas puses tie atbalsta dalībnieku lēmumu pieņemšanas procesu un darbojas uz stimulētās apmācības (*reinforcement learning*) algoritmiem, kā arī aizvieto kādas spēles modeļa sastāvdaļas, piemēram, rūpnīcu vai izejvielas piegādātāju, un šo aģentu uzvedību nosaka evolucionārie algoritmi.

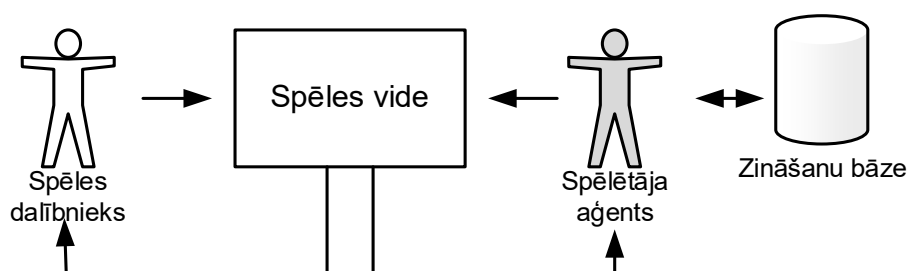
Piemēram, aģentu tehnoloģijas kā visdaudzsološākās biznesa imitējošo spēļu attīstībā, ir minētas [13] avotā. Tiek piedāvātas šādas aģentu iespējamās funkcijas: aizvieto reālo spēlētāju vai asistē lēmumu pieņemšanas procesā, uzrauga un novērtē spēlētāju darbības, kā arī modelē patērētāju uzvedību.

Papildus augstāk minētajām funkcijām, promocijas darba ietvaros tiek piedāvāta vēl viena, kuru varētu raksturot šādi: nodrošina spēles scenārija ģenerēšanu un pārvaldību. Ģenerējot scenāriju atbilstoši piedāvātajam konceptam (1.3. att.), tiek noteikts spēles sākuma stāvoklis un situācijas attīstības tendences. Spēles laikā aģents kontrolē spēles gaitu, definējot notikumus, kas ietekmē tendences funkcijas (2.7. att.). Produkcijas likumi nodrošina atbilstošu scenārija parametru uzstādīšanu saskaņā ar iepriekš definētiem nosacījumiem. Scenārija kontrole balstās uz biznesa vides parametru un kompāniju stāvokļu dinamisko salīdzināšanu.



2.7. att. Imitējošās spēles vadības aģents.

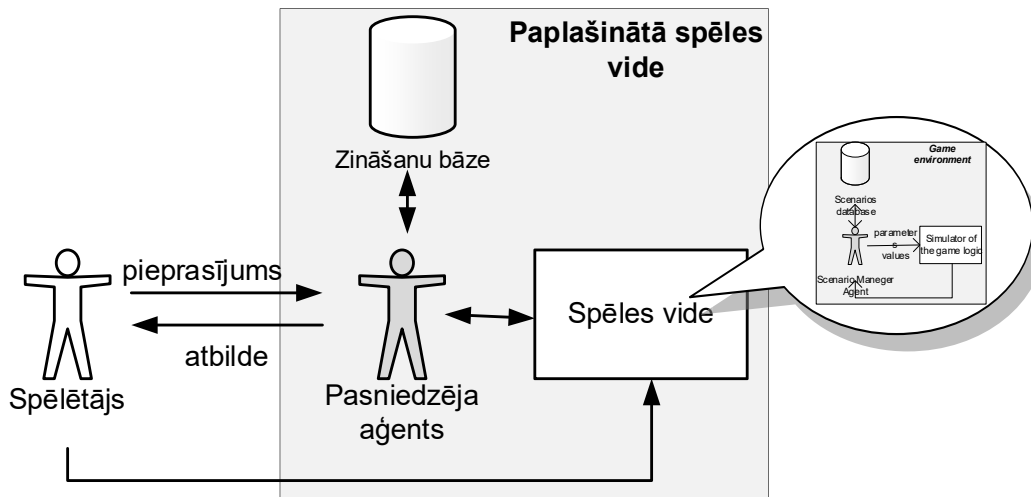
Ja biznesa imitējošā spēle tiek lietota individuālajām mācībām, aģents var aizvietot reālo pretinieku, izpildot atbilstošas darbības ( 2.8. att.).



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

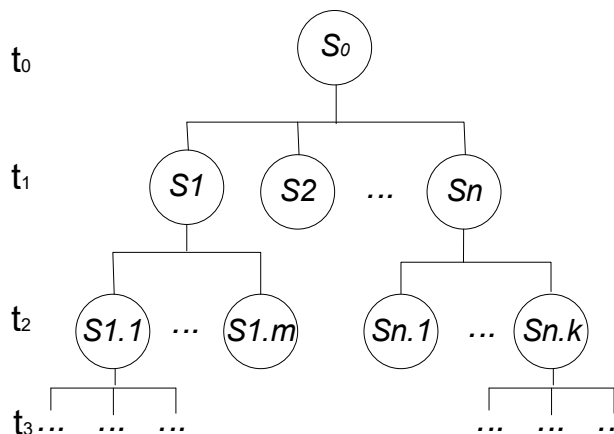
Kad aģents izpilda pasniedzēja lomu, tas nosaka spēlētāju darbību vājās vietās un nodrošina nepieciešamos paskaidrojumus cēloņsakarību veidā. Gadījumā, ja spēlētājam nepieciešams atbalsts lēmumu analīzē, aģents var ieteikt kādas problēmas risināšanas ceļus. Šāds aģents atbalsta arī spēles vadītāju, jo, kad spēlētāju ir daudz, varētu rasties problēmas esošās situācijas dziļākā analīzē. Aģenta un spēlētāja mijiedarbības shēma ir redzama 2.9. att.

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 [35, 36]. Daudzmodeļu imitācijas metodoloģija dod iespēju paralēli izpētīt dažādus modeļus. Daudzmodeļu formālisms [37, 38, 39] var būt lietots imitējošo spēļu scenāriju modelēšanai.



2.9. att. Pasniedzēja aģenta mijiedarbība ar spēles vidi.

Koncepts asociējas ar dinamisko scenāriju, kas nosaka apakšscenāriju secību konkrētajos laika brīžos (2.10. att.), kur  $S_i$  ir sākuma scenārijs un  $S_1, \dots, S_n$  – alternatīvi apakšscenāriji,  $S_{1.1}, \dots, S_{1.m}$  un  $S_{n.1}, \dots, S_{n.k}$  atbilstoši seko apakšscenārijiem.



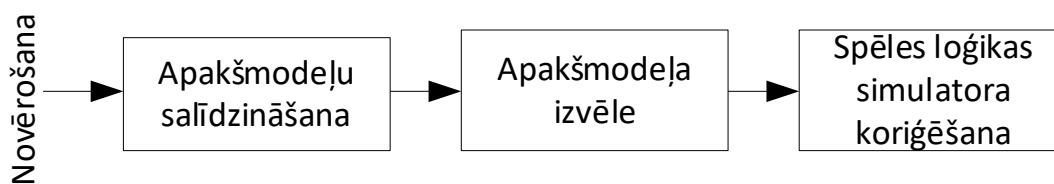
2.10. att. Scenārija daudzmodeļu struktūra.

Šis ir modelis ar secīgu dinamisku struktūru un uz mērķi orientētu aktivācijas procesu [39]. Secīgais modelis paredz, ka vienlaikus nevar būt palaisti vairāki modeļi, bet dinamiskā struktūra nodrošina iespēju iekļaut jaunus apakšmodeļus, kuri 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 (skat 2.11. att.) (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. Par izmaiņu ieviešanas indikatoru var kalpot kāda stāvokļu mainīgā kritiskā vērtība.





2.11.att. Apakšmodeļa aktivēšanas process.

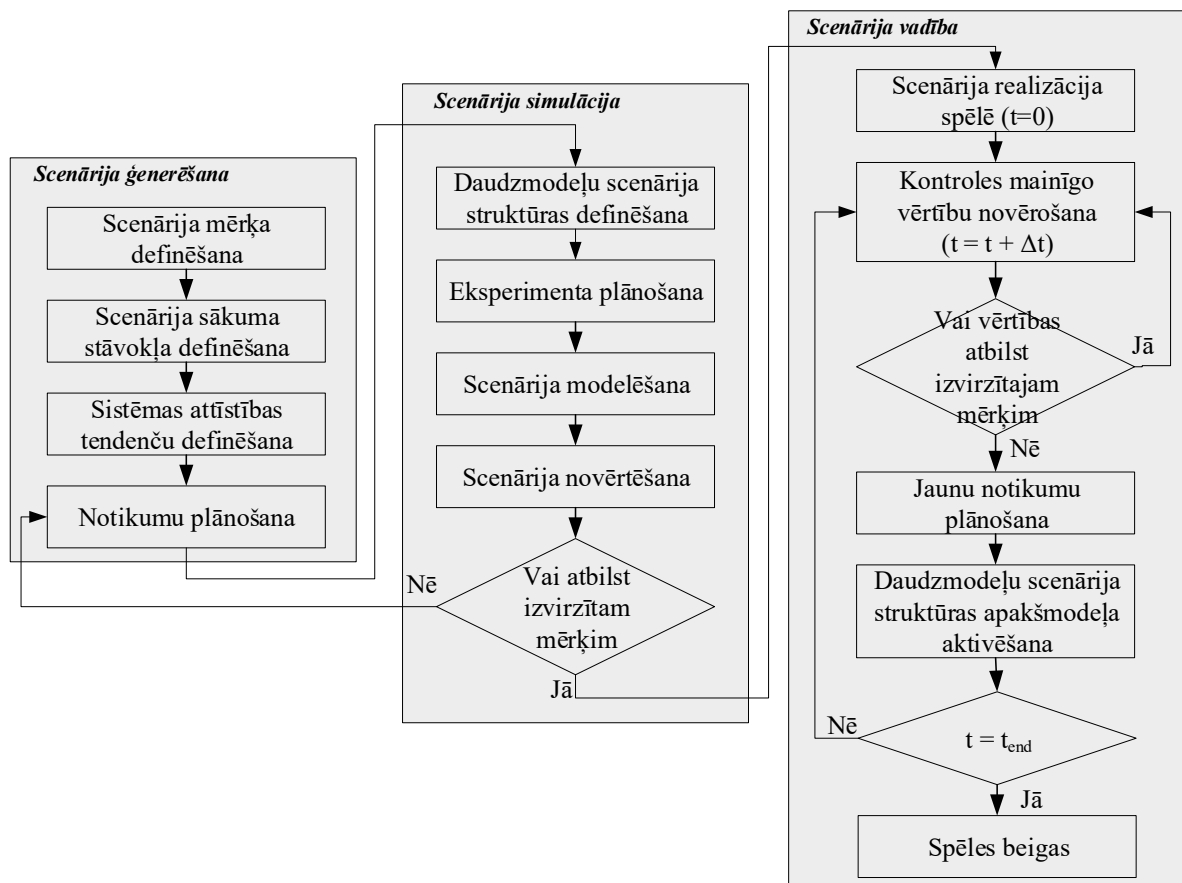
Apakšmodeļu salīdzināšanas fāzē vispirms tiek atlasīti tikai tie, kas atbilst priekšnosacījumiem, un tad notiek to salīdzināšana. Nākamajā fāzē tālākai izpētei tiek izvēlēts tikai viens apakšmodelis. Visbeidzot spēles loģikas stimulators tiek modificēts ar izvēlēto apakšmodeli.

## 2.4. Scenāriju pārvaldība imitējošās spēlēs

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

Scenārija pārvaldības procedūra iekļauj 3 posmus (skat. 2.12. att.), tai skaitā scenārija ģenerēšanu, kad tiek definēti scenārija mērķi, noteikts sistēmas sākuma stāvoklis, definētas sistēmas attīstības tendences un plānoti notikumi, kas tiks realizēti scenārija gaitā. Otrais posms paredz scenārija simulāciju ar mērķi noskaidrot, vai ģenerētais scenārijs atbilst mācību saturam un mācību mērķiem. Šeit notiek scenārija daudzmodeļu struktūras definēšana, balstoties uz iepriekš definēto notikumu sarakstu. Saskaņā ar šo struktūru tiek plānots modelēšanas eksperiments un notiek scenārija modelēšana. Šeit ir būtiski noteikt modelēšanas laiku vai sistēmas stāvokli, kuru nepieciešams sasniegt un tad spēles laiks tiks apstādīnāts. Biznesa imitējošās spēlēs biežāk tomēr modelēšanas laiks ir iepriekš definēts, līdz ar to padāvātas procedūras ietvaros tiks izskatīts tikai šis variants. Tālāk scenāriju jānovērtē, pārbaudot, vai scenārija modelēšanas rezultāti atbilst izvirzītajam mērķim. Šim nolūkam var izmantot dažādus izpildītāj rādītājus, kas tiek izvēlēti atbilstoši scenārija mērķim. Ieteicams vienlaikus izmantot vairākus izpildes rādītājus, lai attēlotā bilde par rezultātiem būtu pilnīgākā. Visbiežāk imitējošo spēļu gadījumā tie ir finanšu rādītāji.

Ja scenārijs atbilst izvirzītajam mērķim, tad notiek scenārija 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 palaists alternatīvs scenārijs, kas izmaina esošo situāciju atbilstoši mācību mērķiem.



2.12. att. Scenārija pārvaldības vispārīgā procedūra.

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, tas ir, izpilda darbības, kas atbilst mācību mērķim, un, ja tas noved pie neparedzētiem rezultātiem (piemēram bankrots), spēles vadītājs iekļauj spēlē kādus notikumus, kas varētu motivēt spēlētājus sasniegt mērķi.

Vispārīgā gadījumā scenāriju izstrādes mērķis var būt definēts šādi [17, 19].

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

Scenārija elementus var sadalīt 3 grupās: attīstības tendences, notikumi un iedarbes [19]. Elementu savstarpējās ietekmes pakāpi nosaka speciālie koeficienti. Scenāriju apvieno attiecīgā mainīgo kopa un sakarības starp tiem, un pēc būtības scenāriju raksturo ar darbību kopu, kurai jānodrošina vēlamu situācijas attīstības variantu. 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 uzdot tās izmaiņu pētāmajā laika intervālā. Notikums var ietekmēt noteiktu

tendenču dinamiku vai citus notikumus caur savu īstenošanu vai neīstenošanu. Iedarbes rodas kādu subjektu (piemēram, spēles dalībnieki) darbības rezultātā un ietekmē gan tendences, gan notikumus.

Scenārijam ir sākuma stāvoklis, kā arī tas satur to notikumu sarakstu, kas ir virzīti uz starpības samazināšanu starp vēlamu un sagaidāmo situācijas attīstības norisi.

Pastāv objekta uzvedības scenārijs un tā vadības scenārijs [19]. Uzvedības scenārija mērķis ir izpētīt objekta uzvedību apstākļos, kad nav nekādu mērķtiecīgu vadības iedarbju. Vadības scenārija mērķis ir parādīt, kādas būs sekas konkrētām vadības iedarbēm (tiek risināts tiešais vadības uzdevums) vai atrast tādas vadības iedarbes, kas novedīs objektu pie vēlamā stāvokļa (tiek risināts apgrieztais vadības uzdevums).

Scenāriju formalizācijai kalpo pieeja, kad pētāmā sistēma tiek attēlota vispārīgā 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. Scenārija attēlošanas pamatprasības var definēt šādi [17]:

- analīzes vienkāršība un ērtība katram lietotājam lēmumu sagatavošanas un pieņemšanas procesā;
- datorapstrādes iespēja interaktīvā režīmā;

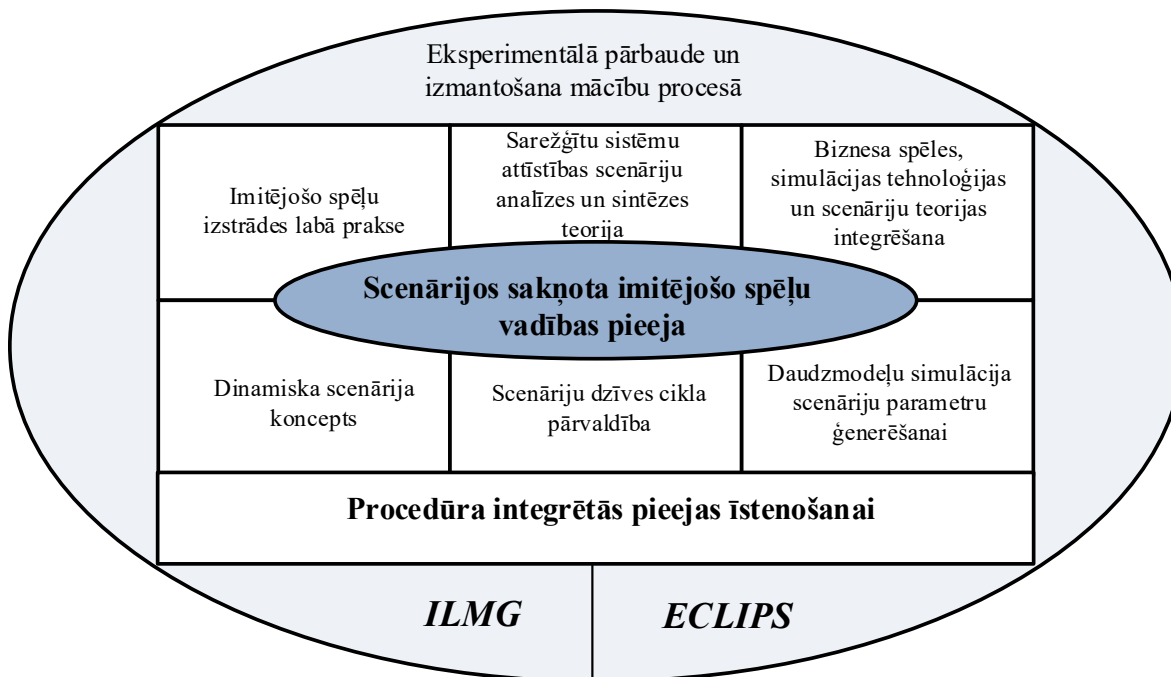
definēta scenārija struktūra un noteiktas sakarības starp pamata notikumiem.

Apkopojot otrajā nodaļā veiktos pētījumus, ir piedāvāta scenārijos sakņotā integrētā imitējošo spēļu vadības pieeja (2.13. att.), kas no vienas puses balstās uz:

- imitējošo spēļu izstrādes labo praksi, kas nodrošina vispārēju spēles struktūru un virtuālo vidi;
- sarežģītu sistēmu scenāriju analīzes un sintēzes metodes, kas nosaka scenāriju izstrādes metodes;
- biznesa spēļu, simulācijas un scenāriju teorijas integrēšanu, kas nodrošina dažādu biznesa situāciju modelēšanu pievilcīgā un interaktīvā veidā, bezriskā vidi pieredzes apgūšanai, kā arī scenāriju pārvaldības ietvaru.

No otrās puses izstrādātā integrēta pieeja nosaka:

- spēles scenārija konceptu, proti tā pamatelementu un to attiecības;
- scenārija dzīves ciklu, t.i., scenārija izstrādes galvenie soļus;
- scenārija multimodeli, t.i., spēles laikā aktivizējamo apakšscenāriju kopu.



2.13. att. Integrētā pieeja un tās pamatkomponentes.

Izstrādātā pieeja tiek īstenota ar speciālo procedūru (2.12. att.), kas detalizēti apraksta visus scenārija izstrādes soļus, ieskaitot scenārija ģenerēšanu, simulāciju un vadību. Promocijas darbā ietvaros izstrādāta pieeja un atbilstoša scenāriju pārvaldības procedūra un ir eksperimentāli pārbaudītas divās spēlēs: *ECLIPS* un *ILMG*, kas būs aprakstītas 3. un 4. nodaļās. Tieši šīs spēles tiek izvēlētas, jo tās aktīvi tiek lietotas RTU studijuursos, kā arī promocijas darba autore piedalījās šo spēļu izstrādes procesā.

## 2.5. Secinājumi

Darba otrajā nodaļā ir izpētītas scenāriju ģenerēšanas un modelēšanas pieejas un metodes, izstrādāta un aprakstīta scenāriju ģenerēšanas, simulācijas un vadības vispārīgā procedūra, kā arī piedāvāta integrēta pieeja imitējošo spēļu scenāriju pārvaldībai.

Otrajā nodaļā veiktie pētījumi ļauj secināt ka:

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 PRAKTISKAIS LIETOJUMS *ECLIPS* IMITĒJOŠĀ SPĒLĒ

Šajā nodaļā tiks raksturota piegādes ķēdes vadības imitējošā spēle *ECLIPS* [40], kā arī noteikti tās uzdevumi un aprakstīti tās scenāriji. Būs aprakstīts piegādes ķēdes konceptuālais modelis uz kā pamata tiks piedāvāts rīks spēles scenāriju pārvaldībai, kas ļauj sagatavot spēli darbam ar studentiem. Tiks sniegts scenārija piemērs un veikta tā eksperimentālā analīze.

#### 3.1. *ECLIPS* spēles raksturojums un pamata komponentes

*ECLIPS* ir paredzēta krājumu vadības uzdevumu risināšanai piegādes ķēdē. Darba autore piedalījās spēles koncepcijas izstrādē un scenāriju testēšanā FP6 ietvarprogrammas projekta *ECLIPS* (*Extended Collaborative Integrated Life Cycle Supply Chain Planning System*, 2006.-2009. g., projekta vadītājs RTU prof. J. Merkurjevs) projekta ietvaros. *ECLIPS* spēle ir izstrādāta studentu un dažādu vadības speciālistu zināšanu apmācībai, kā arī pētījumu veikšanai piegādes ķēdes krājumu vadības jomā [41, 42].

##### Spēles uzdevumi un scenāriji

*ECLIPS* spēli var raksturot, kā funkcionālu, ar netiešu dalībnieku konkurenci un gājienu laika skaitīšanas mehānismu. Tā ir galda spēle, kas paredzēta spēlēšanai grupās (3.1. att.). Spēlei ir pieejami dažādi alternatīvi scenāriji, kas paredz piegādes ķēdes darbības modelēšanu pie dažādiem nosacījumiem. Lai realizēt *ECLIPS* spēles scenāriju ģenerēšanu un modelēšanu ir izstrādāti scenāriju pārvaldības atbalsta līdzekļi [38].



3.1. att. Praktiskās nodarbības ar *ECLIPS* spēli.

*ECLIPS* spēles uzdevumi ir:

- demonstrēt piegādes ķēdes darbības pamatprincipus, mijiedarbību starp dažādiem ķēdes elementiem, kā arī krājumu papildināšanas procesa īpašības;
- demonstrēt alternatīvu krājumu papildināšanas stratēģiju priekšrocības un trūkumus;
- demonstrēt dažādu krājumu vadības algoritmu lietojuma gadījumus.

*ECLIPS* spēlē ir realizēta iespēja izstrādāt un realizēt dažādus scenārijus, līdz ar to ir iespēja modelēt dažādus piegādes ķēdes veidus un krājumu papildināšanas stratēģijas. Piegādes ķēdi var veidot no dažādiem posmiem, kas ir aprakstīti 3.1. tabulā.

Spēlētāju mērķis ir pieņemt lēmumus par krājumu papildināšanu katrā piegādes ķēdes posmā tā, lai nodrošinātu vismaz 95 % galapatērētāja servisa līmeni pie minimāliem izdevumiem. Katra atsevišķa posma servisa līmenis netiek ņemts vērā aprēķinot spēles rezultātus.






Rīgas Tehniskajā universitātē *ECLIPS* spēle tiek izmantota studiju kursu “Pārvaldības elementu integrācija” (DMI554), “Vadības sintēzes principi un prakse loģistikā” (DMI716), kā arī “Apgādes plūsmu vadīšana” (DMI502) praktiskajās nodarbībās [43, 44].

### Piegādes ķēdes fizikālā modelēšana

Piegādes ķēde tiek modelēta fiziski, izkārtojot spēles kartiņas ar tematiskiem attēliem (3.1. tab.) uz galda tādā kārtībā, kuru nosaka izvēlētais spēles scenārijs [40, 45].

3.1. tabula

*ECLIPS* spēles kartiņas piegādes ķēdes fizikālai modelēšanai

<b>Piegādes ķēdes posma vizuālais attēls</b>	<b>Paskaidrojums</b>
	<p>Izejvielas sagādes un ražošanas posms: notiek produkta ražošana no izejmateriāliem. Izejvielu daudzums un ražošanas kapacitāte nav ierobežoti, ja nav noteikts citādi.</p>
	<p>Noliktavas posms: gatavie produkti tiek glabāti noliktavā, kurai ir neierobežota kapacitāte, ja nav noteikts citādi. Var būt precizēta noliktavas funkcija: rūpnīcas noliktava vai vairumtirgotāja noliktava.</p>
	<p>Transportēšanas posms: transportēšanas ilgums ir viens periods. Kapacitāte ir neierobežota, ja nav noteikts citādi.</p>
	<p>Mazumtirgotāja posms: Kapacitāte ir neierobežota, ja nav noteikts citādi.</p>
	<p>Galapatērētāja posms: tiek ģenerēts galapatērētāja pieprasījums.</p>

Galapatērētāja pieprasījuma stohastiskais raksturs tiek modelēts ar metamajiem kauliņiem (3.2. att.).



3.2. att. *ECLIPS* spēles metamā kauliņa piemērs.

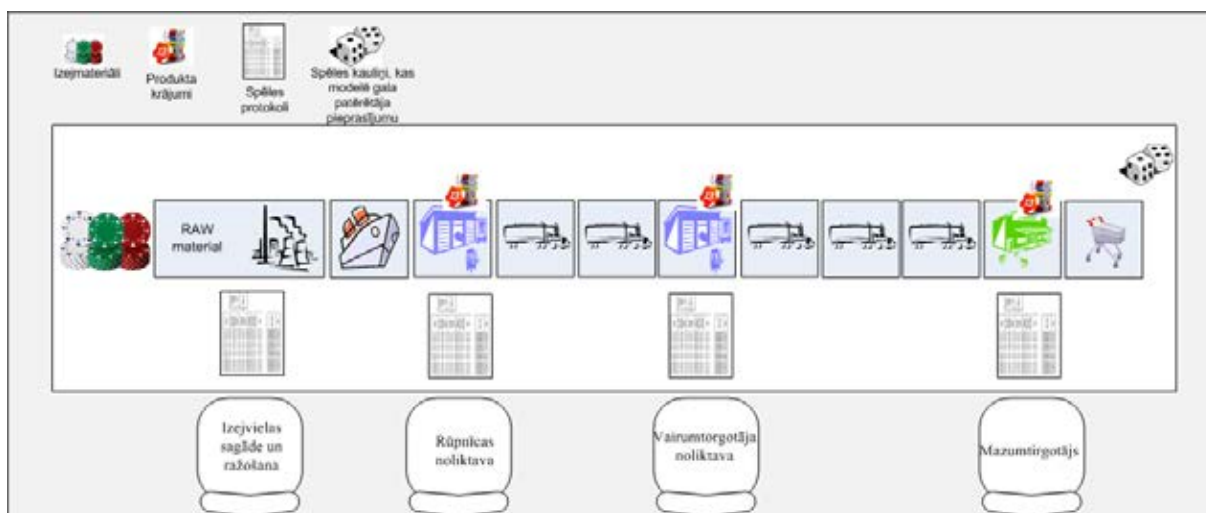
Produktu plūsmas modelēšanai tiek lietoti žetoni, piemēram, tādi, kas redzami 3.3. att. Ņemot vērā, ka spēlē tiek izmantots tikai viens produkta veids, žetonu dažādās krāsas apzīmē dažādus produkta daudzumus, piemēram, baltā krāsa - 1 gabals, zaļā krāsa – 5 gabali, sarkanā krāsa – 10 gabali.



3.3. att. Žetoni, kas apzīmē produktu modelējamā piegādes ķēdē.

Spēles dalībnieki ir piesaistīti dažādiem piegādes ķēdes posmiem (rūpnīca, rūpnīcas noliktava, vairumtirgotājs vai mazumtirgotājs). Savus gājienus dalībnieki izpilda, pārvietojot žetonus pa piegādes ķēdi un reģistrējot tos protokolos.

Spēles inventāra izkārtojuma variants ir parādīts 3.4. attēlā.



3.4. att. Spēles izkārtojums uz galda.



Produktu plūsmas virziens piegādes ķēdē ir no izejvielu sagādes un ražošanas posma līdz galapatērētājam. Informācijas plūsmai ir pretējais virziens. Spēles vadītājs iepriekš definē, cik spēlēs būs gājieni. Dažkārt spēlētāji zinot, ka spēle tuvojas beigām, mēģina pieņemt lēmumus, kas rezultējās ar īslaicīgu izpildītāju radītāju uzlabošanu, bet tālākā perspektīvā tas varētu novest pie sliktiem rezultātiem, līdz ar to ir lietderīgi neizpaust paredzēto spēles ilgumu jau pašā sākumā. Parasti viens gājiens atbilst vienai nedēļai.

Katru gājieni sāk ar metamā kauliņa(-u) mešanu, modelējot galapatērētāja pieprasījumu. Tālāk katrs piegādes ķēdes posms, sākot ar pēdējo (parasti tas ir mazumtirgotājs), izpilda sekojošas darbības:

- apmierina pieprasījumu blakus posma pieprasījumu, pārbīdot atbilstošo žetonu skaitu pa vienu pozīciju augšup pa piegādes ķēdi;
- pārbīda produktus, kas atrodas ceļā, pa vienu pozīciju augšup pa piegādes ķēdi;
- ja ir nepieciešams, nosūta pieprasījumu tuvākajam posmam lejup pa piegādes ķēdi;
- aizpilda spēles protokola atbilstošās ailes (3.2. tab.), kur  $T$  ir paredzētais spēles periodu skaits.

3.2. tabula

Spēles protokola tabulas fragments

Periods	Krājumi perioda sākumā (gab.)	Galapatērētāja pieprasījums (gab.)	Piegādātais daudzums (gab.)	Krājumi perioda beigās (gab.)	Pasūtamais daudzums (gab.)
1.					
2.					
3.					
...					
T					

Gājiens ir pabeigts, kad ir sasniegts piegādes ķēdes 1. posms (parasti "Izejvielu sagāde un ražošana"). Jāņem vērā, ka ražošanai nepieciešamais izejmateriālu daudzums ir neierobežots. Spēles dalībnieki tiek piesaistīti vienam vai vairākiem piegādes ķēdes posmiem, izpildot noteiktas lomas, piemēram, atbilstoši 3.2. attēlam lomas ir šādas: izejvielu sagādes un ražošanas posms, rūpnīcas noliktavas posms, vairumtirgotāja noliktavas posms, mazumtirgotāja posms. Respektīvi spēles dalībnieku skaits varētu būt no 3 līdz 5.

### Izpildes pamatrādītāji scenāriju analīzei

Spēles beigās dalībniekiem tiek piedāvāts aprēķināt dažādus izpildītāju rādītājus, pēc kuriem var novērtēt piegādes ķēdes darbības rezultātus, un tie ir galapatērētāja servisa līmenis par visiem spēles periodiem, vidējie krājumi piegādes ķēdē un vidējās piegādes ķēdes izmaksas.

Visas ķēdes darbības rezultāti tiek apkopotas vienotā tabulā (3.3. tab.).

Spēles protokola rezultējošās tabulas fragments

Periods	Galapatērētāja pieprasījums (gab.)	Piegādāts galapatērētājam (gab.)	Summārais pasūtījumu skaits visos posmos	Jaunsaražoto produktu skaits (gab.)	Krājumu daudzums piegādes ķēdē (gab.)	Perioda izmaksas (EUR)
	<i>D</i>	<i>P</i>	<i>O</i>	<i>NP</i>	<i>TQ</i>	<i>TC</i>
1.						
2.						
3.						
...						
T						

Servisa līmeni  $SL$  aprēķina pēc formulas (3.1):

$$SL = \frac{P}{D} * 100\% \quad , \text{ kur} \quad (3.1)$$

$P$  – summārais mazumtirgotāju piegādāto produktu skaits;

$D$  – summārais galapatērētāju pieprasījums.

Summārais mazumtirgotāju piegādāto produktu skaits tiek aprēķināts pēc formulas (3.2):

$$P = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^M P_{it} \quad , \text{ kur} \quad (3.2)$$

$P_{it}$  –  $i$ -tā mazumtirgotāja piegādāto produktu skaits periodā  $t$ ;  $t, i \in N$ ;

$T$  – spēles periodu skaits;

$M$  – mazumtirgotāju kopējais skaits.

Summārais galapatērētāja pieprasījums  $D$  tiek aprēķināts pēc formulas (3.3):

$$D = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N D_{it} \quad , \text{ kur} \quad (3.3)$$

$D_{it}$  –  $i$ -tā patērētāja pieprasījums periodā  $t$ ,  $i \in N$ ;

$N$  – galapatērētāju skaits.

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

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

$TQ_t$  – kopējie piegādes ķēdes produkta krājumi periodā  $t$ , un tos aprēķina pēc formulas (3.5):

$$TQ_t = TQ_{t-1} - \sum_{i=1}^N P_{it} + \sum_{i=1}^K O_{it} + \sum_{i=1}^L NP_i, \text{ kur} \quad (3.5)$$

$P_{it}$  – produktu skaits, ko piegādāja mazumtirgotājs  $i$  periodā  $t$ ;

$K$  – piegādes ķēdes posmu skaits;

$O_{it}$  – pasūtījumu skaits, ko veica piegādes ķēdes posms  $i$  periodā  $t$ ;

$L$  – ražotņu skaits;

$NP_{it}$  –  $i$ -tās ražotnes jaunsaražoto produktu skaits periodā  $t$ .

Vidējās izmaksas piegādes ķēdē  $TC_{vid}$  aprēķina pēc formulas (3.6):

$$TC_{vid} = \frac{\sum_{t=1}^T TC_t}{T}, \text{ kur} \quad (3.6)$$

$TC_t$  – kopējās piegādes ķēdes izmaksas periodā  $t$ , un tās aprēķina pēc formulas (3.7):

$$TC_t = TQ_t * C_h + \sum_{i=1}^K O_{it} * C_o + \sum_{i=1}^L NP_i * C_n, \text{ kur} \quad (3.7)$$

$C_h$  – preces vienības glabāšanas izmaksas par periodu;

$C_o$  – viena pasūtījuma izmaksas;

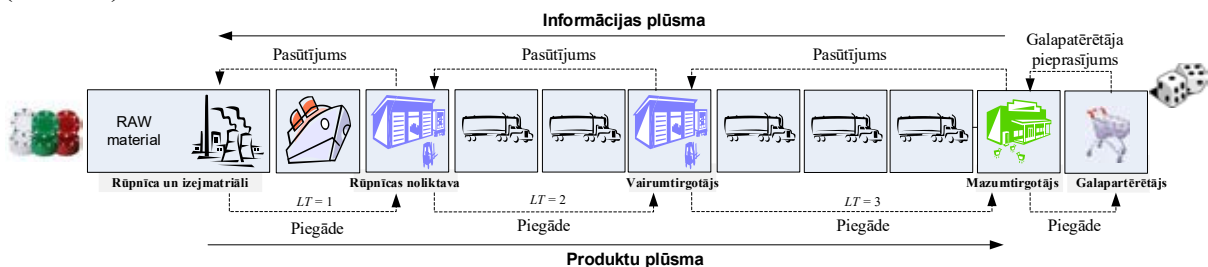
$C_n$  – produkta vienības ražošanas izmaksas.

### 3.2. Spēles scenāriju generēšana un modelēšana

Spēles ietvaros var modelēt piegādes ķēdi ar dažādu posmu skaitu, kas seko viens otram, vai ir paralēli.

#### Četrus posmu piegādes ķēde

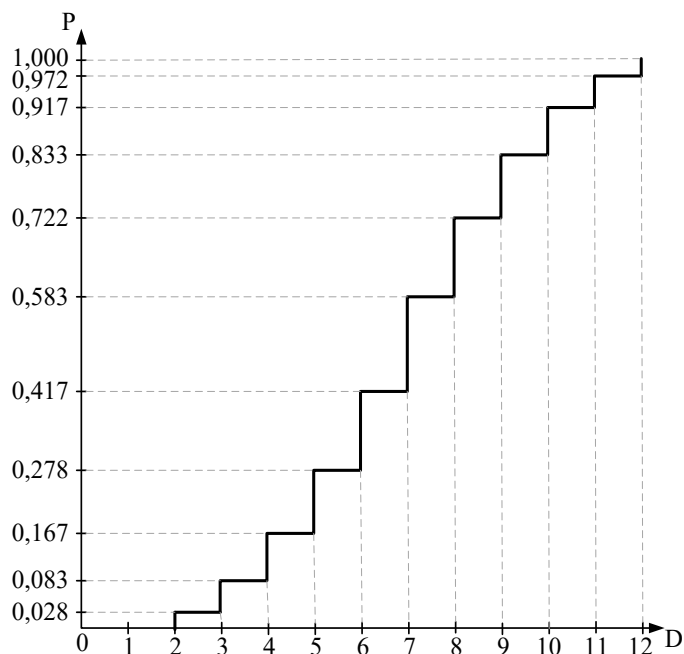
Kā jau bija iepriekš minēts, visdažādākos piegādes ķēdes variantus var modelēt, izmantojot kartiņas (3.1. tab.). Piemēram, var pētīt četru posmu piegādes ķēdes darbību (3.5. att.).



3.5. att. Četrus posmu piegādes ķēde.

Attēlā redzamajai ķēdei ir viena rūpnīca, viena rūpnīcas noliktava, viena vairumtirgotāja noliktava un viens mazumtirgotājs. Ir pieņemts, ka piegādes ķēdes posmu kapacitāte un transportlīdzekļu ietilpība ir neierobežoti. Sākuma krājumu apjoms ir 44 produkta gabali mazumtirgotājam, 36 gabali vairumtirgotāja noliktavai un 28 gabali rūpnīcas noliktavai.

Piegādes laiki ( $LT$ ) starp piegādes ķēdes posmiem ir konstanti. Produkta vienības uzglabāšanas izmaksas ir 1 EUR, pasūtījuma veikšanas izmaksas ir 10 EUR un vienības ražošanas izmaksas ir 3 EUR. Izejmateriālu daudzums ir neierobežots. Galapatērētāja pieprasījumam ir stohastisks raksturs, kuru var aprakstīt ar diskrešu gadījuma lieluma sadalījuma funkciju (skat 3.6. att.) ar vidējo vērtību  $\mu=7$  un standartnovirzi  $\sigma=2,45$ .

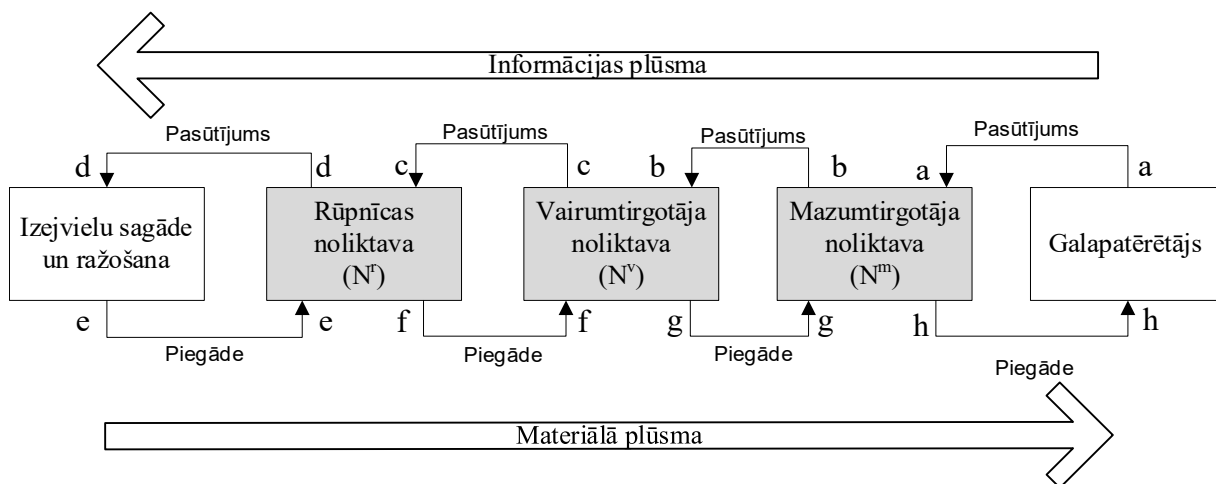


3.6. att. Kumulatīvā sadalījuma funkcija galapatērētāja pieprasījuma ģenerēšanai.

### Piegādes ķēdes konceptuālais modelis

Spēles scenārija modelēšanai ir nepieciešams izstrādāt piegādes ķēdes imitācijas modeli, kurš atbilst zemāk aprakstītajam konceptuālajam modelim.

Modelējamās piegādes ķēdes konceptuālais modelis sastāv no diviem detalizācijas līmeņiem. Pirmais detalizācijas līmenis, kas ir redzams 3.7. att., atspoguļo piegādes ķēdes posmu mijiedarbību, bet otrajā līmenī, tiek definētas operācijas, kuras veic konkrētajā posmā.

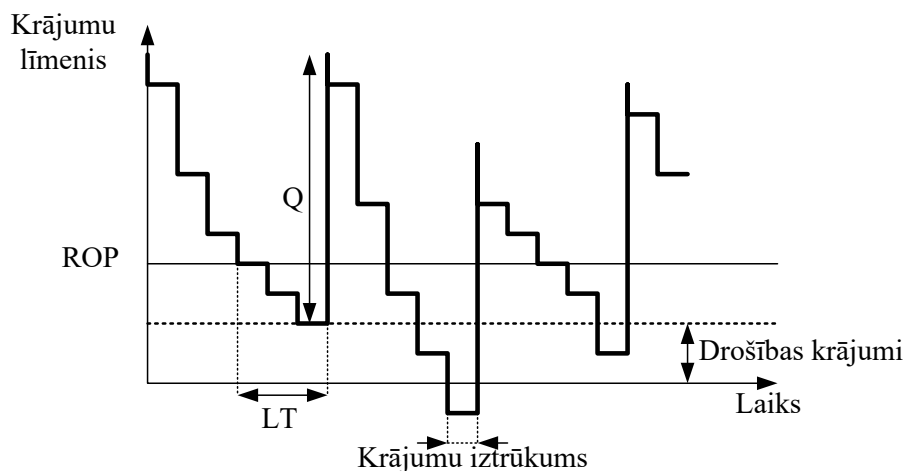


3.7. att. ECLIPS spēles piegādes ķēdes struktūra.

Vispirms aprakstīsim galvenos modeļa sākumdatumus, nosacījumus un pieņēmumus. Viens modeļa periods atspoguļo vienu nedēļu reālajā dzīvē. Informācijas apmaiņa starp piegādes ķēdes posmiem notiek bez laika kavēšanas. Piegādes laiks no izejvielu sagādes un rūpnīcas līdz rūpnīcas noliktavai sastāda 1 periodu, no rūpnīcas noliktavas līdz vairumtirgotājam - 2 periodus, un no vairumtirgotāja līdz mazumtirgotājam – 3 periodus. Tiek pieņemts, ka ražošanai nevar būt izejvielu iztrūkums.

Paredzēts, ka modelis realizēs divas dažādas krājumu papildināšanas stratēģijas [46, 47]: 1) nepārtrauktās krājumu pārbaudes un 2) periodiskās krājumu pārbaudes.

Nepārtrauktās krājumu pārbaudes stratēģija balstās uz optimālā pasūtījuma lieluma  $Q$  un atkārtotā pasūtījuma veikšanas punkta  $ROP$  aprēķiniem [47]. Grafiski to var attēlot šādi (3.8. att.):



3.8. att. Krājumu līmeņa dinamika nepārtrauktās pārbaudes stratēģijas ar nenoteikto pieprasījumu gadījumā (adoptēts no [48]).

Optimālo pasūtījuma lielumu aprēķina pēc formulas:

$$Q = \sqrt{\frac{2\mu_d C_o}{C_h}}, \text{ kur} \quad (3.8)$$

$\mu_d$  – galapatērētāja perioda pieprasījuma vidējā vērtība (gab.);

$C_o$  – viena pasūtījuma izmaksas (EUR/pasūtījums);

$C_h$  – preces vienības glabāšanas izmaksas par periodu (EUR).

Atkārtotā pasūtījuma veikšanas punktu aprēķina pēc formulas:

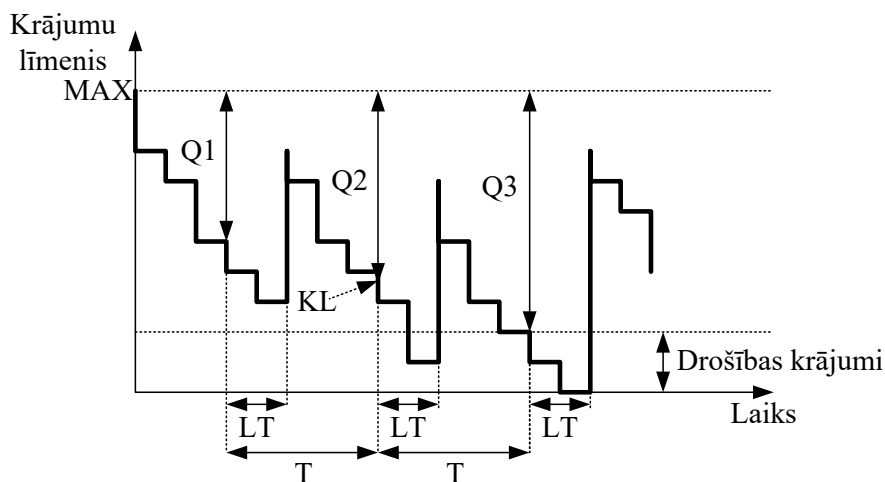
$$ROP = \mu_d * LT + z * \sigma_d * \sqrt{LT} \quad , \text{ kur} \quad (3.9)$$

$LT$  – pasūtījuma piegādes laiks (lead time);

$z$  – servisa līmeņa koeficients (pie  $SL = 95\%$ ,  $z = 1,65$ );

$\sigma_d$  – perioda pieprasījuma standartnovirze (gab.).

Savukārt, periodiskā krājumu pārbaudes stratēģija balstās uz tādu parametru aprēķinu, kā pasūtīšanas cikla garums  $T$  un maksimālais krājumu līmenis  $MAX$  [47]. Grafiski to var attēlot šādi (3.9. att.):



3.9. att. Krājumu līmeņa dinamika periodiskās pārbaudes stratēģijas ar nenoteikto pieprasījumu gadījumā (adoptēts no [48]).

Pasūtīšanas cikla garumu aprēķina pēc formulas:

$$T = \frac{Q}{\mu_d} \quad (3.10)$$

Maksimālo pasūtījuma līmeni aprēķina pēc formulas:

$$MAX = \mu_d * (LT + T) + z * \sigma_d * \sqrt{LT + T} \quad (3.11)$$

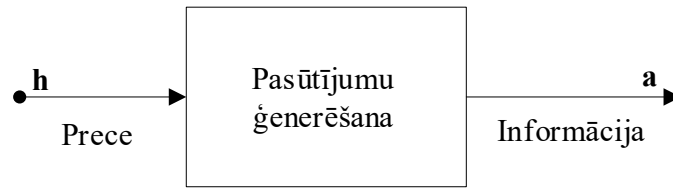
Periodiskās krājumu pārbaudes modeļa darbības efektivitāti var uzlabot, ieviešot pasūtīšanas ciklu sinhronizāciju, kas nozīmē, ka piegādes ķēdes posms var veikt pasūtījumu tajā brīdī, kad zemāk stāvošais piegādes ķēdes posms ir saņēmis precis savā noliktavā. Šādā veidā var izvairīties no lielām produktu krājumu svārstībām noliktavā, kas savukārt ļauj uzturēt mazākas noliktavas un efektīvāk izmantot tās kapacitāti.

### Piegādes ķēdes modeļa posmu darbības algoritmi

Tālāk svarīgi detalizēti aprakstīt katra piegādes ķēdes posma darbības algoritmu, kas var atšķirties atkarībā no izvēlētās krājumu papildināšanas stratēģijas. Zemāk tiks dotas katra posma darbības algoritma blokshēmas, ka arī to apraksts viena spēles gājiena ietvaros. Spēles nosacījumi paredz, ka izpildot gājieni spēles laiks tik palielināts par vienu periodu (nedēļu) un visi parametri tiek atkārtoti pārrēķināti visiem piegādes ķēdes posmiem, ņemot vērā esošo stāvokli, t.i. galapatērētāja pieprasījumu, preču krājumus piegādes ķēdes posmos un to, kāds daudzums atrodas ceļā no viena posma uz otru.

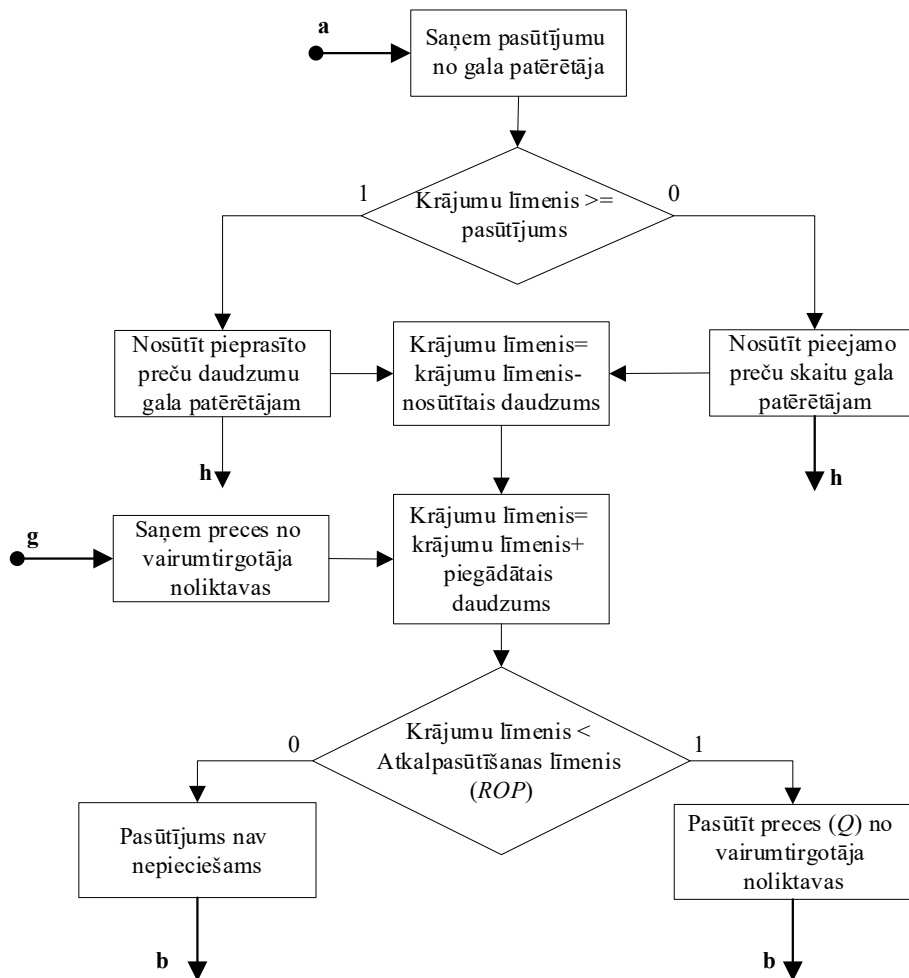
Neatkarīgi no izvēlētās krājumu papildināšanas stratēģijas, galapatērētājs nosūta informāciju par pieprasīto preču daudzumu mazumtirgotājam ( $a$ ) un bez laika kavēšanas saņem to, ja mazumtirgotājam tā ir krājumos. Ja vajadzīga daudzuma krājumos nav, tad pieprasījums netiek apmierināts pilnā apjomā. Galapatērētāja pieprasījuma raksturs ir

stohastisks un pieprasījumu ģenerēšana katru periodu notiek atbilstoši izvēlētajam gadījumu lieluma sadalījumam (3.10. att.).



3.10. att. Galapatērētāja melnās kastes shēma.

Mazumtirgotāja darbības shēmas neatkarīgi no krājumu papildināšanas stratēģijas sākas no informācijas saņemšanas par pasūtījuma apjomu no galapatērētāja ( $a$ ). Ja mazumtirgotājs strādā atbilstoši nepārtrauktās krājumu pārbaudes stratēģijai (3.11. att.), vispirms tiek pārbaudīts, vai var izpildīt pasūtījumu, salīdzinot esošo krājumu līmeni ar pasūtījuma apjomu.

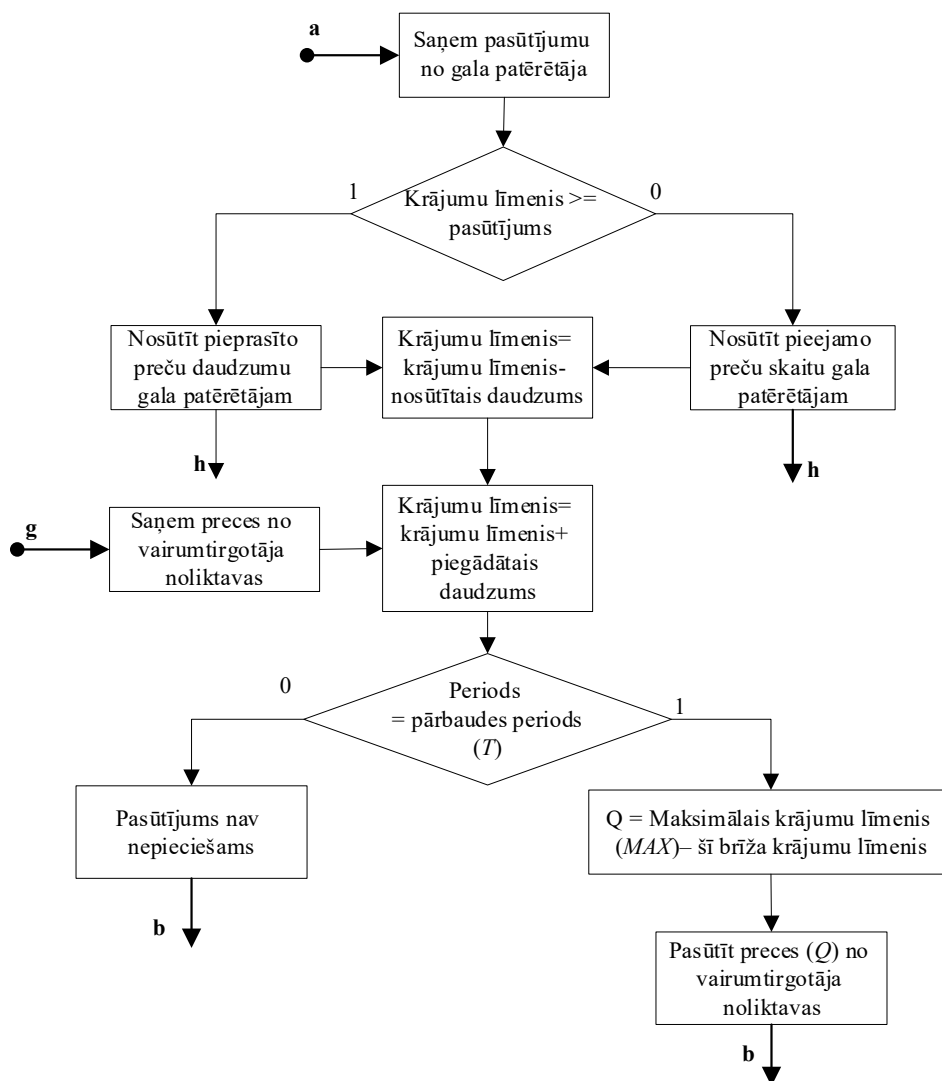


3.11. att. Mazumtirgotāja posma darbības algoritms nepārtrauktās krājumu pārbaudes stratēģijai.

Ja krājumu līmenis ir mazāks par pasūtījuma apjomu, bet ir lielāks par 0, tad patērētājam nosūta tādu preču daudzumu, kas ir pieejams, līdz ar to tikai daļēji izpildot galapatērētāja

pasūtījumu. Ja krājumu līmenis ir 0, tad patērētāja pasūtījumu izpildīt nevar un tas tiek anulēts, jo atliktie pasūtījumi nav paredzēti. Ja krājumu līmenis ir lielāks par pasūtījumu, tad tas tiek samazināts par pasūtījuma apjomu. Kad pienāk jaunas preces no vairumtirgotāja, tad pašreizējais krājuma līmenis tiek atbilstoši palielināts un tad tiek pārbaudīts, vai jaunais krājumu līmenis ir sasniedzis atkalpasūtīšanas (*ROP*) līmeni un tālāk tiek pieņemts lēmums, vai ir jāveic jauns pasūtījums no vairumtirgotāja (*b*), un kāds būs pasūtījuma apjoms (*Q*). Jāpiebilst, ka svarīga ir darbību secība, kas nosaka, ka vispirms tiek izpildīts pasūtījums, tad saņemta prece no blakus posma un tikai tad ģenerēts jaunais pasūtījums, un tas attiecināms uz visiem posmiem.

Ņemot vērā to, ka informācija no galapatērētāja līdz mazumtirgotājam nonāk momentāni, bet materiālā plūsma virzās ar aizkāvi, jo prece tiek transportēta un tas aizņem kādu laiku. Līdz ar to aprēķinot pasūtījuma apjomu (*Q*), mazumtirgotāja posmam tiek ņemts vērā pasūtījuma piegādes laiks (*LT*), kas sastāda 3 nedēļas.



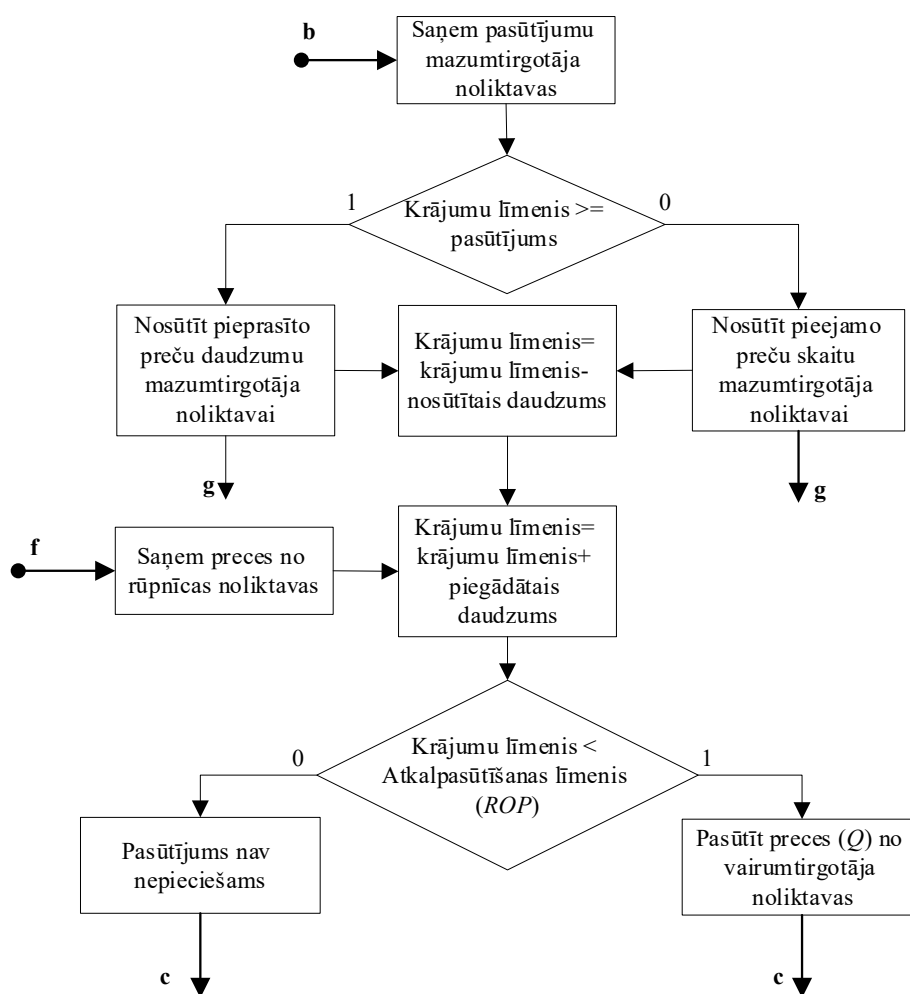
3.12. att. Mazumtirgotāja posma darbības algoritms periodiskai krājumu pārbaudes stratēģijai.



Ja mazumtirgotājs strādā atbilstoši periodiskās krājumu pārbaudes stratēģijai (3.12. att.), pēc pasūtījuma saņemšanas no galapatērētāja tiek pieņemts lēmums par piegādi, un tad jāpārbauda vai esošais krājumu atlikums ir pietiekams pasūtījuma izpildīšanai – pietiek krājumu pasūtījumam.

Ja pietiek, tad ir jāsamazina krājumu līmenis un jānosūt preces galapatērētājam, bet ja krājumu līmenis ir nepietiekams, tad tiek nosūtīts tikai pieejamais preču skaits. Pēc tam jāsaņem prece no vairumtirgotāja un jāpapildina esošie krājumi. Tālāk jāpārbauda, vai esošais periods ir pārbaudes periods ( $T$ ). Ja ir, tad vispirms jāaprēķina iepirkuma lielums, un jāveic pasūtījums mazumtirgotājam. Gadījumā, ja esošais periods nav pārbaudes periods, tad pasūtījumu neveic. Aprēķinot maksimālo krājumu līmeni ( $MAX$ ), mazumtirgotāja posmam tiek ņemts vērā pasūtījuma piegādes laiks ( $LT$ ), kas sastāda 3 nedēļas. Ja notiek piegādes ciklu sinhronizācija, tad jāņem vērā, ka spēles sākumā vairāku periodu garumā var būt pārejas posms, kad mazumtirgotājs neveic pasūtījumu līdz brīdim, kad vairumtirgotājs saņems savu pirmo pasūtījumu.

Jāpiebilst, ka sākuma krājumu līmenis katrā piegādes ķēdes posmā atbilst aprēķinātajam maksimālajam krājumu līmenim ( $MAX$ ).

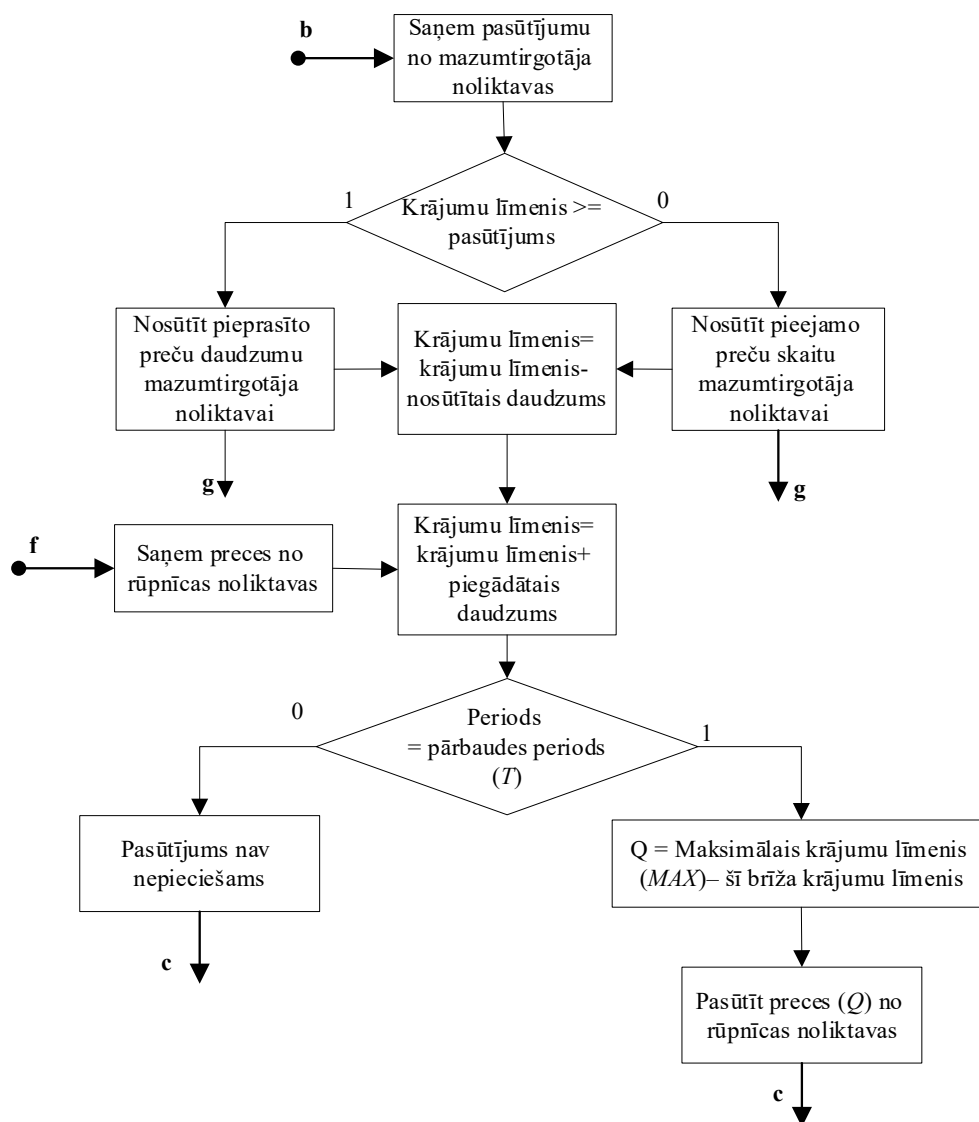


3.13. att. Vairumtirgotāja noliktavas posma darbības algoritms (nepārtrauktās krājumu pārbaudes stratēģija).

Vairumtirgotāja darbības algoritms ir līdzīgs mazumtirgotājam. Ja tas darbojas atbilstoši nepārtrauktās krājumu papildināšanas stratēģijai, tad tā darbības algoritms būs šāds (3.13. att.).

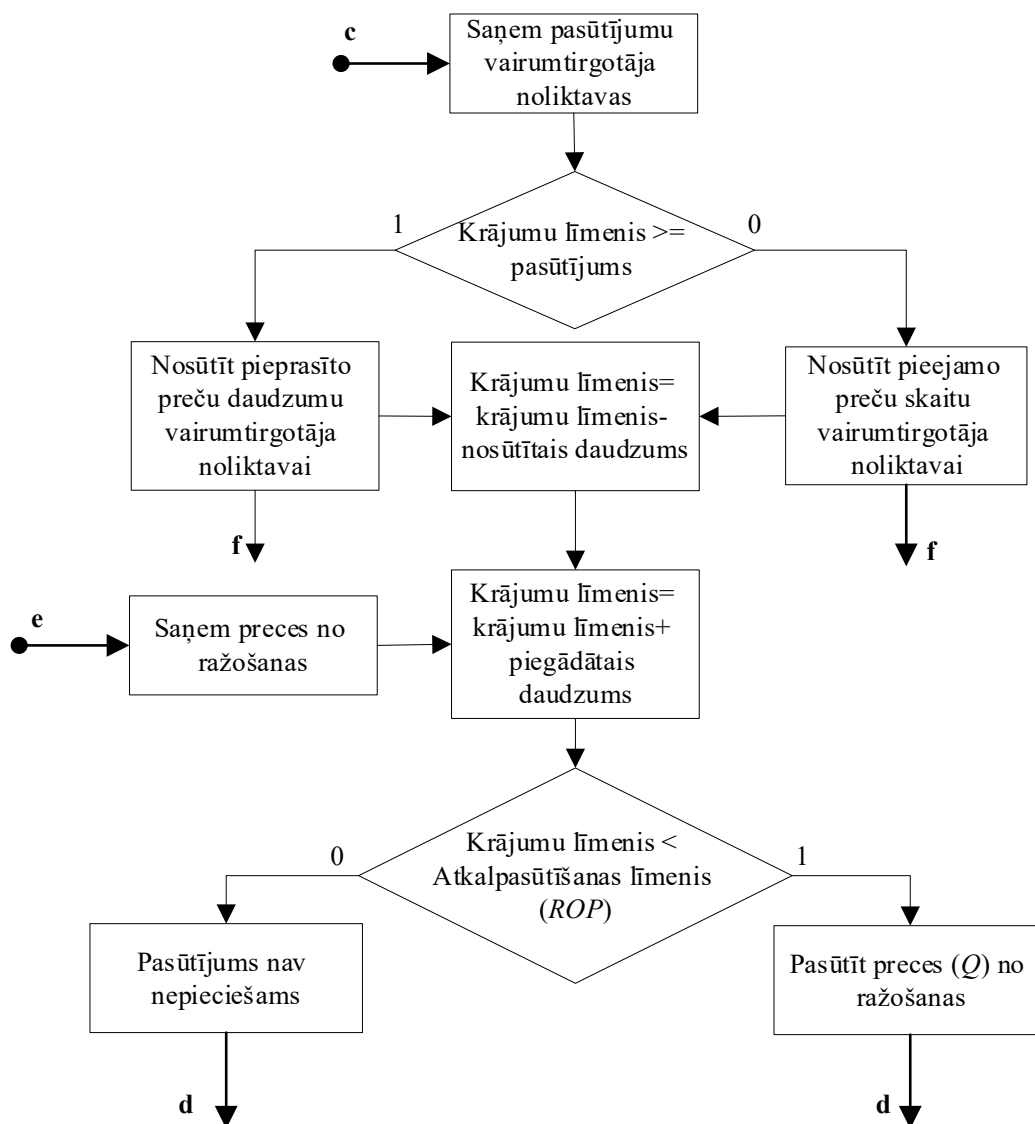
Informācija par pasūtījumu pienāk no mazumtirgotāja un, pēc jau iepriekš aprakstītām darbībām un pārbaudēm, pasūtījums tiek nodots mazumtirgotāja noliktavai, ja ir pietiekams krājumu līmenis, pretējā gadījumā tiek nosūtīts tikai pieejamais preču daudzums. Pasūtījumi tiek veikti rūpnīcas noliktavai un pēc piegādes laika tie nonāk vairumtirgotāja noliktavā, papildinot esošo krājumu līmeni.

Ja vairumtirgotāja noliktava darbojas atbilstoši periodiskās krājumu pārbaudes stratēģijai, tad tā darbības algoritms ir tāds, kā parādīts 3.14. att.

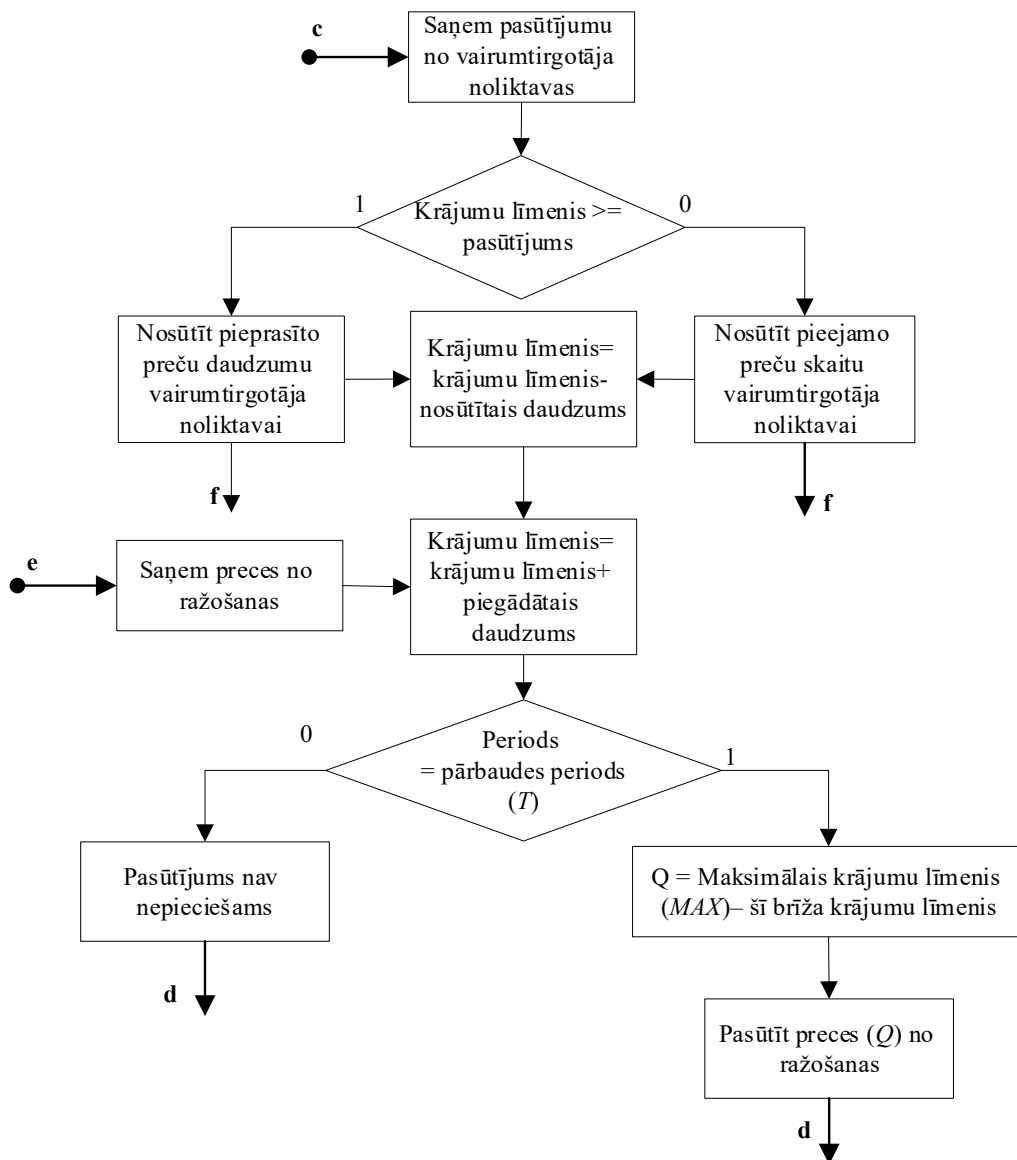


3.14. att. Vairumtirgotāja noliktavas posma darbības algoritms (periodiskā krājumu pārbaudes stratēģija).

Rūpnīcas noliktavas darbības algoritmi ir redzami 3.15. att. un 3.16. att. Informācija par pasūtījumu pienāk no vairumtirgotāja (c). Un ja atbilstošs daudzums ir pieejams, tas pieprasītais daudzums arī tiek nosūtīts vairumtirgotājam (f). Ja ir pieejama tikai daļa no pieprasītā daudzuma, tad atbilstoši nosūta tikai daļu no pieprasītā. Esošais krājumu līmenis tiek samazināts par nosūtītās preces daudzumu un, ja tiek saņemts kāds iepriekš pasūtītais preces daudzums no rūpnīcas, tad esošais krājumu līmenis atbilstoši tiek palielināts. Tālāk, atkarībā krājumu pārbaudes stratēģijas tiek lemts, vai ir nepieciešams veikt pasūtījumu un kādā apjomā. Rūpnīcas noliktavas pasūtījums, neatkarīgi no izvēlētās krājumu pārbaudes stratēģijas vienmēr tiks izpildīts pilnā apjomā, jo ražotnei nav izejmateriālu ierobežojumu.

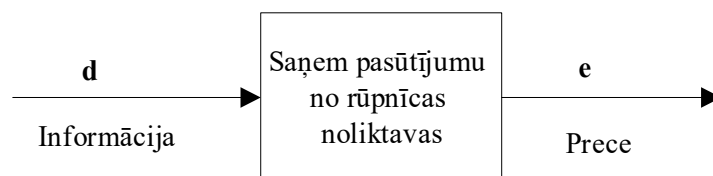


3.15. att. Rūpnīcas noliktavas posma darbības algoritms (nepārtrauktās krājumu pārbaudes stratēģija).



3.16. att. Rūpnīcas noliktavas posma darbības shēma (periodiskā krājumu pārbaudes stratēģija).

Izejvielu sagādes un ražošanas posma darbības shēma ir redzama 3.17. att. Posms ir pasīvs, jo līdzīgi kā galapatērētāja shēmā, neparedz lēmumu pieņemšanu.



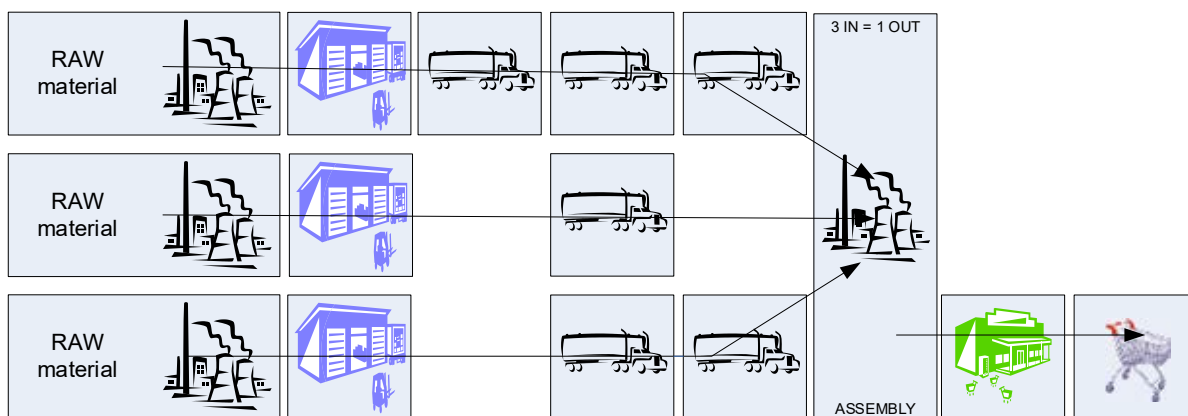
3.17. att. Izejvielu sagādes un ražošanas posma darbības shēma.

Rūpnīcai ir neierobežots izejvielu daudzums. Tā saņem pasūtījumu no rūpnīcas noliktavas (e) un uzreiz to pasūtījumu izpilda, nosūtot gatavo produktu (e).

### Alternatīvās piegādes ķēdes konfigurācijas

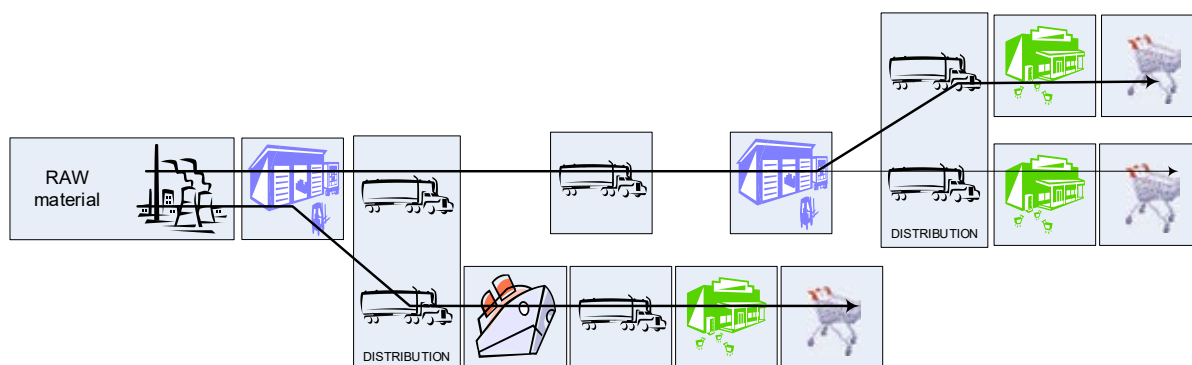
Augstāk aprakstītās piegādes ķēdes konfigurācija nav vienīgā iespējamā, ko var piedāvāt *ECLIPS* spēles ietvaros. No izvēlētās konfigurācijas būs atkarīgs gan ķēdes konceptuālais modelis, gan scenārija parametri, gan izpildes rādītāji.

Piemēram, var izstrādāt scenārijus piegādes ķēdei, kur ir viens galapatērētājs un vairāki izejmateriālu sagādātāji (3.18. att.). Šeit ražošanas posmā notiek gala produkta komplektācija no trim dažādām izejvielām, ka arī piegādes laiki no dažādiem piegādātājiem ir atšķirīgi. Visus to jāņem vērā, kad būs nepieciešams izstrādāt katra piegādes ķēdes posma darbības algoritmu, ka arī būs jāaprēķina alternatīvu krājumu papildināšanas stratēģiju parametri un izpildes rādītāji.



3.18. att. Piegādes ķēdes konfigurācija ar vienu galapatērētāju un vairākiem izejvielas sagādātājiem.

Vēl viens piegādes ķēdes konfigurācija variants varētu būt ar vairākiem galapatērētājiem (3.19. att.). Šajā gadījumā rūpnīcas noliktavai būs nepieciešams akumulēt pieprasījumu, kurš nāk no diviem dažādiem avotiem, ka arī apmierināt šo pieprasījumu, ņemot vērā kādas prioritātes, jo iztrūkuma gadījumā būs jālemj par to, kādā proporcijā sūtīt precis blakus esošajiem piegādes ķēdes posmiem. Līdzīga problēma pastāv arī vairumtirgotāja posmam.



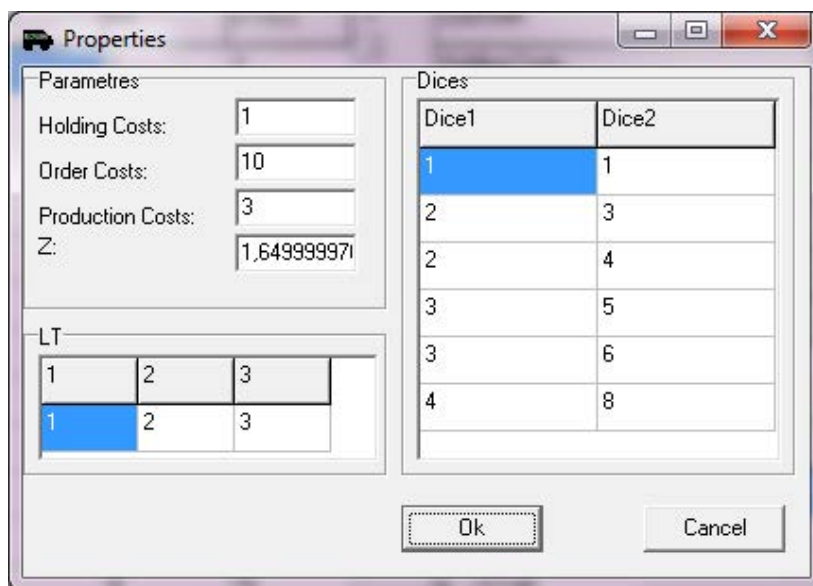
3.19. att. Piegādes ķēdes konfigurācija ar vienu galapatērētāju un vairākiem izejvielas sagādātājiem.

Promocijas darba ietvaros abiem augstāk minētajām piegādes ķēdes konfigurācijām netika izstrādāti detalizēti konceptuālie modeļi un ģenerēti scenāriji. Taču ir svarīgi tos minēt, jo *ECLIPS* spēles koncepcija vispārīgā gadījumā paredz, ka var būt modelētas visdažādākās piegādes ķēdes varianti.

### 3.3. Scenāriju pārvaldības rīka izstrāde

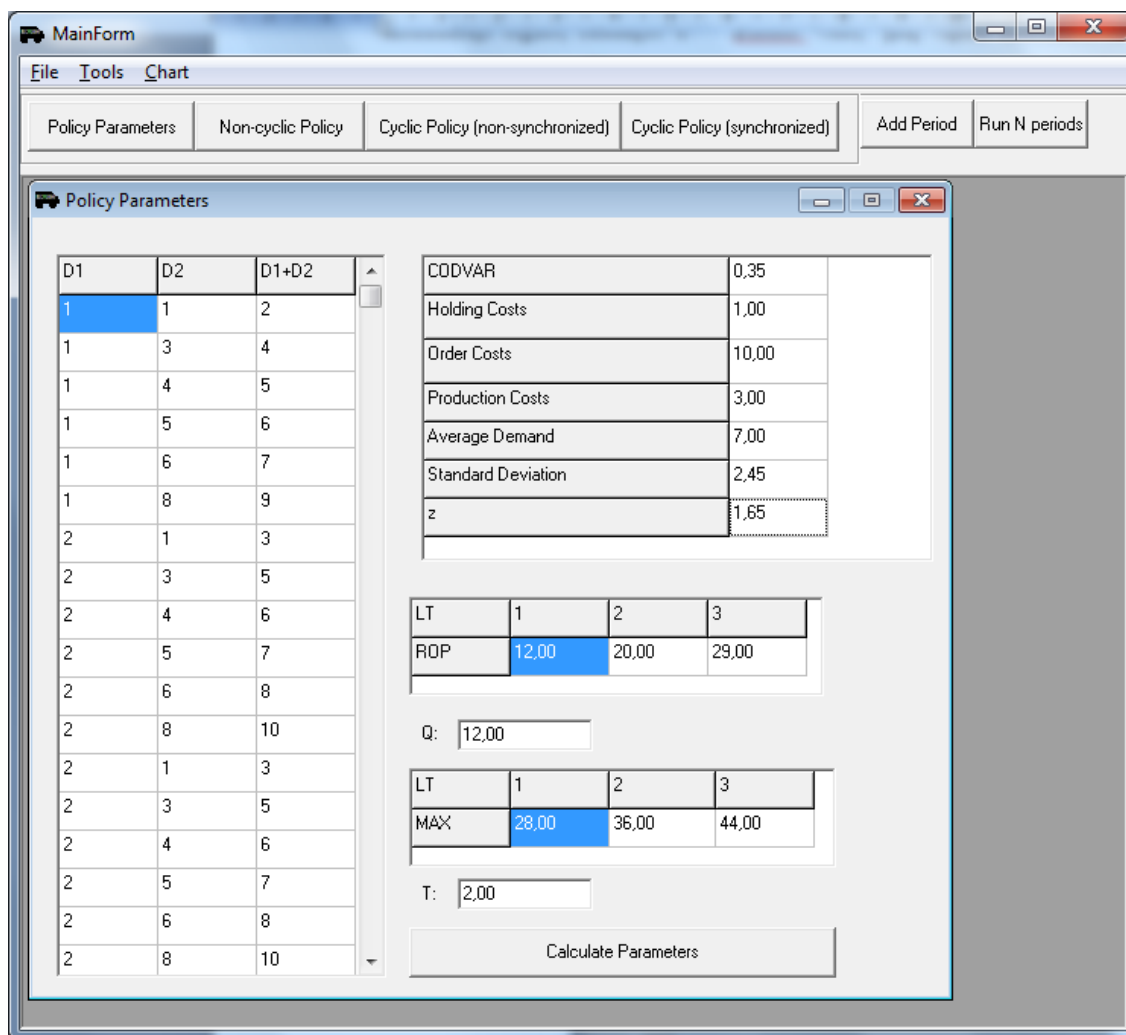
Tā kā *ECLIPS* spēle paredz dažādu scenāriju realizāciju, ir nepieciešams izstrādāt šīs spēles scenāriju pārvaldības rīku. Izstrādātā rīka darbības princips atbilst šī darba 3.2. sadaļā aprakstītajam konceptuālajam modelim, un tas ir realizēts *C++ Builder* vidē.

*ECLIPS* spēles scenāriju pārvaldības rīks ļauj simulēt spēles scenārijus, mainot tādas piegādes ķēdes darbības parametrus, kā galapatērētāja pieprasījums, preces vienības glabāšanas izmaksas par periodu, viena pasūtījuma izmaksas, produkta vienības ražošanas izmaksas, piegādes laikus starp ķēdes posmiem un servisa līmeņa koeficientu (3.20. att.). Jāpiezīmē, ka maksimālais piegādes ķēdes posmu skaits ir 4, un saskaņā ar *ECLIPS* spēles koncepciju galapatērētāja pieprasījums tiek ģenerēts ar vienu vai divu spēļu kauliņu palīdzību, kuriem puses var definēt atbilstoši izvēlētajam gadījuma lieluma sadalījumam.



3.20. att. *ECLIPS* spēles scenāriju pārvaldības rīka piegādes ķēdes parametru logs.

Tā kā viens no *ECLIPS* spēles uzdevumiem ir demonstrēt alternatīvu krājumu papildināšanas stratēģiju priekšrocības un trūkumus, nākamajā solī tiek aprēķināti atbilstošie piegādes ķēdes darbības parametri saskaņā ar formulām (3.8) – (3.11) un pārvaldības rīka attiecīgais logs ir redzams 3.21. att.



3.21. att. Krājumu papildināšanas stratēģiju parametru aprēķins.

Nākamajā posmā tiek simulēta piegādes ķēdes darbība 52 periodu (jeb nedēļu) garumā un iegūti spēles rezultāti, kas ļauj novērtēt piegādes darbības efektivitāti pie esošajiem scenārija parametriem, un tie ir servisa līmenis (kumulatīvais) (3.1), vidējās izmaksas (3.6) un vidējie krājumi (3.4). Šāds modelēšanas laiks ir izvēlēts, jo, lai novērtētu krājumu papildināšanas stratēģijas darbības efektivitāti, ir nepieciešams viens gads, kas atbilst spēles 52 periodiem.

Rezultātā iegūstam grafikus vai tabulas ar izpildes pamatrādītājiem. Piemēram, 3.22. att. ir servisa līmeņa grafiks, kas ļauj novērtēt, kāds krājumu papildināšanas scenārijs pie dotajiem nosacījumiem ļauj sasniegt mērķi, kas ir 95 %.

Kā redzams 3.22. att. stabila servisa līmeņa līkne ir cikliskajai nesinhronizētajai stratēģijai. Tā visus 52 periodus ir vienāda – 100 %. Savukārt, cikliskajai sinhronizētajai stratēģijai servisa līmenis strauji kritās 14. periodā. Tas pazeminājās no 100 % līdz 93 % viena perioda laikā. Sasniedzot savu minimuma punktu 14. periodā, servisa līmenis cikliskajai sinhronizētajai stratēģijai sāk pakāpeniski celties līdz, beidzot 43. periodā, sasniedz 95 %. Necikliskajai stratēģijai servisa līmenis pakāpeniski sāk pazemināties, sākot no 23. perioda līdz beidzot 32. periodā nokritās zem 95 %.



3.22. att. Spēles rezultātu grafiskās interpretācijas piemērs.

Ir pieejams arī tabulārais izpildes rādītāju skats. Piemēram, servisa līmenis pēc 52 periodiem ir redzams 3.23. att.

	Non-Cyclic Policy	Cyclic Policy (non-synchronized)	Cyclic Policy (synchronized)
Service Level	93%	100,0%	95,5%
Average Inventory	102	103	102
Average Costs	142	139	134

3.23. att. Spēles rezultātu skaitliskās interpretācijas piemērs

Kā izriet no 3.23. attēla, ir redzama sakarība starp zemu servisa līmeni un lielām izmaksām. Tā necikliskajai politikai servisa līmenis ir 93 % (nepieciešams > 95 %) un vislielākās vidējās izmaksas. Cikliskajai nesinhronizētajai politikai servisa līmenis ir 100 %. Tik augsts servisa līmenis rada arī liekus izdevumus. Šajā piemērā vislabāk sevi parādīja cikliskā sinhronizētā krājumu papildināšanas stratēģija, jo mērķis ir sasniegts pie minimālām izmaksām.

### 3.4. Scenārija novērtēšana

Ir svarīgi, lai sasniegtos rezultātus varētu atkārtot arī reāli spēlētāji. Lai to panāktu, ir jānovērtē sasniegto rezultātu atkārtojamība, un šim nolūkam ir izvēlēta ticamības intervāla



metode [49]. Kā jau augstāk bija minēts, scenārijus vērtē pēc trim izpildes rādītājiem: servisa līmenis (kumulatīvais), vidējās izmaksas un vidējie krājumi.

Bija veiktas 10 replikācijas un iegūtas atbilstošas izpildes rādītāju vērtības. Rezultāti, kas iegūti nepārtrauktai krājumu papildināšanas stratēģijai scenāriju izpildes pamatrādītājiem, ir apkopoti 3.4. – 3.6. tabulās. Aprēķinātas šī izpildes rādītāja 95 % ticamības intervāla robežas un vidējā vērtība.

3.4. tabula

Ticamības intervāla aprēķins vidējām izmaksām

Replikācija	Vidējās izmaksas	Kumulatīvā vidējā vērtība	Standartnovirze	Ticamības līmenis	Apakšējā robeža	Augšējā robeža	Novirze (%)
1	140,92	140,92	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	133,62	137,27	5,162	46,378	90,89	183,65	33,8 %
3	145,90	140,15	6,176	15,343	124,80	155,49	10,9 %
4	136,83	139,32	5,309	8,447	130,87	147,76	6,1 %
5	144,87	140,43	5,225	6,488	133,94	146,92	4,6 %
6	141,74	140,65	4,704	4,937	135,71	145,58	3,5 %
7	137,45	140,19	4,461	4,126	136,06	144,32	2,9 %
8	140,53	140,23	4,132	3,454	136,78	143,69	2,5 %
9	138,94	140,09	3,889	2,989	137,10	143,08	2,1 %
10	137,45	139,83	3,760	2,690	137,14	142,51	1,9 %

3.5. tabula

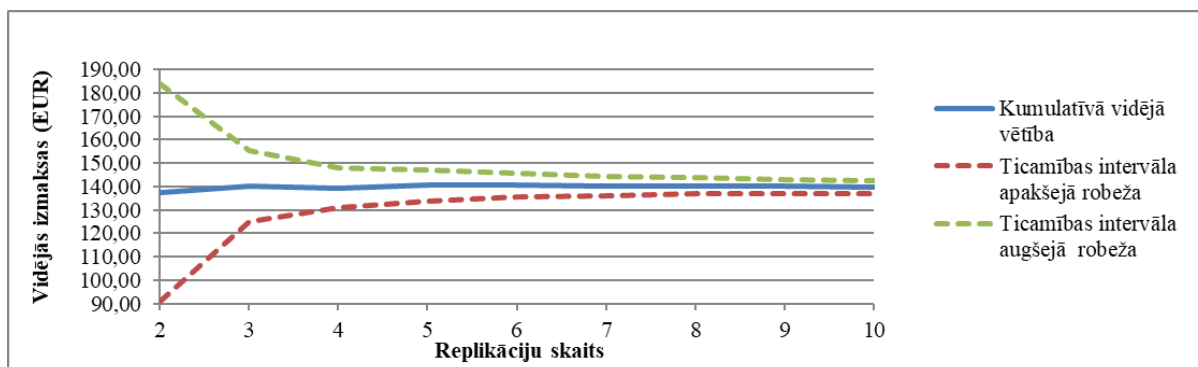
Ticamības intervāla aprēķins vidējiem krājumiem

Replikācija	Vidējie krājumi	Kumulatīvā vidējā vērtība	Standartnovirze	Ticamības līmenis	Apakšējā robeža	Augšējā robeža	Novirze (%)
1	100,92	100,92	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	99,08	100,00	0,881	7,914	92,09	107,91	7,9 %
3	104,33	101,44	1,784	4,430	97,01	105,87	4,4 %
4	99,94	101,07	1,563	2,487	98,58	103,55	2,5 %
5	101,63	101,18	1,395	1,732	99,45	102,91	1,7 %
6	101,83	101,29	1,283	1,346	99,94	102,63	1,3 %
7	100,26	101,14	1,203	1,112	100,03	102,25	1,1 %
8	102,40	101,30	1,168	0,977	100,32	102,28	1,0 %
9	101,12	101,28	1,098	0,844	100,44	102,12	0,8 %
10	100,74	101,23	1,043	0,746	100,48	101,97	0,7 %

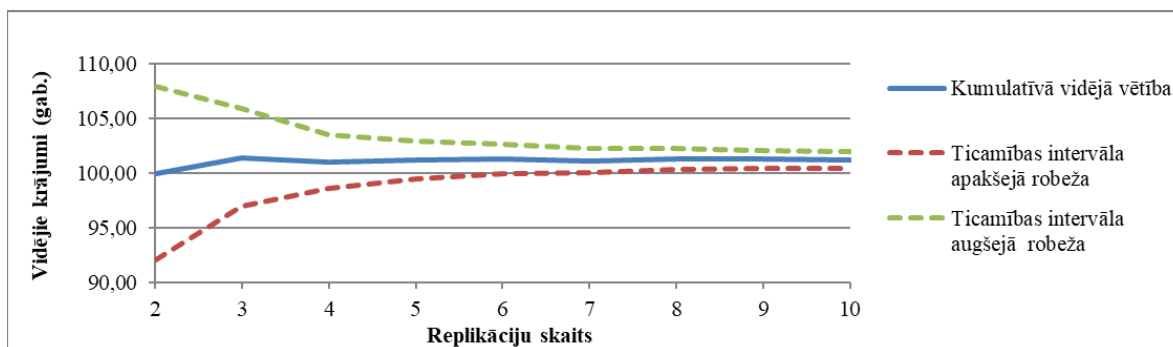
Ticamības intervāla aprēķins servisa līmenim

Replikācija	Servisa līmenis	Kumulatīvā vidējā vērtība	Standartnovirze	Ticamības līmenis	Apakšējā robeža	Augšējā robeža	Novirze (%)
1	98,470	98,470	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	99,400	98,940	0,658	5,908	93,03	104,85	6,0 %
3	99,740	99,203	0,240	0,597	98,61	99,80	0,6 %
4	99,720	99,333	0,014	0,023	99,31	99,36	0,0 %
5	100,000	99,466	0,198	0,246	99,22	99,71	0,2 %
6	99,370	99,450	0,445	0,467	98,98	99,92	0,5 %
7	100,000	99,529	0,445	0,412	99,12	99,94	0,4 %
8	100,000	99,588	0,000	0,000	99,59	99,59	0,0 %
9	99,000	99,522	0,707	0,544	98,98	100,07	0,5 %
10	99,000	99,470	0,000	0,000	99,47	99,47	0,0 %

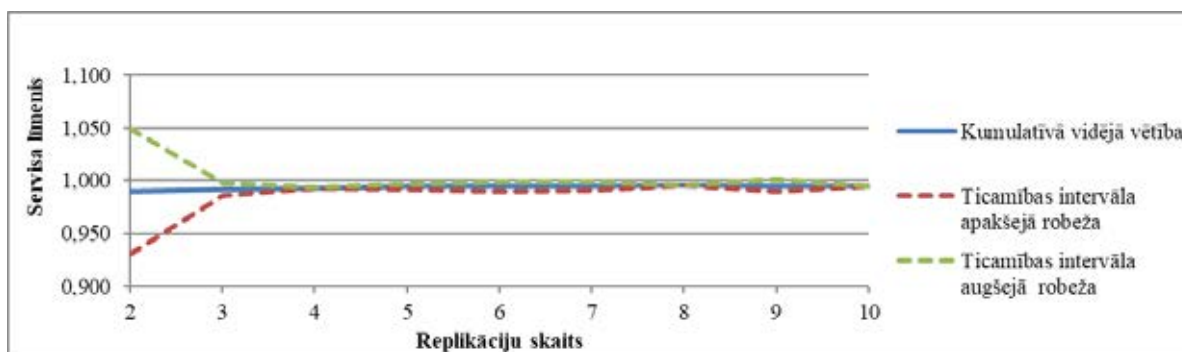
Kumulatīvie vidējie un ticamības intervāli vidējām izmaksām, vidējiem krājumiem un servisa līmenim ir grafiski attēloti no 3.24. - 3.26. att. [50]. Šeit visu grafiku kumulatīvais vidējais ir samērā līdzens, un ticamības intervāli sašaurinās diezgan ātri.



3.24.att. Kumulatīvais vidējais un 95 % ticamības intervāls vidējām izmaksām



3.25. att. Kumulatīvais vidējais un 95 % ticamības intervāls vidējiem krājumiem



3.26.att. Kumulatīvais vidējais un 95 % ticamības intervāls servisa līmenim

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 5. replikācijas. Tādējādi ir iespējams apstiprināt scenāriju modelēšanas rezultātu konvergenci. Līdzīgi aprēķini ir veikti periodiskās papildināšanas stratēģijai un iegūtie rezultāti ir līdzīgi. Līdz ar to var secināt, ka scenāriju var piedāvāt *ECLIPS* spēles ieviešanai.

### 3.5. *ECLIPS* spēles praktiskā realizācija

Spēle var būt organizēta dažādi, un lielā mērā tas ir atkarīgs no tā, kāds ir mērķauditorijas sagatavotības līmenis. RTU studentiem bija piedāvāta šāda darba kārtība:

- Ievads: spēles noteikumi (30’).
- Piegādes ķēdes darbības izpētes uzdevums daudzvešelonu piegādes tīklam (40’).
- Iegūto rezultātu analīze (15’).
- Krājumu papildināšanas stratēģiju izpētes uzdevums daudzvešelonu piegādes ķēdei (70’):
  - nepārtrauktās krājumu pārbaudes stratēģija;
  - periodiskās krājumu pārbaudes stratēģija ar pasūtīšanas ciklu sinhronizāciju.
- Iegūto rezultātu analīze (15’).
- Secinājumi (10’).

Tā kā spēli ir paredzēts izspēlēt divu nodarbību ietvaros, studentiem tiek piedāvāts spēlēt tikai 20 periodus katrā no piegājieniem. Jāņem vērā, ka izpildot uzdevumus, studenti tikai pirmajā piegājenā ģenerē galapatērētāju pieprasījumu metot kauliņus, bet turpmāk, kad tiek pētītas krājumu papildināšanas stratēģijas, lieto to pašu gadījumu skaitļu virkni. Tas ir nepieciešams, lai izslēgtu gadījuma faktoru, kas var ietekmēt patērētāja pieprasījuma rakstura maiņu.

Kā spēles rezultāti tiek reģistrēti izpildes pamatrādītāji, kas aprakstīti 3.1.3. apakšsadaļā, proti, galapatērētāju servisa līmenis, vidējie krājumi un vidējās izmaksas. Rezultāti, kas iegūti no 10 komandām ir apkopoti 3.7. tabulā.

3.7. tabula

Spēles rezultāti, kas iegūti ar fizikālo modeli

Piegādes ķēdes darbības izpēte			Nepārtrauktās krājumu pārbaudes stratēģija			Periodiskās krājumu pārbaudes stratēģija		
Servisa līmenis	Vidējie krājumi	Vidējās izmaksas	Servisa līmenis	Vidējie krājumi	Vidējās izmaksas	Servisa līmenis	Vidējie krājumi	Vidējās izmaksas
99 %	108,70	150,2	100 %	106,75	144,55	94 %	106,25	106,7
98 %	98,60	126,85	100 %	75,65	119,55	90 %	87,25	97,05
96 %	81,50	99,00	100 %	73,30	112,10	97 %	93,90	125,20
100 %	103,30	134,15	100 %	92,60	124,80	100 %	99,60	113,55
100 %	77,60	106,10	100 %	86,85	119,40	97 %	80,85	110,65
100 %	107,10	133,50	87 %	69,15	94,85	100 %	121,90	160,00
100 %	79,5	112,05	100 %	119,55	173,25	100 %	93,15	121,95
100 %	76,55	101,55	96 %	98,95	128,45	94 %	86,35	116,15
100 %	83,4	124,9	99 %	82,3	121,6	85 %	79,1	107,45
100 %	95,2	151,45	99 %	102,7	154,2	85 %	104,1	115

Tabulā 3.7 attēloti tikai tie rezultāti, kas raksturo kopējus piegādes ķēdes sniegunumus spēles gaitā. Piemērs, kā izskatās studentu aizpildītas transakciju formas ir pieejams

Tā kā studenti izpilda visas darbības manuāli, un nereti cilvēciskā faktora dēļ gadās kļūdas veikto darbību secībā vai aprēķinos, tad pēc spēles nepieciešams arī pārbaudīt rezultātus ar scenāriju pārvaldības rīku, ievadot to pašu gadījumu skaitļu virkni, kas bija ģenerēta katrai komandai. Spēlētāju aizpildītās transakciju formu piemērs ir atrodams 2. pielikumā. Pārbaudes rezultāti ir apkopoti 3.8. tabulā.

3.8. tabula

Spēles rezultāti, kas iegūti ar imitācijas modeli

Piegādes ķēdes darbības izpēte			Nepārtrauktās krājumu pārbaudes stratēģija			Periodiskās krājumu pārbaudes stratēģija		
Servisa līmenis	Vidējie krājumi	Vidējās izmaksas	Servisa līmenis	Vidējie krājumi	Vidējās izmaksas	Servisa līmenis	Vidējie krājumi	Vidējās izmaksas
99 %	109,90	151,4	100 %	100,60	138,90	93 %	88,50	118,3
88 %	100,60	129,1	100 %	102,80	147,7	82 %	87,25	115,05
96 %	81,50	99,25	100 %	102,10	143,20	97 %	96,60	125,90
100 %	96,30	128,40	100 %	99,00	126,90	100 %	101,80	131,60
96 %	78,50	107,75	100 %	101,25	142,85	97 %	90,05	119,85
94 %	107,10	134,30	100 %	103,20	147,60	100 %	93,20	123,00
100 %	79,00	112,05	100 %	99,15	140,75	96%	95,05	124,85
100 %	76,55	101,55	99 %	93,35	128,45	94 %	94,45	123,75
94 %	86,85	128,65	100 %	100,50	142,10	91 %	92,00	121,30
100 %	102,40	150,50	99 %	99,00	140,60	88 %	87,00	116,30

Salīdzinot divas tabulas, var novērot, ka rezultāti ir atšķirīgi. Bet mūsu mērķis bija pārlicināties, ka izstrādātā scenārija ietvaros studenti spēs sasniegt līdzīgus rezultātus, kādi bija iegūti ar scenāriju pārvaldības rīka palīdzību. Līdz ar to ir jāpārlicinās, ka divu izlašu vidējās vērtības ir vienādas. Šim nolūkam veiksīm t-testu savstarpēji atkarīgu izlašu vidējo salīdzināšanai. Salīdzināšanai tiek izvēlētas vidējās izmaksas.

Ir nepieciešams pārbaudīt hipotēzi, ka fizikālais modelis būtiski neatšķiras no imitācijas modeļa:  $H_0: \mu_1 = \mu_2$  (ka izpildes rādītāju vidējās vērtības ir vienādas) attiecībā pret alternatīvo hipotēzi:  $H_0: \mu_1 \neq \mu_2$  (ka izpildes rādītāju vidējās vērtības būtiski atšķiras) ar  $P = 95 \%$ .

Pārbaudīsim nulles hipotēzi, izmantojot MS Excel datu analīzes rīku *t-Test: Paired Two Sample for Means*. Iegūstam šādu rezultātu tabulu (3.9. tab.):

3.9. tabula

t-testa rezultāti savstarpēji atkarīgu izlašu vidējo vērtību salīdzināšanai

	<i>Imitācijas modelis</i>	<i>Fizikālais modelis</i>
Mean	121,99	117,37
Variance	24,34988889	287,9573333
Observations	10	10
Pearson Correlation	0,349002668	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	9	
t Stat	0,916950081	
P(T<=t) one-tail	0,191541152	
t Critical one-tail	1,833112923	
P(T<=t) two-tail	0,383082304	
t Critical two-tail	2,262157158	

Iegūtie rezultāti, proti,  $t_{fakt} = 0,916950081 < t_{krit} = 2,262157158$ , norāda uz to, ka ar  $P = 95 \%$  nevaram noraidīt nulles hipotēzi  $H_0: \mu_1 = \mu_2$  ka izpildes rādītāju vidējās vērtības ir vienādas, kas liecina, ka abi modeļi darbojas līdzīgi.

### 3.6. Secinājumi

Darba trešajā nodaļā ir aprakstīta izstrādātās integrētās scenāriju pieejas praktiskā realizācija, eksperimentālā analīze un lietošana *ECLIPS* spēlē. Tajā skaitā ir izstrādāti 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.

Trešajā nodaļā veiktie pētījumi un eksperimenti ļauj secināt ka:

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 LIETOŠANA *ILMG* IMITĒJOŠĀ SPĒLĒ

Šajā nodaļā tiks aprakstīta izstrādātās integrētās scenāriju pieejas praktiskā lietošana *ILMG* (*International Logistics Management Game*) spēlē. Būs aprakstīts ietvars, kas nodrošina *ILMG* spēles pārvaldību ar aģentiem, un 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 kāda noteikta kursa ietvaros.

### 4.1. *ILMG* spēles raksturojums, uzdevumi un scenāriji

*ILMG* ir dinamiska internet bāzēta tiešsaistes vadības imitējošā datorspēle, kas nodrošina virtuālo biznesa vidi lēmumu pieņemšanas iemaņu pilnveidošanai tādās sfērās kā starptautiskā loģistika, ražošanas vadība, tirgzinība un finanses. Spēles gaitā dalībnieki, pārstāvot dažādas konkurējošas starptautiskas korporācijas, pieņem stratēģiskus, taktiskus un operatīvus lēmumus dažādās korporācijas darbības jomās ar mērķi uzlabot korporācijas veikspēju un sasniegt konkrētus rezultātus, piemēram, palielināt peļņu, iekārot noteiktu tirgus daļu vai nodrošināt augstu servisa līmeni.

*ILMG* spēles autors ir prof. R. Grubbstroms (*Robert W. Grubbström*) no Linšēpingas universitātes (Zviedrija). Promocijas darba autore piedalījās spēles testēšanā Linšēpingas un Ļubļanas universitātēs, lietošanas un pasniegšanas metodikas izstrādē.

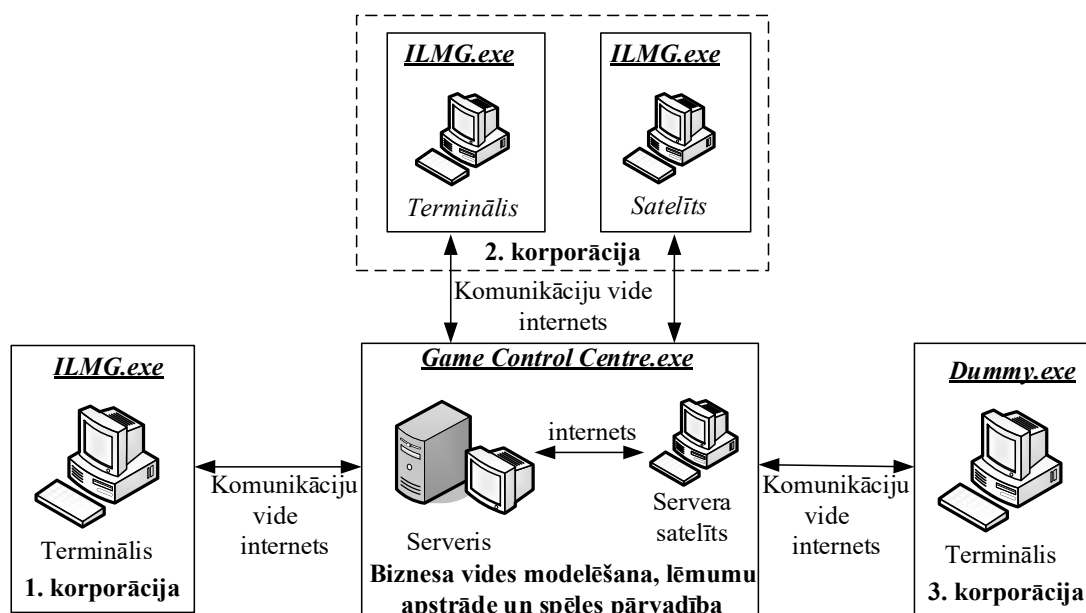
*ILMG* spēles ietvaros tiek modelēta tirgus darbība, kurā vienlaikus konkurē vairākas korporācijas. Tās ražo, izplata un tirgo savu produkciju dažādos pasaules reģionos. Katru korporāciju pārstāv spēlētāju komanda, kurai ir pieeja spēlei caur terminālu ar interneta pieslēgumu, līdz ar to tas nodrošina iespēju spēlēt attālināti, un komandas vai to dalībnieki var atrasties ģeogrāfiski tālu viens no otra. Komandu skaits, ka arī dalībnieku skaits katrā komandā nav stingri definēts, taču parasti tās ir 5 līdz 10 komandas, un katrā komandā 2 līdz 4 dalībnieki. Spēli vadība notiek caur serveri, kurā notiek biznesa vides modelēšana un apstrādāti visi spēlētāju lēmumi. *ILMG* var lietot gan studiju procesā mācību iestādēs, gan uzņēmumu darbinieku kvalifikācijas celšanai.

*ILMG* spēle ļauj dalībniekiem izmēģināt lēmumus, kas skar dažādas korporācijas darbības jomas, un redzēt pieņemto lēmumu ietekmi uz uzņēmuma veikspēju, tātad tā ir universāla pēc savas būtības. *ILMG* spēle ir dinamiska, jo simulācija notiek kādā laika posmā. Lēmumi, kurus jāpieņem spēlēs dalībniekiem spēles gaitā ir apkopoti 4.1. tabulā. Tos var sadalīt pēc jomām šādi: izejmateriālu sagāde, ražošanas plānošana, tirgzinība, gatavās produkcijas sadale un finanses. Katrā jomā, izņemot izejmateriālu sagādi, var izdalīt stratēģiskus lēmumus, kas nosaka uzņēmuma attīstības virzienu ilgtermiņā, taktiskus, kas ietekmē uzņēmuma darbību īsākā laika periodā, un operatīvus, kas iespaido organizācijas ikdienas darbību.

## ILMG spēlētāju lēmumi

	Izejmateriālu sagāde	Ražošanas plānošana	Tirgzinība	Gatavās produkcijas sadale	Finanses
Stratēģiskie		Ražotnes izvietošana Investīcijas ražošanas kapacitātē	Tirgus iekārošana Investīcijas produkta attīstībā	Tirgus atrašanās vieta Investīcijas pašu noliktavās	Aizņēmumi Likvidu līdzekļu pārvaldīšana Biržas operācija
Taktiskie	Krājumu vadības modeļa izvēle	Ražošanas partijas apjoma noteikšana	Cenu noteikšanas algoritma izvēle	Transportēšanas veida izvēle	
Operatīvie	Pasūtījumu apjoms	Ražošanas definēšana un realizēšana	Cena Reklāmas izdevumiem	Transportēšanas apjomu un grafikplāna noteikšana	Aizņēmumu atmaksāšana

Spēles programmatūras darbības shēma ir parādīta 4.1. att.



4.1. att. ILMG spēles programmatūras vispārējā struktūra.



Spēles programmnodrošinājums pamatā *sastāv no*:

- servera (*Game Control Centre.exe*), kas nodrošina biznesa vides modelēšanu, pieņemto lēmumu apstrādi un spēles pārvaldību,
- un *ILMG* klienta terminālā uzstādītās izpildes programmas (*ILMG.exe*), kas nodrošina lietotāju saskarni lēmumu ievadīšanai un darbības rādītāju analīzei. Tā kā komunikācija notiek caur internetu, kompānijas var fiziski atrasties dažādos ģeogrāfiskos punktos.

Spēles vadītājs (mācītbspēks), kuram ir attālināta pieeja spēles serverim, sekojot visām dalībnieku darbībām, nepieciešamības gadījumos var veikt izmaiņas mācību scenārijā spēles gaitā. Papildus ir nodrošināta iespēja kompānijām izmantot satelītkomunikācijas, tādējādi sadalot lēmumu pieņemšanas tiesības starp komandas dalībniekiem. Papildus spēles vadītājam ir iespēja attālināti piekļūt spēles serverim.

Viena no galvenajām *ILMG* priekšrocībām ir scenāriju veidošanas iespēja [10, 51], kas nodrošina dažādu reālās dzīves situāciju modelēšanu, tādējādi ļaujot iegūt praktiskas iemaņas un pieredzi kompānijas vadībā dažādos biznesa apstākļos.

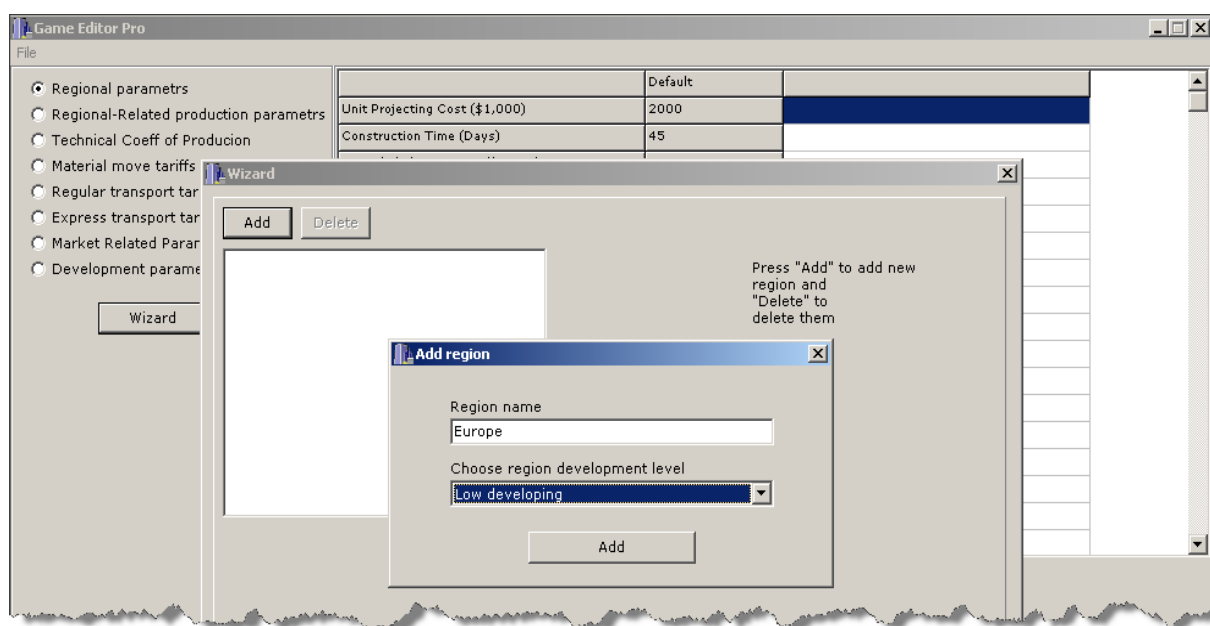
*ILMG* spēles scenārijs tiek definēts saskaņā ar noteiktiem mācību mērķiem. Dažādi scenārija parametri nosaka spēles sākuma stāvokli un tās dinamiku. Parametri ir sagrupēti vairākās kopās, piemēram, reģionālie parametri, produktu tehniskie rādītāji, ar tirgu saistītie parametri, transporta tarifi (4.2.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



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

Scenārija veidošana ietver vairākus soļus, kas ir saistīti ar spēles parametru vērtību uzstādīšanu un noskaņošanu. Pirmkārt, ir jādefinē scenārija pamatmainīgie, kuri nosaka visu pārējo parametru kopu, un, otrkārt, ir jādefinē visu parametru vērtības atbilstoši mācību mērķiem. Ir nepieciešams iestatīt vairāk nekā simts dažādu parametru vienkāršākajam scenārijam (viens reģions, viens produkts, divi bankas konti), kas apgrūtina 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.) [52]. Spēles vadītājs lemj par scenārija pamatmainīgajiem un to īpašībām, bet *GameEditorPro* automātiski ģenerē pārējās atkarīgo parametru vērtības.



4.3. att. GameEditorPro programmatūras moduļa saskarne.

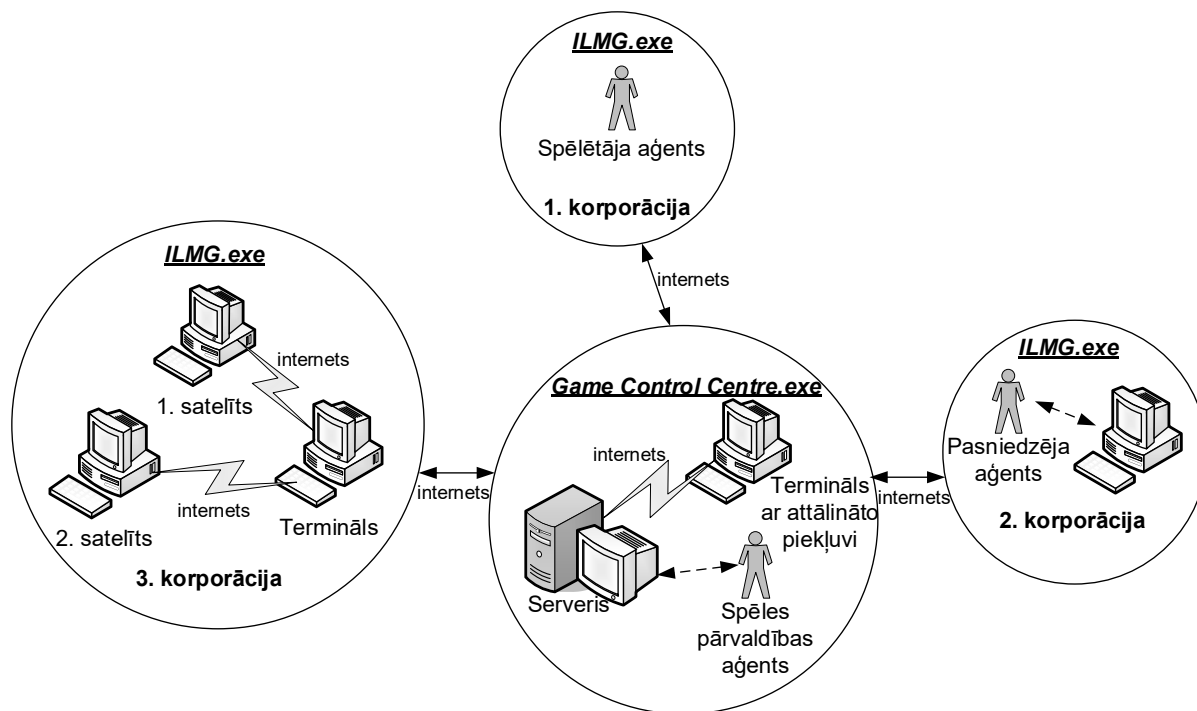
Pamatmainīgie tiek definēti kvalitatīvi, piemēram, reģions tiek raksturots ar ekonomikas attīstības pakāpi, kura var būt „augsta”, „vidēja” vai „zema”, bet produkts tiek raksturots kā „tehnoloģisks” vai „augsti tehnoloģisks”. Pārējo scenāriju parametri tiek automātiski ģenerēti pēc šāda principa:

1. Tiek aprēķināts kopējais parametru skaits.
2. Tiek definēts parametru vērtību diapazons.
3. Katrs parametru vērtību diapazons tiek sadalīts vairākās vienādās grupās.
4. Katra grupa raksturo vienu no reģionu tipiem vai produktu tipiem.
5. Grupas ietvaros parametru vērtības tiek ģenerētas nejaušā kārtā, lai izslēgtu divu vai vairāku identisku reģionu vai produktu parādīšanos.

Papildus scenāriju pārvaldības aģentam ir ieviests virtuālais spēlētājs (*Dummy*) scenārija testēšanai un mācībspēka aģents galveno darbības rezultātu uzraudzībai spēles gaitā (4.4. att.).

Ar *GameEditorPro* ģenerētie scenārija parametri tiek eksportēti uz MS Excel tabulām un jau \*.xlsx fails tiek importēts uz *GameControlCentre*. Tālāk notiek scenārija modelēšana ar spēlētāja aģentu, kas ļauj iegūt sistēmas darbības rezultātus, kurus pēc vairākiem rādītājiem

novērtē spēles vadītājs un viņš lemj par scenārija atbilstību mācību mērķiem. Ja rezultāts nav apmierinošs, scenārija ģenerēšanas procedūra tiks atkārtota. Ja scenārijs tiek atzīts par atbilstošu, to lieto spēles gaitā ar reāliem spēlētājiem un mācībspēka aģents uzrauga spēles gaitu, kontrolējot dažādus rādītājus, kuri raksturo gan atsevišķo korporāciju sniegumu, gan visu situāciju kopumā. Ja šie rādītāji kādā brīdī vairs neatbilst mācību mērķiem, tiek ieviestas izmaiņas spēles scenārija parametru vērtībās.



4.4.att. *ILMG* spēles pārvaldība un aģentu funkcijas.

Tā kā *ILMG* spēlei ir paredzēta dalībnieku konkurence, tad virtuālajam spēlētājam ir tikai viena loma, proti, būt par tiešo konkurentu reālajiem spēlētājiem, ja rodas tāda nepieciešamība.

Pasniedzēja aģenta funkcija ir sekot līdzi spēles dalībnieku aktivitātēm un gadījumā, ja dalībnieku darbības vai bezdarbība izraisa tādas sekas, kas ir kritiskas virtuālā uzņēmuma turpmākai darbībai, tad brīdināt par to.

Vēl viens pasniedzēja aģenta uzdevums ir pēc spēlētāju pieprasījuma sniegt izglītojošus komentārus (*educational comments*) par spēlē aptverto teorētisko materiālu.

Savukārt, spēles pārvaldības aģents, sekojot līdzi dalībnieku aktivitātēm, nepieciešamības gadījumā brīdina spēles vadītāju par kritiskām situācijām, kas rodas dalībniekiem spēles gaitā, lai varētu savlaicīgi sniegt atbalstu apmācāmajiem, ar mērķi sasniegt spēles mērķi.

## 4.2. *ILMG* spēles scenāriju ģenerēšana un simulācija

Viena no galvenajām *ILMG* spēles īpašībām ir dažādu scenāriju veidošanas iespēja. *ILMG* scenārijs nosaka spēles sākuma stāvokli, raksturo visas korporācijas sastāvdaļas un biznesa

vides attīstības tendences, kā arī definē visus notikumus spēles gaitā. Scenārijs ir jāizveido pirms spēles sesijas sākuma, jo spēles vadītājam ir ierobežotas iespējas to mainīt spēles laikā.

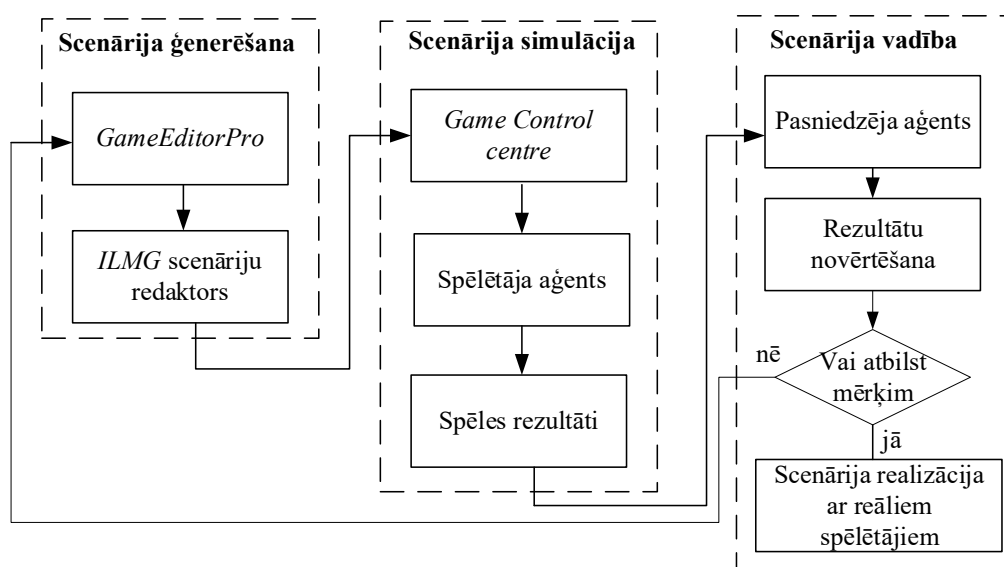
*ILMG* spēlē ir pieejama scenārija veidošanas un rediģēšanas saskarne, kura ļauj konkrētai spēlei izvēlēties kādu no jau eksistējošiem scenārijiem, nepieciešamības gadījumā modificēt tos vai izveidot pilnīgi jaunu scenāriju atbilstoši izvirzītajam mācību mērķim. Scenārija izveidošanas procedūra ietver vairākus soļus, kas ir saistīti ar dažādu spēles scenārija parametru uzstādīšanu un noskaņošanu. Taču pastāv vairāki ierobežojumi, kas jāņem vērā:

- korporāciju skaits - no 1 līdz 20;
- reģionu skaits – no 1 līdz 21;
- produktu veidu skaits – no 1 līdz 21;
- bankas kontu veidu skaits – no 2 līdz 4;
- akciju veidu skaits - no 0 līdz 21.
- maksimālais tirgu skaits – 21;
- maksimālais adaptējamo produktu skaits – 21;
- maksimālais korporatīvo vienību skaits visos reģionos kopā – 21;
- bankas kontu skaits – no 2 līdz 21.

Pastāv arī daži ierobežojumi, kas skar dalībnieku lēmumus, un tie ir:

- maksimālā produkta cena – 100 000 EUR;
- maksimālais izejmateriālu pasūtījuma izmērs – 64 tonnas;
- maksimālās investīcijas ražošanas kapacitātē vienā reizē - 5 000 000 EUR;
- maksimālais investīciju apmērs noliktavu kapacitātē vienā reizē – 2000 000 EUR;
- maksimālais investīciju apmērs produktu attīstībā vienā reizē – 1000 000 EUR.

Scenārija izstrāde un testēšana ir laikietilpīgs process, līdz ar to tiek piedāvāts šo procedūru daļēji automatizēt, lietojot scenārija pārvaldības vispārīgo procedūru, kuru *ILMG* spēlei var interpretēt kā ir parādīts 4.5. att. zemāk.



5.5. att. Scenārija ģenerēšana modelēšana un vadība *ILMG* spēlē.

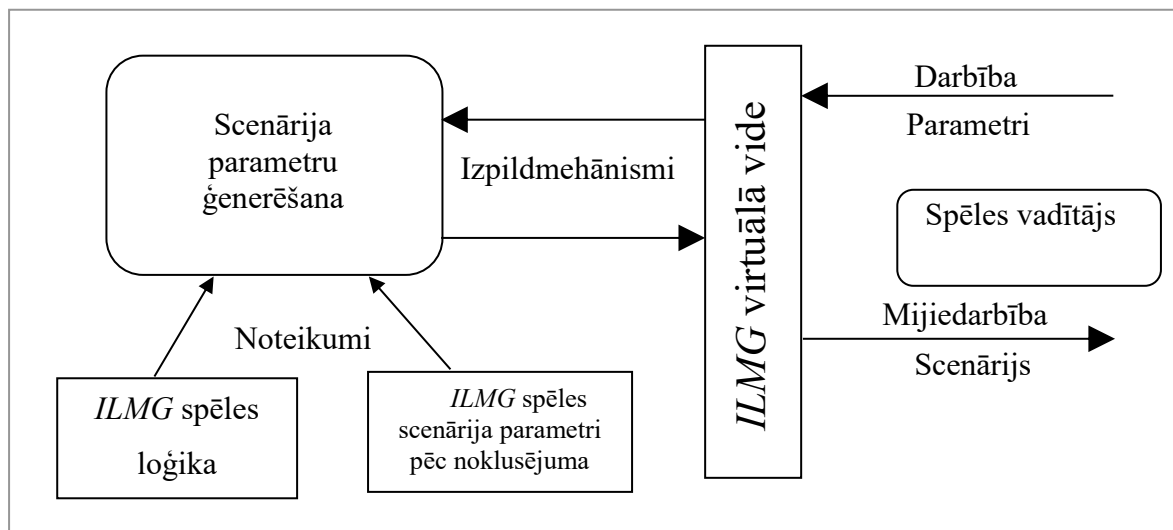
Ģenerējamo parametru skaits ir atkarīgs no izvēlēto reģionu ( $R$ ), produktu ( $P$ ) un akciju veida ( $S$ ) skaita, faktiski nosakot, cik sarežģīts būs scenārijs:

- Reģionālie parametri –  $20 * R$ ;
- Reģionālie ražošanas parametri –  $12 * R$ ;
- Pārskatu parametri –  $37$ ;
- Korporācijas vienību pārvietošanas parametri –  $3 * R$ ;
- Produktu tehniskie koeficienti –  $4 * R * P$ ;
- Materiālu pārvietošanas tarifi –  $3 * R$ ;
- Regulārie produktu transportēšanas tarifi –  $3 * R$ ;
- Eksprestarifi produktu transportēšanai –  $3 * R$ ;
- Tirgus parametri –  $R * (25 + 9 * (P))$ ;
- Produktu attīstības un sezonālie parametri:  $P * (14 + 8 * (R))$ ;
- Finanšu parametri:  $17 + 3 * (S)$ ;
- Parametri, kas nosaka biznesa vides attīstības dinamiku:  $(1 + 3 * (R)) * \text{notikumu skaits}$ .

Tāpat parametru skaits katrā scenārijā varētu būt no aptuveni 200 līdz 700 vai pat vairāk, līdz ar to scenārija izstrādes procesa daļēja automatizācija ir pamatota.

### ILMG spēles scenāriju ģenerēšanas rīks

Scenāriju ģenerēšanas process *ILMG* spēlei var būt daļēji automatizēts, lietojot aģentu, kas ir realizēts, kā atsevišķs programmatūras modulis ar nosaukumu *GameEditorPro* [52, 53, 54]. Šī aģenta arhitektūra ir redzama 4.6. att.



4.6. att. *GameEditorPro* aģenta arhitektūra.

Aģenta arhitektūra paredz, ka, saņemot sākuma parametrus no spēles vadītāja, tie tiek apstrādāti, balstoties uz *ILMG* spēles loģiku (piemēram, pārbaudīts vai vērtības ir noteiktā diapazonā), un, apskatot *ILMG* spēles scenārija parametru vērtības pēc noklusējuma, salīdzinot tās un veidojot savu vērtību, tiek ģenerēts scenārijs, ko piedāvā spēles vadītājam.

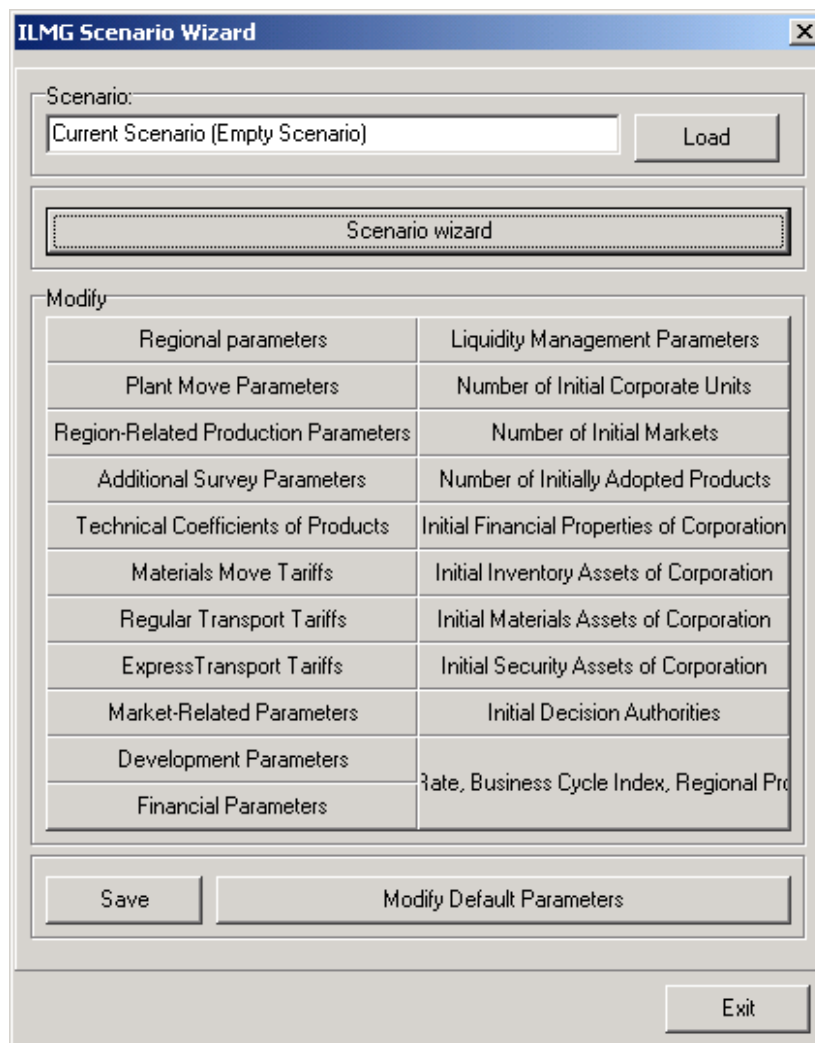
Būtībā šim aģentam ir vairāki uzdevumi:

- 1) saņemt informāciju, kura attēlo *ILMG* virtuālo vidi, tātad parametru kopu;
- 2) saņemt norādes no spēles vadītāja par virtuālās vides izmaiņām;
- 3) ģenerēt parametru kopu, kas veido *ILMG* scenāriju, atbilstoši saņemtajai informācijai un norādēm;
- 4) saņemt datus no *ILMG* virtuālās vides un norādes no spēles vadītāja, lai izvērtētu, vai ģenerētais scenārijs atbilst mācību mērķim, un, nepieciešamības gadījumā atkārtoti veikt scenāriju parametru ģenerēšanu.

Scenāriju pārvaldības aģents spēj pieņemt lēmumus patstāvīgi un tas darbojās reaktīvi, veicot darbības tikai atbildot uz kādiem stimuliem, ko ierosina spēles vadītājs. Ģenerētie scenāriji tiek saglabāti un veido scenāriju bāzi, kuru turpmāk var izmantot jaunu scenāriju ģenerēšanai.

*GameEditorPro* saskarne ir pielāgota atbilstoši *ILMG* scenāriju rediģēšanas saskarnei, kas palīdz spēles vadītājam kontrolēt un koriģēt scenārija ģenerēšanu.

Palaižot aģenta programmu, ekrānā parādās programmas galvenā izvēlne *GameEditorPro* (4.7.att.).

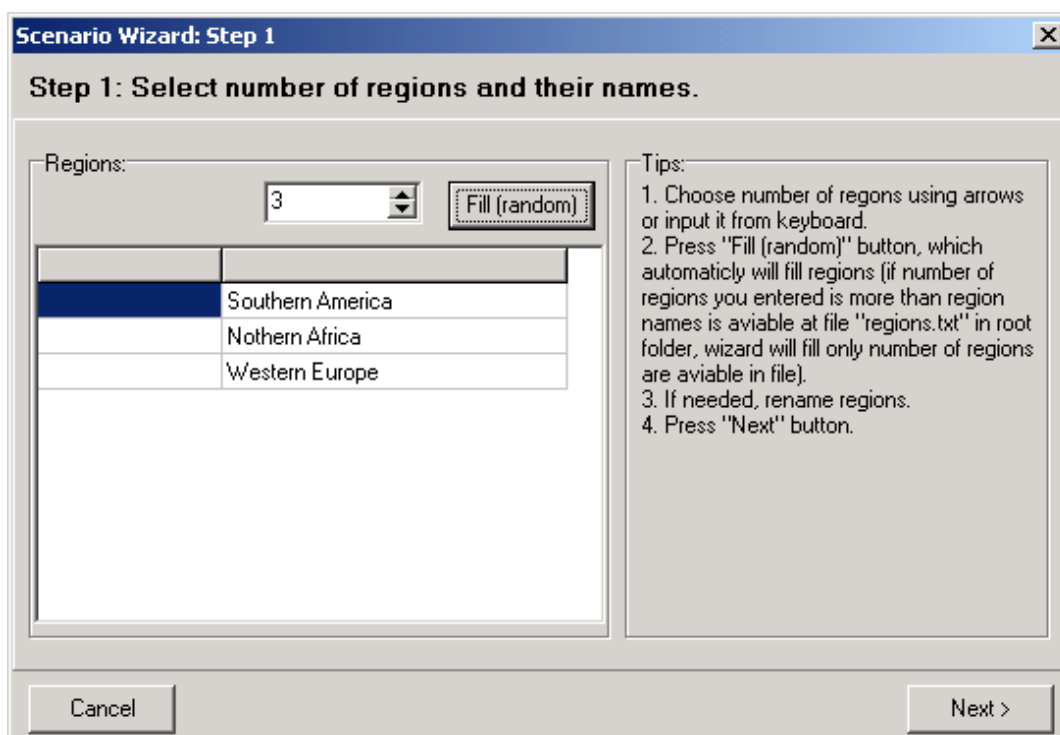


4.7. att. *GameEditorPro* galvenā izvēlne.

Īss saskarnes apraksts:

1. Scenārija nosaukums (pēc noklusējuma scenārija nosaukums ir “*Current Scenario (Empty Scenario)*” – “Tukšais scenārijs”), kuru var mainīt lietotājs, izvēloties nosaukumu scenārija veidošanas procesā, vai arī to paņemt jau no gatavā scenārija.
2. Poga “Load” – gatava scenārija no scenāriju datu bāzes ielāde.
3. Poga “Scenario Wizard” – pašas aģenta programmas palaišanas poga.
4. Pogas scenārija parametru rediģēšanai.
5. Poga “Save scenario” – scenārija saglabāšana.
6. Poga “Default parameters” – apskatīt un rediģēt noklusējuma parametrus, kurus ir uzstādījis *ILMG* spēles izstrādātājs.
7. Poga “Exit” – izeja no programmas.

Protams, vislielāko interesi izraisa tieši aģents, kuru bija nolemts nosaukt par “*Scenario Wizard*” – “Scenāriju Burvis”. To var palaist, nospiežot pogu “*Scenario Wizard*”. Pēc pogas nospiešanas parādās aģenta saskarnes logs (4.8. att.), kurš piedāvā lietotājam izvēlēties reģionu skaitu veidojamajā scenārijā.

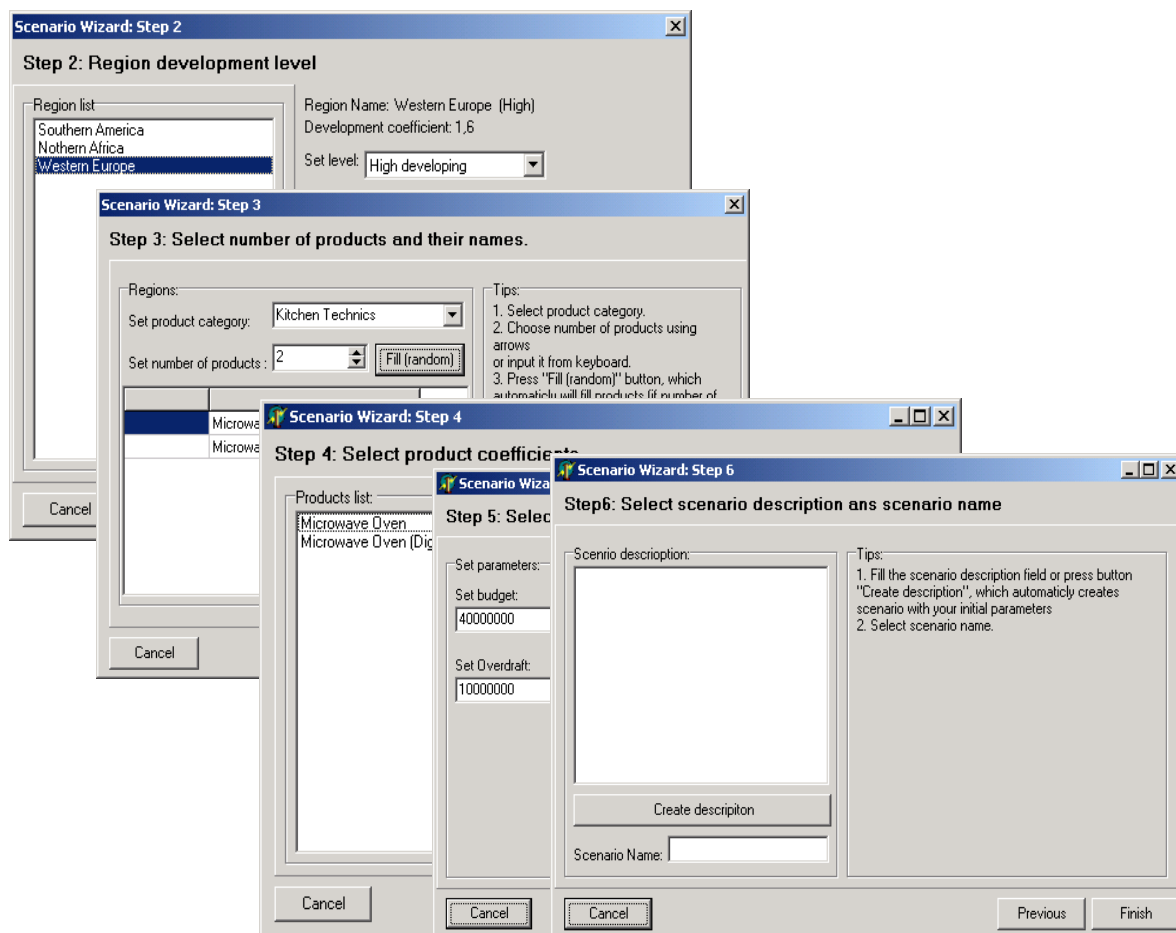


4.8. att. Scenārija veidošanas pirmais solis.

Kā var redzēt, tas ir tikai pirmais solis (scenārija veidošana, ko piedāvā aģents, sastāv no vairākiem soļiem). Izvēloties reģionu skaitu 3 un nospiežot pogu “*Fill (random)*” – “Aizpildīt”, aģents veido 3 reģionus un automātiski piešķir tiem nosaukumus. Ja spēles vadītājs vēlas citus reģionu nosaukumus, var nospiegt pogu “*Fill (random)*” vēlreiz, un reģionu nosaukumi izmainīsies. Pēc nepieciešamības, spēles vadītājs var pats ierakstīt reģiona nosaukumu. No labās puses tiek sniegti lietderīgi padomi, kuri apraksta visu scenārija veidošanas procesu

pašreizējā solī. Nospiežot pogu “Next”, programma pāriet pie nākamā soļa – reģiona attīstības līmeņa uzstādīšana. Otrajā solī var redzēt, kāds ekonomiskās attīstības līmenis ir piešķirts katram reģionam.

Nākamajā solī jāizvēlas produktu skaits un to nosaukumi (4.9. att.). Produktu nosaukumi glabājas failos, vadoties pēc produktu kategorijas, un tiem ir savs koeficients, kurš atspoguļo produkta ražošanas sarežģītību, nepieciešamo izejmateriālu skaitu un citus svarīgus parametrus. Šo parametru vērtības ir simboli.



4.9. att. Scenārija veidošanas soļi.

Nākamais solis piedāvā izvēlēties tādus spēles parametrus, kā korporācijas sākumkapitāls (pēc noklusējuma – 40 miljoni eiro) un kredīta pārsniegšanas summa (10 miljoni eiro).

Pēdējais solis piedāvā sniegt sīku scenārija aprakstu, kurā tiks definētas galvenās scenārija īpašības. To var ģenerēt, izmantojot pogu “Create description”. Pēc scenārija apraksta spēles vadītājs scenārijam piešķir nosaukumu un tad notiek scenārija ģenerēšana.

Tagad apskatīsim, ko scenārijā izveidoja aģents. Par piemēru paņemsim reģionālos parametrus no “Modify” bloka, kas atrodas galvenajā izvēlnē. Nospiežot pogu “Regional parameters”, atveras logs ar parametriem, kurus aģents ir izveidojis, balstoties uz ievadītajiem datiem (4.10.att.).



Var redzēt, ka ir aizpildīti visi parametri un tie ir dažādi. Tas nozīmē, ka diviem reģioniem ar vienādiem attīstības koeficientiem būs dažādi parametri 10 % ietvaros. Katru parametru var rediģēt, ja tas ir nepieciešams, kā arī eksportēt parametrus *MS EXCEL* tabulās, kas var būt lietderīgi nākotnē.

	Default	Southern	Northern	Western E
Unit projecting cost (\$1000)	2000	2134	2357	2310
Construction time (days)	45	42	37	53
Unit abolishment cost (\$1000)	300	313	270	322
Abolishment time (days)	30	32	28	31
Nom. Cap. Expansion per Inv.	3200	3107	3030	3305
Capacity Expansion fixed cost (\$1000)	100	106	93	113
Capacity Expansion Lead time (days)	20	22	14	21
Buildings depreciation (% per Quarter)	1000	988	982	1121
Warehouse depreciation (% per Quarter)	50	50	41	53
Regional administration cost (\$1000 per A	30	31	27	31
Basic Wage level (\$1000 per Annum)	1	1	1	1
Basic material price (\$1000/ton)	2	2	2	2
Material price drift (per Annum)	100	100	100	100
Material price volatility	30	30	30	30
Material purchase fixed cost (\$)	20	20	20	20
Material delivery time (days)	0.03	0.03	0.03	0.03
Vendor credit (days)	2.00	2.00	2.00	2.00

4.10. att. Aģenta izveidotie scenārija parametri.

Pēdējais, ko izdara spēles vadītājs – saglabā scenāriju failā ar paplašinājumu *\*.ilmg*. Tā kā *ILMG* spēles programmas pirmteksts nav pieejams un nav zināma faila struktūra, gatava faila augšupielāde un saglabāšana ir paredzēta tikai teorētiski, bet ievadot aģentu spēlē, šāda iespēja, bez šaubām, kļūst par praktisku nepieciešamību. Viss process aizņem apmēram 5-10 minūtes, kas, salīdzinot ar laiku, kuru ir jāpatērē scenārija veidošanai manuāli (apmēram 5 stundas) ir ļoti labs rezultāts. Ir vērts pievērst uzmanību tam aspektam, ka aģents padara savu darbu dažās sekundēs, viss pārējais ir atkarīgs no spēlētāja.

Veidojot aģentu, kurš palīdzētu spēles vadītājam izstrādāt scenāriju *ILMG* spēlei, tika pieņemtas dažas konstantes, kuras ir svarīgas spēles scenārija izstrādes procesā. Apskatot izanalizēto spēli, tika nolemts, ka spēles vadītājam ir jānorāda šādi ievades parametri: reģionu skaits, bāzes attīstības līmenis, produktu skaits, produktu sarežģītības līmenis, uzņēmuma sākumkapitāls un uzņēmumam pieejamais kredīts. Tālāk automātiski tiek ģenerēti pārējie scenārija parametri, ņemot vērā katras vērtības definīcijas apgabalu, noklusējuma vērtības un koeficientu, kas tiek izvēlēts pēc nejaušības principa.

Līdzīgi tiek aprēķināti vairāki scenārija parametri. Protams, dažus parametrus nevar aprēķināt pēc šādas formulas, un speciāli tiem tiek veidoti nosacījumi un robežas, kuru ietvaros parametru vērtības var svārstīties.

Pēc visiem rezultātiem izveidotā aģenta programma ir pilnvērtīga un atbilst visām nepieciešamajām prasībām, kaut arī par intelektuālo aģentu to nosaukt nevar, jo, diemžēl, šī darba ietvaros tāda apjoma darbu veikt nav iespējams. Šāda aģenta veidošanas pieeju var piedāvāt *ILMG* spēles autoram ar mērķi ne tikai palīdzēt spēles vadītājam scenāriju veidošanā, bet arī padarīt spēli vairāk intelektuālu un automatizētu, ievadot tajā daudzus aģentus, kas padarītu *ILMG* spēli par pilnvērtīgu intelektuālu mācību sistēmu.

Rezultātā tika ģenerēts scenārijs, kurš tālāk tika interpretēts un aprakstīts literatūras avotā [55]. Faktiski tas paredz, ka uzņēmums var ražot trīs dažādus produktus trijos dažādos pasaules reģionos. Produktiem tiek piešķirti nosaukumi: standarta divritenis, sporta divritenis un kalnu divritenis. Savukārt, reģioni ir Eiropa, Āzija un Austrālija.

Darbības sākumā uzņēmumam pieejamie naudas līdzekļi ir €40 000 000 un īstermiņa ieguldījumi €1 000 000 kā sākuma aktīvi. Uzņēmumam ir viena ražotne Eiropā, kuras vērtība ir €5 000 000 un ražošanas kapacitāte ir 20 000 mašīnstundas mēnesī; uz pašreizējo brīdi tā ir sagatavota viena produkta – Standarta divriteņa – ražošanai. Uzņēmumam ir bankas aizdevums €10 000 000 apmērā (4.11. att.).

**Basic Scenario Properties**

Scenario Name: **Business 24h** File Name: ModifiedScenariob24.ilmg  
 File Length: 17492  
 Latest Modified: 03.10.2007 at 14:04:18

Regions Number: **3** Account Types Number: **3**

Default Name	Assigned Name
Region 1	Europe
Region 2	Asia
Region 3	Australia

Default Name	Assigned Name
Current Account (Debit)	Current Account
Current Account (Credit)	Current Credit
Standard Bank Loan	Standard Bank Loan

**Scenario Description:**

Darbības sākuma uzņēmumam pieejamie naudas līdzekļi ir 140,000,000 un īstermiņa ieguldījumi 11,000,000 kā sākuma aktīvi. Uzņēmumam ir viena ražotne Eiropā, kuras vērtība ir 5,000,000 un ražošanas kapacitāte ir 20 000 mašīnstundas mēnesī. Uzņēmumam ir bankas aizdevums 10,000,000 apmērā. Uzņēmuma akciju kapitāls ir 141,000,000 (sk. 1. tab.). Eiropas tirgū uzņēmums ir nostiprinājis savas pozīcijas un tur tiek ražots viens produkts - Standarta divritenis.

This Scenario has been designed by Jana Bikovska.

Product Types Number: **3** Security Types Number: **2**

Default Name	Assigned Name
Product A	Standard Bike
Product B	Sports Bike
Product C	Mountain Bike

Default Name	Assigned Name
Security 1	Mining Co
Security 2	Construction Ltd

Base Year: **2005**  
 Stock Market Frequency: **1**  
 Lost Sales Factor (%): **50**  
 Balance Type:  Traditional  EU

4.11. att. *ILMG* spēles scenārija pamatparametru veidošanas saskarne.

Piemēram, ir vairāk nekā 70 parametru vērtības, kas raksturo vienu reģionu, bet, ja konkrētajā scenārijā reģionu skaits ir, piemēram, 3, tad tādu parametru būs jau  $70 * 3 = 210$  [56].

Tālāk jādefinē pārējo spēles scenārija parametru vērtības, kas ir sagrupētas vairākās tabulās un ir pieejamas no galvenās saskarnes izvēlnes (4.2. att.).

„Regional Parameters” (Reģionālie parametri) izvēlne piedāvā noteikt katra reģiona parametrus (4.12. att.), kuri atspoguļotu reģiona īpašības, piemēram tādas kā korporācijas vienības projektēšanas izmaksas un laiks, kapacitātes palielināšanas fiksētas un mainīgās izmaksas, noliktavas izveidošanas izmaksas un laiks, izejmateriālu pamata cenas, utt. Visiem parametriem sākotnēji tiek noteikta vērtība pēc noklusējuma, kuru scenārija izstrādes gaitā ir nepieciešams nomainīt.

Regional Parameters				
Item	Default	Region 1 Europe	Region 2 Asia	Region 3 Australia
Unit Projecting Cost (€1,000)	2000	2500	1800	2000
Construction Time (Days)	45	30	55	35
Unit Abolishment Cost (€1,000)	300	300	200	300
Abolishment Time (Days)	30	30	30	30
Nom Capac Expansion per Inv (Monthly Mach Hrs/€1,000,000)	3200	2800	5000	3000
Capacity Expansion Fixed Cost (€1,000)	100	200	80	100
Capacity Expansion Lead Time (Days)	20	15	25	20
Warehouse Capac Expansion per Investm (Units/€1,000,000)	1000	1000	800	1000
Warehouse Capacity Expansion Fixed Cost (€1,000)	50	70	50	60
Warehouse Capacity Expansion Lead Time (Days)	30	15	30	20
Buildings Depreciation (% per Quarter)	1	1	1	1
Warehouse Depreciation (% per Quarter)	2	2	2	2
Regional Administration Cost (€1,000 per Annum)	100	120	60	100
Basic Wage Level (€1,000 per Annum)	30	40	15	30
Basic Material Price (€1,000/Ton)	20	30	10	20
Material Price Drift (Per Annum)	0,03	0,03	0,03	0,03
Material Price Volatility	2,00	2,00	2,00	2,00
Material Purchase Fixed Cost (€)	150	170	100	150
Material Delivery Time (Days)	12	12	15	13
Vendor Credit (Days)	60	60	30	50

4.12. att. Reģionālie parametri.

„Plant Move Parameters” – parametri, kuri raksturo korporācijas vienības pārvietošanas izmaksas no viena reģiona uz citu (4.13. att.).

Plant Move Parameters										
		Region 1 Europe			Region 2 Asia			Region 3 Australia		
From	To	Time (Days)	Fixed Cost (€1,000)	Variable Cost (%)	Time (Days)	Fixed Cost (€1,000)	Variable Cost (%)	Time (Days)	Fixed Cost (€1,000)	Variable Cost (%)
Default (from any region)		40	1000	5	40	1000	5	40	1000	5
Region 1	Europe	40	1000	5	40	1000	5	40	1000	5
Region 2	Asia	40	1000	5	40	1000	5	40	1000	5
Region 3	Australia	40	1000	5	40	1000	5	40	1000	5

4.13. att. Korporācijas vienību pārvietošanas parametri.

„Region-Related Production Parameters” (no reģiona atkarīgi ražošanas parametri) parametri atbild par ražošanas parametriem, piemēram, atļauto virsstundu apjomu, glabāšanas izdevumiem utt. (4.14. att.).

Region-Related Production Parameters											
	Region	Productivity Parameters					Physical Holding Cost (% per Annum)		Regional Unit Administration Cost (£1,000 per Annum)	Overtime Limit %	Over Surc %
		Decay Factor (% per Quarter)	Parameter 1	Parameter 2	Parameter 3	Delay (Days)	Inventory	Materials Stock			
Default		1	200	0.02	0.04	3	10	5	100	40	
Region 1	Europe	1	200	0.02	0.04	3	10	5	100	20	
Region 2	Asia	1	200	0.02	0.04	3	7	4	85	40	
Region 3	Australia	1	200	0.02	0.04	3	9	5	95	20	

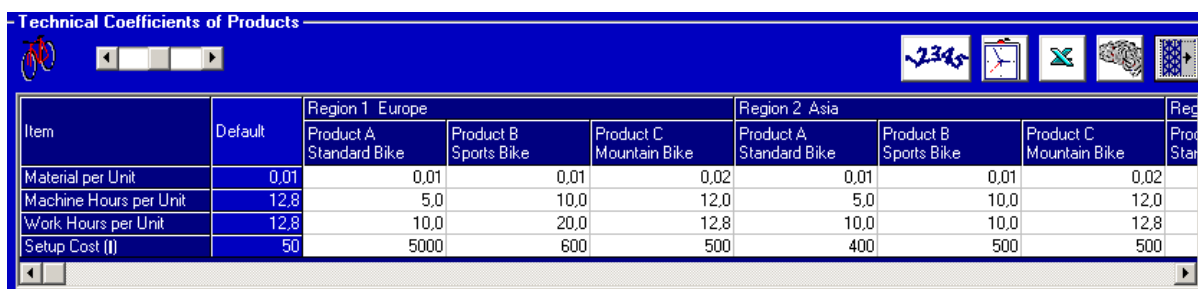
4.14. att. Regionālie ražošanas parametri.

Tālāk seko parametru virkne, kas attiecas uz dažādu pārskatu iegādes izmaksām (4.15. att.). Kompānijām ir iespēja iegādāties dažādu informāciju par viņu konkurentiem, un parametri regulē izmaksas, kas ar to ir saistīti. Konkurentu lēmumu un sniegumu analīze palīdz pieņemt kompānijām pieņem lēmumus.

Additional Survey Parameters				
Item			Default	Current
Products, Markets & Plants	Charge (£1,000)	Products	20	10
		Markets	30	20
		Units	40	30
	Delay (Days)	Products	10	5
		Markets	15	7
		Units	20	10
Production and Warehouse Capacity	Charge (£1,000)	3 Months	20	10
		6 Months	30	20
		1 Year	40	30
	Delay (Days)	3 Months	10	5
		6 Months	15	7
		1 Year	20	10
Production and Warehouse Capacity Utilisation	Charge (£1,000)	3 Months	20	10
		6 Months	30	20
		1 Year	40	30
	Delay (Days)	3 Months	10	5
		6 Months	15	7
		1 Year	20	10
Production Improvements	Charge (£1,000)	3 Months	20	10
		6 Months	30	20
		1 Year	40	30
	Delay (Days)	3 Months	10	5
		6 Months	15	7
		1 Year	20	10
Production Capacity Investments	Charge (£1,000)	3 Months	20	10
		6 Months	30	20
		1 Year	40	30
	Delay (Days)	3 Months	10	5
		6 Months	15	7
		1 Year	20	10
Warehouse Investments	Charge (£1,000)	3 Months	20	10
		6 Months	30	20
		1 Year	40	30
	Delay (Days)	3 Months	10	5
		6 Months	15	7
		1 Year	20	10
Forecast Variation			20	10

4.15. att. Pārskatu parametri.

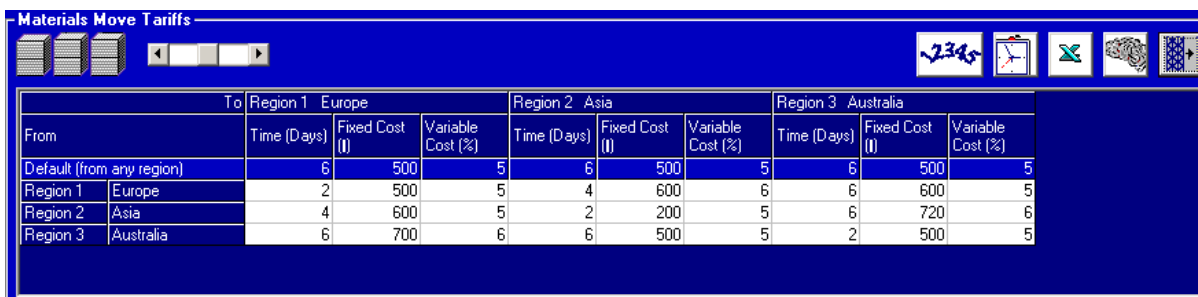
“*Technical Coefficients of Products*” (produkta tehniskie koeficienti) – parametri, kuri raksturo produktu un to ražošanas īpašības (4.16. att.). Proti prasības pēc izejmateriāliem, mašīnstundām, cilvēkstundām un uzstādīšanas izmaksas.



Item	Default	Region 1 Europe			Region 2 Asia			Reg Star
		Product A Standard Bike	Product B Sports Bike	Product C Mountain Bike	Product A Standard Bike	Product B Sports Bike	Product C Mountain Bike	
Material per Unit	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	
Machine Hours per Unit	12,8	5,0	10,0	12,0	5,0	10,0	12,0	
Work Hours per Unit	12,8	10,0	20,0	12,8	10,0	10,0	12,8	
Setup Cost (I)	50	5000	600	500	400	500	500	

4.16.att. Produktu tehniskie koeficienti.

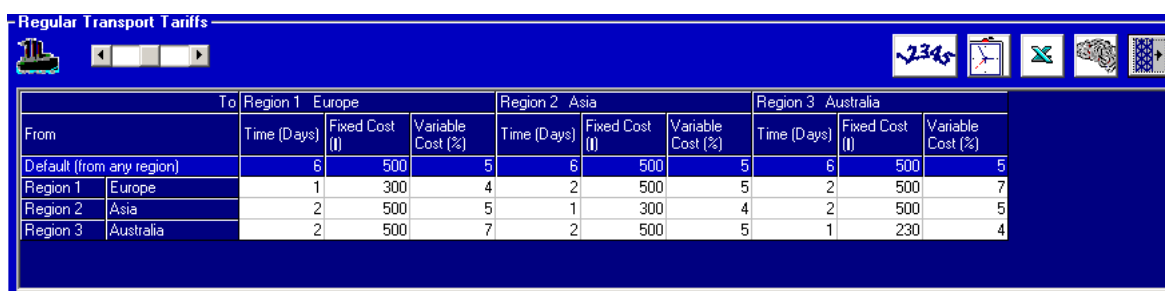
„*Materials Move Tariffs*” – materiālu transportēšanas tarifi no viena reģiona uz citiem un transportēšanas laiks (4.17. att). Ir nepieciešams definēt fiksētas un mainīgas pasūtījuma izmaksas.



From	To	Region 1 Europe			Region 2 Asia			Region 3 Australia		
		Time (Days)	Fixed Cost (I)	Variable Cost (%)	Time (Days)	Fixed Cost (I)	Variable Cost (%)	Time (Days)	Fixed Cost (I)	Variable Cost (%)
Default (from any region)		6	500	5	6	500	5	6	500	5
Region 1	Europe	2	500	5	4	600	6	6	600	5
Region 2	Asia	4	600	5	2	200	5	6	720	6
Region 3	Australia	6	700	6	6	500	5	2	500	5

4.17. att. Materiālu transportēšanas tarifi.

„*Regular Transport Tariffs*”, „*Express Transport Tariffs*” – transporta tarifi pārvietojot gatavu produkciju starp reģioniem, izmantojot gan parasto, gan eksprestransportu (4.18. att. un 4.19. att.). Būtībā viens transportēšanas veids ir lētāks un lēnāks, toties otrs ir dārgāks, bet ātrāks.



From	To	Region 1 Europe			Region 2 Asia			Region 3 Australia		
		Time (Days)	Fixed Cost (I)	Variable Cost (%)	Time (Days)	Fixed Cost (I)	Variable Cost (%)	Time (Days)	Fixed Cost (I)	Variable Cost (%)
Default (from any region)		6	500	5	6	500	5	6	500	5
Region 1	Europe	1	300	4	2	500	5	2	500	7
Region 2	Asia	2	500	5	1	300	4	2	500	5
Region 3	Australia	2	500	7	2	500	5	1	230	4

4.18. att. Regulārie produktu transportēšanas tarifi.

Transportlīdzekļu ietilpība nav ierobežota, līdz ar to nav noteiks vienas transportējamas produkcijas partijas maksimālais apjoms.

Express Transport Tariffs										
To		Region 1 Europe			Region 2 Asia			Region 3 Australia		
From	Time (Days)	Fixed Cost (€)	Variable Cost (%)	Time (Days)	Fixed Cost (€)	Variable Cost (%)	Time (Days)	Fixed Cost (€)	Variable Cost (%)	
Default (from any region)	2	500	15	2	500	15	2	500	15	
Region 1 Europe	1	600	15	1	600	15	1	1000	15	
Region 2 Asia	1	600	15	1	600	15	1	600	15	
Region 3 Australia	1	1000	15	1	700	15	1	600	15	

4.19. att. Produktu transportēšanas eksprestarifi.

Tirgus parametri (*Market Related Parameters*) raksturo tirgu atkarībā no reģiona (4.20.att.), kā arī atspoguļo katra produkta uzvedību konkrētajā tirgū, piemēram, specificējot, kāda ir pieprasījuma atkarība no cenas, reklāmas izdevumiem utt.

Market-Related Parameters												
Region		Market Introduction Time (Days)	Market Introduction Fee (€1,000)	Price Effect Parameters								
				Multiplier			Elasticity			Delay (Days)		
				Standard Bike	Sports Bike	Mountain Bike	Standard Bike	Sports Bike	Mountain Bike	Standard Bike	Sports Bike	Mountain Bike
Default		15	200	3000	3000	3000	-2	-2	-2	4	4	4
Region 1	Europe	15	200	3700	2700	3000	-1	-1	-2	4	4	4
Region 2	Asia	15	200	3000	2530	1000	-1	-1	-1	4	4	4
Region 3	Australia	15	200	3320	2680	2530	-1	-1	-1	4	4	4

4.20. att. Tirgus parametri.

Attīstības parametri (*Development Parameters*) raksturo produktu īpašības (4.21. att.), piemēram nosaka pieprasījuma raksturu, ražošanā ieviešanas cenu un laiku, izpētes un attīstības, ka arī reklāmas izdevumu ietekmi uz pasījumu, utt.

Development Parameters													
Product		Product Adoption Time (Days)	Product Adoption Fee (€1,000)	Research & Development Parameters						Demand Process	Research and		
				Smoothing Coefficient	Parameter 1	Parameter 2	Decay Rate (% per Quarter)	Delay (Days)	Stochastic Variation Around Norm (%)		Charge (€1,000)	One Month	Three Months
Default		30	500	0,7	0,30	500000	2	3	20	20	30		
Product A	Standard Bike	30	500	0,7	0,30	500000	2	3	20	20	30		
Product B	Sports Bike	30	500	0,7	0,30	500000	2	3	20	20	30		
Product C	Mountain Bike	30	500	0,7	0,30	500000	2	3	10	20	30		

4.21. att. Produktu attīstības parametri.

Uzņēmuma finanses „*Financial Parameters*” tiek raksturotas ar tādu parametru virkni ka (4.22. att.): bāzes likme, nodokļu likme, standarta aizdevuma periods, konta pārtēriņa faktors, utt.

Financial Parameters			Default	Current
Item				
Prime Rate %			6,00	6,00
Current Account (Debit) Factor			0,10	0,10
Bank Loan Rate Factor			1,75	2,00
Standard Loan Period (Years)			5	5
St Loan Repaym Freq (Quart=0, Ann=1, Month=2)			0	0
Overdraft Factor (On Limit)			0,20	0,20
Unauthorised Overdraft Penalty Factor			2,0	2,0
Tax Rate %			30	30
Deferred Taxation Percentage			45	45
Courtage %			0,5	0,5
Prime Rate Forecast	Charge (€1,000)	Three Months	20	20
		One Year	30	30
		Five Years	40	40
	Delay (Days)	Three Months	10	10
		One Year	15	15
		Five Years	20	20
Forecast Variation %		20	20	
Security 1 Mining Co	Basic Price		100	100
	Drift (Per Annum)		0,02	0,02
	Volatility		1,50	1,50
Security 2 Construction Ltd	Basic Price		100	100
	Drift (Per Annum)		0,02	0,02
	Volatility		1,50	1,50

4.22. att. Finanšu parametri.

Likvīdu līdzekļu pārvaldību nosaka parametru kopa (4.23. att.): korporācijas vienības un noliktavas realizācijas vērtība procentos, gatavās produkcijas un izejmateriālu krājumu realizācijas vērtība procentos, utt.

Liquidity Management Parameters		
Item	Default	Current
Units %	50	50
Warehouses %	70	70
Units under Construction %	0	0
Material Orders %	40	40
Materials-in-Transit %	40	40
Stock %	80	80
Trade Creditors %	10	10
Inventory %	60	60
Goods-in-Transit %	70	70
Securities %	90	90
Fixed Cost Asset Sales (€1,000)	100	100
Variable Cost Asset Sales %	5	5
Fixed Cost New Stock Issue (€1,000)	200	200
Variable Cost New Stock Issue %	2	2

4.23. att. Likvīdu līdzekļu pārvaldības parametri.

Bankas procentu pamatlikme, katra reģiona biznesa cikla indeksa vērtības, produktivitāte un strādnieku algu līmenis definē spēles scenārija dinamiku un biznesa vides attīstības tendences (4.24. att.). Svarīgi definēt šo parametru izmaiņas laika gaitā un paredzēt šo izmaiņu dinamiku.

Event No	Company Date	Prime Rate	Region 1 Europe			Region 2 Asia		
			Business Cycle Index	Regional Productivity	Regional Wage Level	Business Cycle Index	Regional Productivity	Regional Wage Level
Default	01.01.2006	6,00	100	100	40	100	100	
1	01.01.2006	6,02	120	100	40	70	70	
2	06.01.2006	6,03	120	100	40	70	70	
3	11.01.2006	6,04	120	100	40	70	70	
4	22.01.2006	6,05	120	101	40	71	71	
5	28.01.2006	6,06	119	101	41	71	71	
6	03.02.2006	6,07	119	101	41	71	71	
7	08.02.2006	6,08	119	101	41	71	71	
8	13.02.2006	6,09	119	101	41	71	71	
9	25.02.2006	6,10	118	101	41	71	71	
10	02.03.2006	6,11	118	102	41	71	72	
11	07.03.2006	6,12	118	102	41	71	72	
12	13.03.2006	6,12	117	102	41	71	72	

Click Cell in Column and hold Right Mouse Button down to view Graphical Development

4.24. att. Parametri, kas nosaka biznesa vides attīstības dinamiku.

Tālāk tiek definēti parametri, kas raksturo korporācijas, proti, spēles sākumā pieejamos aktīvus (korporatīvās vienības, izejmateriālu un gatavās produkcijas krājumus, skaidras naudas atlikumu bankas kontā, piešķirto kredītu apjomu u.c.).

Nākamajā solī ģenerētais scenārijs ir jāpārbauda un, ja tas atbilst izvirzītajiem kritērijiem, tikai tad to var piedāvāt reāliem spēlētājiem mācību nolūkos.

### **ILMG spēles scenāriju simulācija ar virtuālo spēlētāju**

Pēc scenārija ģenerēšanas, pirms tas tiek spēlēts ar reāliem spēlētājiem, tas tiek pārbaudīts ar aģentu – virtuālo spēlētāju, kas ir integrēts spēles vidē (4.4. att.). Galvenais uzdevums ir pārbaudīt, vai ģenerētais scenārijs atbilst izvirzītajiem kritērijiem: tas atbilst mācību mērķim un spēles rezultāts var būt sasniegts vairākkārt. Lai to paveiktu, ir vairākkārt jāizspēlē spēle ar virtuālo aģentu, vai arī vienlaicīgi var palaist vairākus virtuālos spēlētājus, kas var krietni samazināt eksperimentēšanas laiku.

Vēl viens būtisks aspekts, ko jāņem vērā, pārbaudot scenāriju, ir spēles laiks. Tā kā spēles gaitā tiek pieņemti gan stratēģiskā, gan taktiskā, gan operatīva līmeņa lēmumi, kuru sekas ir redzamas ilgākā vai īsākā laika posmā, tad ir pieņemts, ka spēles laiks nevar būt īsāks, par laika posmu, kas atbilst diviem reālās dzīves gadiem.



Būtībā virtuālais aģents veic visas darbības, un pieņem lēmumus līdzīgi, kā to dara reālie spēlētāji, proti, lemj par uzņēmuma stratēģiskajiem, taktiskajiem un operatīvajiem lēmumiem (4.1. tab.) kā to paredz spēles lietotāja saskarne. Pēc savas būtības virtuālais spēlētājs ir reaktīvais aģents, kurš darbojas saskaņā ar iepriekš definētajiem algoritmiem, reaģējot uz apkārtējās vides izmaiņām.

Piemēram, zemāk (4.25. att.) ir redzams, ka iepriekš ģenerēto scenāriju testē četri virtuālie spēlētāji *Dummy1*, *Dummy2*, *Dummy3* un *Dummy4*, un to sasniegumus spēles gaitā var novērot spēles vadītājs caur *Game Control Centre*. Šeit ir ērtāk redzēt katra atsevišķā aģenta rezultātus, gan salīdzināt aģentus savā starpā.

*Game Control Centre* galvenajā logā var sekot līdzi spēles pulkstenim, pieslēgšanas statusam un internet savienojuma stabilitātei, salīdzināt kompāniju sniegumu pēc tāda rādītāja, ka kopējā peļņa. Šeit ir iespēja arī veikt izmaiņas spēles grafikplānā, koriģēt scenārija parametrus un komunicēt ar spēles dalībniekiem, sūtot ziņas.

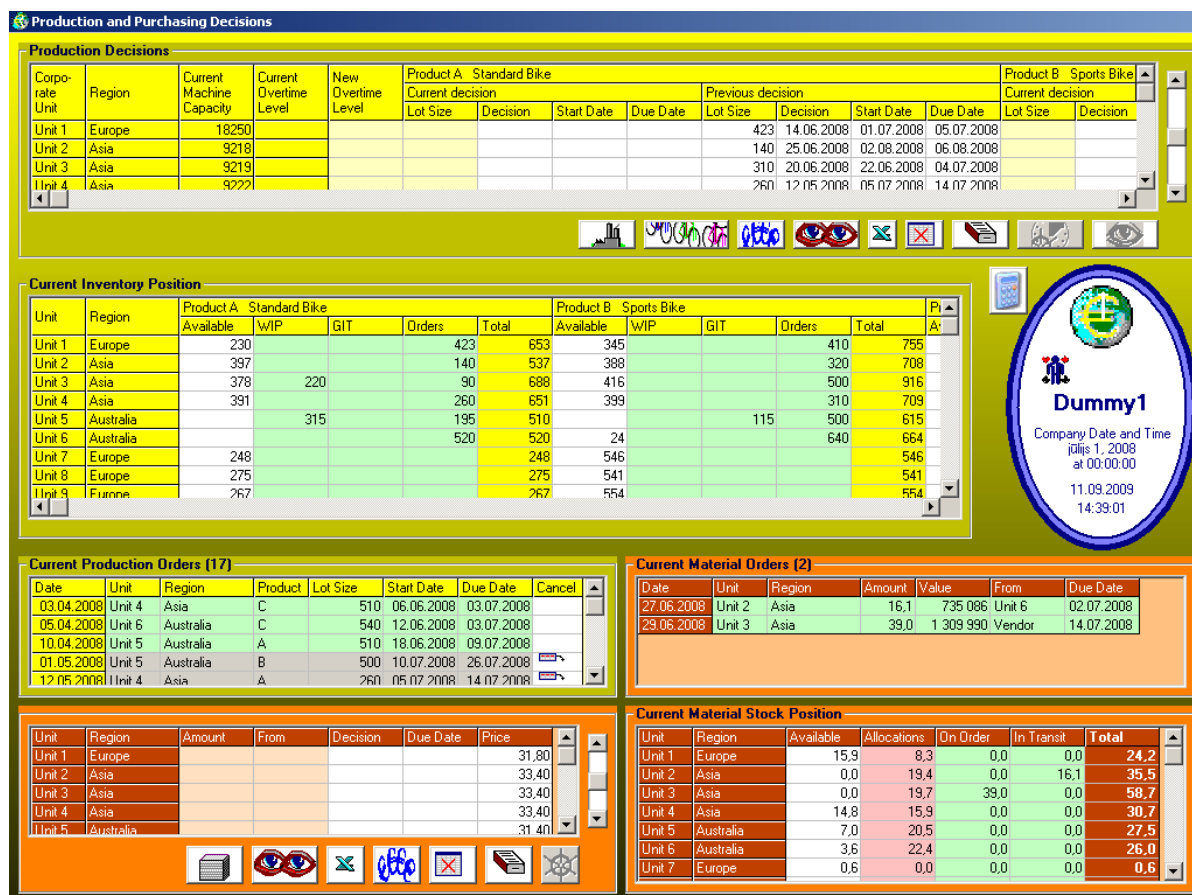


Pending Applications	Corporation	Login Status			Most Recent Decisions							Total Profits Including Dividends
		Main	Satellites	Communication	Strategic	Marketing	Production/Purchasing	Transport	Investments	Financial	Market Surveys	
	Dummy1	🟢	🟢	📶	25.01.2006 00:43:12	02.12.2007 18:57:36	29.12.2007 18:52:48	29.12.2007 18:52:48	22.03.2006 23:45:36	25.03.2006 01:36:00		91 922 468
	Dummy2	🟢	🟢	📶	24.01.2006 17:36:00	02.12.2007 18:57:36	29.12.2007 18:52:48	27.12.2007 08:38:24	06.03.2006 01:55:12	10.04.2006 07:12:00		89 796 014
	Dummy3	🟢	🟢	📶	27.02.2006 06:09:36	02.12.2007 18:57:36	29.12.2007 18:52:48	29.12.2007 18:52:48	19.04.2006 00:00:00	04.05.2006 14:24:00		88 818 508
	Dummy4	🟢	🟢	📶	12.03.2006 14:33:36	02.12.2007 18:57:36	29.12.2007 18:52:48	29.12.2007 18:52:48	09.05.2006 09:36:00	02.06.2006 09:36:00		86 528 769

4.25. att. *ILMG* spēles scenārija simulācija ar diviem virtuālajiem aģentiem.

Ja ir nepieciešams dziļāk izpētīt lēmumus, ko virtuālie spēlētāji ir pieņēmuši spēles gaitā, ir jāpievēršas *ILMG* programnodrošinājuma klienta daļai, kur var atrast ierakstus par visām veiktajām darbībām. Piemēram, ja ir nepieciešams novērtēt ražošanas un izejvielu pasūtījumu lēmumu efektivitāti, var aplūkot attiecīgās saskarnes tabulas (4.26. att.), un redzēt pieņemto

lēmumu hronoloģiju. Ja spēles laiks ir palaists, var tiešsaistē vērot visus lēmumus, ko pieņem virtuālie spēlētāji.



4.26. att. Virtuālā aģenta ražošanas un izejmateriālu sagādes lēmumi.

Šajā gadījumā spēles mērķis ir efektīva korporācijas vadība starptautiska tirgus ietvaros, ar iespējām attīstīt līdz 3 dažādu produktu ražošanu un tirdzniecību trijos pasaules reģionos. Korporācijas darbības efektivitāte tiks izvērtēta, izspēlējot laika posmu, kas atbilst diviem reālās dzīves gadiem.

Ģenerētā scenārija novērtēšanai nepieciešams izvēlēties rādītāju vai rādītājus, kas raksturo katras korporācijas darbību. Tiek piedāvāts izvēlēties šādus izpildes rādītājus ģenerētā scenārija novērtējumam:

- kopējo peļņu (*Total Profit*),
- servisa līmeni (*Customers' fill rate*);
- likviditātes rādītāju (*Liquidity Ratio*).

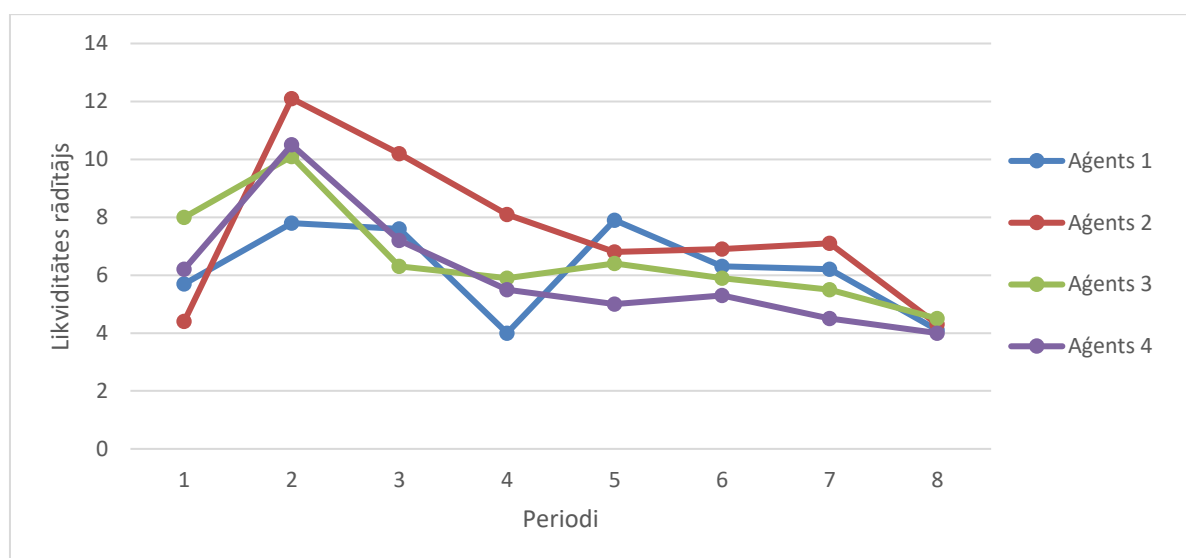
Lai scenāriju atzītu par derīgu jādefinē šo rādītāju mērķa vērtības, proti kopējai peļņai ir jābūt virs 0, servisa līmenim jāsasniedz vismaz 60 %, un likviditātes rādītāja vērtībai jābūt lielākai par 1.

Kā ir redzams 4.2. tabulā, visi aģenti sasniedza nosprausto mērķi, proti guva peļu nospēlējot 8 periodus, un spēja nodrošināt servisa līmeni, kas ir augstāks par 60 %.

## Aģentu rezultāti

	Aģents 1	Aģents 2	Aģents 3	Aģents 4
<b>Kopējā peļņa (EUR)</b>	91,922,468	89,796,014	88,818,508	86,528,769
<b>Servisa līmenis (%)</b>	74	65	63	69

Likviditātes rādītāja vērtība spēles beigās visiem aģentiem arī ir virs 1 (4.27. att.). Attēlā var novērot, ka rādītāja vērtība svārstās spēles gaitā un līknes nesakrīt, kas liecina par to, ka spēles gaitā pieņemtie lēmumu nebija identiski, tad faktiski varam secināt, ka aģentu uzvedība ir neatkarīga.



4.27. att. Aģentu likviditātes rādītāja vērtības.

Tātad, ka redzams 4.25. att., 4.2. tabulā un 4.27. att., visi virtuālie spēlētāji sasniedza izvirzītus mērķus nospēlējot 8 periodus, līdz ar to var uzskatīt, ka mācību mērķis ir sasniegts un scenāriju var piedāvāt reāliem spēlētājiem. Šeit jāpiebilst, ka ja nospēlētu periodu skaits būtu savādāks, tad arī varētu sagaidīt citādu rezultātu, piemēram, 4.27. att. ir redzams, ka sākot aptuveni ar 5. periodu, likviditātes rādītājs vērtība lēni samazinās un visiem aģentiem noslīd aptuveni līdz vērtībai 4, līdz ar to var prognozēt, ka tālāk tā kritīs vēl vairāk un pēc dažiem periodiem sasniegs robežvērtību 1, kas jau neļaus kvalificēt izstrādātu scenāriju, ka atbilstošu mērķim. Tas nozīmē, ka scenārija simulācijas laikam jābūt vienādam ar laiku, ko spēli spēlēs reāli spēlētāji.

Gadījumā ja scenārija simulācijas laikā tiek konstatēts, ka visiem spēlētājā aģentiem kopējā peļņa ir negatīva, servisa līmenis ir zem 60 % un likviditātes rādītājs ir mazāks par 1 varēs secināt, ka scenārijs neatbilst mācību mērķim un to vajag labot. Situācija, kad dažiem virtuālajiem spēlētājiem izpildes rādītāji atbilst mērķim, bet dažiem ne praktiski ir izslēgta, jo visi aģenti saņem līdzīgu informāciju par spēles virtuālo biznesa vidi un arī to reakcija uz vides izmaiņām ir ļoti līdzīga.

## **ILMG spēles scenāriju simulācija ar reāliem spēlētājiem**

Scenārija izstrāde tiek pabeigta ar gadījuma izpētes apraksta izveidošanu, kas raksturo spēles sākuma nosacījumus un virtuālo biznesa vidi, kurā dalībnieki pieņems savus lēmumus (3. pielikums). Šis scenārija apraksts ir pieejams spēles dalībniekiem vēl pirms spēles sākuma, tas ļauj izvērtēt situāciju un sākt domāt par kopējo korporācijas stratēģiju.

Kā jau tika minēts iepriekš, spēlē piedalās vairākas korporācijas, kuras pārstāv dalībnieku komandas (3-4 dalībnieki). Katras komandas ietvaros dalībnieki var sadalīt lomas, piemēram, finanšu departamenta vadītājs, izejvielas sagādes un ražošanas departamenta vadītāja, tirgzinības departamenta vadītājs, investīciju departamenta vadītājs, transporta departamenta vadītājs. Vienam spēlētājam ir atļauts uzņemt vairākas lomas vienlaicīgi. Spēles laiks ir nepārtraukts, bet, līdzīgi kā reālajā dzīvē, ir pieejams kalendārs, un par atskaites posmiem tiek nozīmēti ceturkšņi, kurus arī sauc par periodiem.

Spēles grafikplāna piemērs ir parādīts 4.3. tabulā, kas paredz ilgākas perioda izspēles spēles sākumposmā un tempa paātrināšanu uz spēles beigām. Šajā piemērā ir piedāvāts izspēlēt astoņus periodus, kas atbilst reālās dzīve diviem gadiem, jo tas ļauj redzēt gan stratēģisko, gan taktisko, gan operatīvo lēmumu sekas, kas ir svarīgi uzņēmuma vadīšana būtības izpratnei.

4.3. tabula

*ILMG spēles grafikplāna piemērs*

<b>Periods</b>	<b>Ilgums (min)</b>
1	40
2	40
3	30
4	30
<i>Pārtraukums</i>	
5	20
6	20
7	20
8	20

Pārtraukuma ilgums ir atkarīgs no izvēlēta spēles formāts: intensīvais kurss vai regulārās nodarbības. Pirmajā gadījumā var rekomendēt pārtraukumam vienu vai pusotru stundu, bet otrajā gadījumā spēles laiks tiks apstādināts līdz nākamajai nodarbībai. Jāpiebilst, ka redzot korporāciju sniegumu konkrētajā laika sprīdi, var pieņemt lēmumu mainīt spēles grafikplānu sākot ar nākamo periodu, tai skaitā palielināt spēles periodu skaitu.

Pirms spēles sākuma parasti ir ievada daļa, kurā ir aptverti jautājumi par spēles mērķi, scenārija īpatnībām, pieņemamajiem lēmumiem un rezultātu novērtējumu. Spēles praktiskās lietošanas pieredze ir apkopota [57] literatūras avotā.

Spēles dalībniekiem ir nemitīgi jāanalizē spēles situācija un jāpieņem lēmumi, lai viņu vadītā korporācija gūtu pēc iespējas labākus rezultātus, piemēram, lielāku peļņu. Pārtraukumā

spēles laiks tiek apturēts, un spēles dalībniekiem ir iespēja veikt spēles starprezultātu analīzi un izlemt par nākamajiem soļiem. Pēc spēles beigām notiek rezultātu apspriešana. Spēles rezultātu piemērs ir redzams 4.28. att.

The screenshot shows the ILMG interface with a scoreboard at the top indicating a 3:1 ratio. Below the scoreboard is a table with the following data:

Pending Applications	Corporation	Login Status		Communication	Most Recent Decisions						Total Profits including Dividends	
		Main	Satellite		Strategic	Marketing	Production/Purchasing	Transport	Investments	Financial		Market Surveys
Lightbulb	RUT	Green	Green	Lightbulb	03.04.2007 12:00:00	18.11.2007 05:31:12	25.12.2007 22:40:00	15.12.2007 22:25:36	22.12.2007 14:35:12		04.11.2007 11:29:36	29 166 696
Lightbulb	JAM	Green	Green	Lightbulb	17.01.2007 17:05:36	21.10.2007 17:28:00	18.12.2007 11:05:36	13.12.2007 12:11:12	05.07.2007 15:37:36		23.08.2007 16:33:36	34 346 333
Lightbulb	RAH	Green	Green	Lightbulb	25.11.2007 07:23:12	29.12.2007 21:18:24	17.12.2007 03:32:48	24.12.2007 19:58:24	27.08.2007 15:12:00			17 658 366
Lightbulb	solacins	Green	Green	Lightbulb	04.03.2007 19:04:00	22.12.2007 17:00:48	29.12.2007 06:44:48	02.12.2007 01:58:24	22.11.2007 06:35:12		25.07.2006 06:24:00	43 983 645
Lightbulb	4P	Green	Green	Lightbulb	24.08.2007 04:41:36	30.12.2007 02:09:36	06.12.2007 07:53:36	12.12.2007 21:37:36	01.11.2007 03:24:48			2 592 858
Lightbulb	Mambas Naba-2	Green	Green	Lightbulb	04.10.2007 20:12:48	29.11.2007 06:01:36	30.12.2007 02:09:36		22.12.2007 14:35:12		17.12.2007 03:32:48	33 379 166
Lightbulb	Pacel Ziepes Corporation Ltd	Green	Green	Lightbulb	04.02.2007 19:24:48	05.12.2007 10:03:12	30.12.2007 04:35:12	26.12.2007 09:22:24	16.11.2007 09:50:24		31.07.2006 02:32:24	9 928 191
Lightbulb	Krese, Straulmane un Barga	Green	Green	Lightbulb	22.12.2007 02:27:12	01.01.2008 00:00:00	29.12.2007 14:01:36	10.12.2007 09:57:36	14.07.2007 18:01:36			12 833 139

4.28. att. ILMG spēles rezultāti ar reālajiem spēlētājiem.

Šajā spēles sesijā piedalījās 8 komandas un 7 no tām kopējā peļņa ir pozitīva, kas nozīmē, ka mērķis ir sasniegts. Kopā bija nospēlēti 8 periodi, kas atbilst reālās dzīves diviem gadiem, kas ļauj redzēt gan stratēģisko, gan taktisko gan operatīvo lēmumu sekas. Tā kā korporācijas izvēlējās dažādas attīstības stratēģijas, peļņas līmenis ir dažāds: sākot ar aptuveni 10 000 EUR līdz 34 0000 EUR. Vienai komandai gūt peļņu tā arī neizdevās, līdz ar to šai komandai var rekomendēt atkārtot mācības pēc dziļākas rezultātu analīzes.

Tātad var apgalvot, ka izveidotais scenārijs kopumā ļauj sasniegt mērķi, taču lielā mērā konkrētais rezultāts ir atkarīgs no individuāliem komandas lēmumiem.

### 4.3. Secinājumi

Darba ceturtajā nodaļā ir aprakstīta izstrādātās integrētās scenāriju pieejas praktiskā lietošana ILMG spēlē. Tajā skaitā ir 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 kāda noteikta kursa ietvaros.

Ceturtajā nodaļā veiktie pētījumi un eksperimenti ļauj secināt ka:

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.

## 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 mācību 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, pasniedzēja 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. Zayapragassarazan Z, Kumar S. (2012). Active Learning Methods. *NTTC Bulletin (ISSN 2250-396X)*; 19(1):3-5. Pieejams tiešsaistē: [files.eric.ed.gov/fulltext/ED538497.pdf](http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED538497.pdf) (01.02.2021).
2. Prince M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231. Pieejams tiešsaistē: [onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x) (01.02.2021).
3. 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.
4. Freitas, Sara. (2006). Using Games and Simulations for Supporting Learning. *Learning, Media and Technology*. 31, pp. 343-358. doi: 10.1080/17439880601021967.
5. 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.
6. Zapalska, A., Brozik, D., & Rudd, D. (2012). Development of Active Learning with Simulations and Games. *US-China education review*, 2, 164-169. Pieejams tiešsaistē: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED532179.pdf> (01.02.2021).
7. Merkuryeva G. 2000. *Computer Simulation in Industrial management Games*. Rio, Greece : s.n., 12-14 July 2000. pp. 71-75. IFAC Symposium.
8. Muller (-Malek) H., Vanmaele H., Novitsky L., Merkuryev Y., Merkuryeva 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.
9. 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. Rezeknes Universitāte, 2002. pp. 231 – 237.
10. 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.
11. Greco, Marco & Baldissin, Nicola & Nonino, Fabio. (2013). An Exploratory Taxonomy of Business Games. *SIMULATION & GAMING*. 44. -. 10.1177/1046878113501464. Pieejams tiešsaistē: [www.researchgate.net/publication/255709364\\_An\\_Exploratory\\_Taxonomy\\_of\\_Business\\_Games](http://www.researchgate.net/publication/255709364_An_Exploratory_Taxonomy_of_Business_Games) [Skatīts: 01.02.2021].

12. 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.
13. 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.
14. Van Houten S. A., Jacobs P. 2004. An Architecture for Distributed Simulation Game. *Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference*. 2004. gada, lpp. 2081-2086.
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.
16. Kindley, R. W. (2002). Scenario-based e-learning: a step beyond traditional e-learning. *ASTD Magazine*. Retrieved from <http://www.astd.org/>
17. Kononov D.A, Kulba V.V., Kovalevsky S.S., Kosjachenko S.A., *Development of scenario spaces and the analysis of dynamics of behaviour of social and economic system*. Preprint, Moscow, 1999. *In Russian*.
18. Muhammad Amer, Tugrul U. Daim, Antonie Jetter. A review of scenario planning. *Futures*, Volume 46, 2013, Pages 23-40.
19. Шульц В.Л., Кульба В.В., Кононов Д.А., Косяченко С.А., Шелков А.Б., Чернов И.В. Модели и методы анализа и синтеза сценариев развития социально-экономических систем. Москва - "Наука", 2012.
20. Brauner, P., S. Runge, M. Groten, G. Schuh, and M. Ziefle. 2013. Human Factors in Supply Chain Management Decision Making in Complex Logistic Scenarios. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. Vol. 8018 LNCS. doi:10.1007/978-3-642-39226-9\_46.
21. Coppini, M., C. Rossignoli, T. Rossi, and F. Strozzi. 2010. "Bullwhip Effect and Inventory Oscillations Analysis using the Beer Game Model." *International Journal of Production Research* 48 (13): 3943-3956. doi:10.1080/00207540902896204. [www.scopus.com](http://www.scopus.com).
22. De Leeuw, Sander & Schippers, Michaéla & Hoogervorst, S.J. (2015). *The Fresh Connection: Cross-Functional Integration in Supply Chain Management*. *The Handbook of Behavioral Operations Management: Social and Psychological Dynamics in Production and Service Settings*. 10.1093/acprof:oso/9780199357215.003.0017.
23. 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.
24. Rolland C., Achor Ben C., Cauvet C., Ralyte, etc. 1996. *A proposal for scenario classification framework*. URL: <http://cui.unige.ch/~ralyte/publications/REJournal.pdf> [Skatīts: 20.04.2021].

25. 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.
26. Swamidass P.M. (eds), 2000. Deming Cycle (PDCA). In: Encyclopedia of Production and Manufacturing Management. Springer, Boston, MA . [https://doi.org/10.1007/1-4020-0612-8\\_229](https://doi.org/10.1007/1-4020-0612-8_229).
27. Luger G.F., 2005. “Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving”. Addison Wesley.
28. Johansen I. (2018). Scenario modelling with morphological analysis. Technological Forecasting and Social Change, Volume 126, Pages 116-125, (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004016251730656X>) (08.02.2021).
29. Defourny, Boris & Ernst, Damien & Wehenkel, Louis. (2011). Multistage Stochastic Programming: A Scenario Tree Based Approach to Planning under Uncertainty. LE, Sucar, EF, Morales, and J., Hoey (Eds.), Decision Theory Models for Applications in Artificial Intelligence: Concepts and Solutions. Hershey, Pennsylvania, USA: Information Science Publishing. 10.4018/978-1-60960-165-2.ch006.
30. Dupačová, J., Gröwe-Kuska, N. & Römisich, W. Scenario reduction in stochastic programming. Math. Program., Ser. A 95, 493–511 (2003). <https://doi.org/10.1007/s10107-002-0331-0>.
31. Growe-Kuska, N. & Heitsch, H. & Roemisch, Werner. (2003). Scenario reduction and scenario tree construction for power management problem. IEEE Power Tech Conference Proceedings. 3. 7 pp. Vol.3. 10.1109/PTC.2003.1304379.
32. 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 2004.
33. 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 2007.
34. 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)*. 2008. pp. 568-572.
35. 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, 2001. gada. lpp. 93-106.
36. Yilmaz L., Ören T.. 2006. Simulation & Gaming. *Intelligent agents, simulation, and gaming*. September 2006. Vol. 37, 3, pp. 339-349.
37. 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.

38. 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.
39. 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.
40. Merkurjev Y., Hatem J., Merkurjeva G., Bikovska J. Business Simulation Game for Teaching Multi-Echelon Supply Chain Management. *Proceedings of the 11th International Workshop on Harbour Maritime Multimodal Logistics Modelling & Simulation, HMS2008*, Campora S. Giovanni, Italy, September 17-19, 2008. Edited by Agostino Bruzzone, Francesco Longo, Yuri Merkurjev, Giovanni Mirabelli, Miquel Angel Piera, Rende (CS), Italy, 2008, p. 20-28. Book: ISBN: 978-88-903724-2-1.
41. Merkurjev Y., Merkurjeva G., Bikovska J., Hatem J., Desmet B. Business simulation game for teaching multi-echelon supply chain management. *International Journal of Simulation and Process Modelling*. Volume 5, No 4., 2009, p. 289.-299.
42. Merkurjev Y., Merkurjeva 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, Krievija, Sankt-Pēterburga, 29.-30. Maijs, 2011. –pp. 50-54.
43. Merkurjev Y., Merkurjeva 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, 5.-7. May, 2010. – pp. 455-464.
44. Merkurjev Y., Bikovska J., Merkurjeva G. Supply Chain Dynamics: Simulation-based Training and Education // The 13rd International Conference on Harbor, Maritime & Multimodal Logistics Modeling and Simulation, Italy, Rome, September 12-14, 2011. – pp. 221-230.
45. Merkurjev 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.
46. Chopra S., Mendl P., 2015. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation, Pearson.
47. Simchi-Levi, D., Kaminski, P., Simchi-Levi, E, 2003. *Designing & Managing the Supply Chain*. New York, McGraw-Hill.
48. Anderson D., Sweeney D., Williams T., Camm J., Cochran J., Fry M, Ohlmann J., 2018. *An Introduction to Management Science: Quantitative approaches to Decision Making*. Cengage Learning: 14th Edition.
49. Robinson S., 2004. *Simulation: The Practice of Model Development and Use*. Wiley.

50. Bikovska, J. Scenario Development Approach to Management Simulation Games. *Information Technology and Management Science*. Vol.17, 2014, pp.144-149. ISSN 2255-9086. e-ISSN 2255-9094.
51. 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.
52. 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.
53. 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.
54. 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.
55. 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.
56. 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.
57. 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.
58. 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].

## **PIELIKUMI**

## Atzinumi par darba rezultātiem



### Certificate of Significant Academic Contribution

This is to certify that \_\_\_\_\_

Ms Jana Bikovska (Riga Technical University)

has acted as the researcher of Task 6.2 Subtask 6.2.2 developed within the Specific Targeted Research Project ECLIPS (Extended Collaborative integrated Life cycle supply chain Planning System), Proposal No.: NMP-032378. The project was co-funded by the European Commission within the Sixth Framework Programme.

The main outcome of Subtask 6.2.2 titled as "Business game" is the developed business game that is intended to be used by large, small and medium companies, as well as by educational institutions for better understanding of different aspects of supply chain planning and management. Specific scenarios developed by J. Bikovska within her doctoral thesis are applied in the game to help understand the effects of different events and decisions in the multi-echelon supply chain networks.

The research results obtained are presented in the form of deliverable D6.2.3 "Description of developed Business Game including guidelines for running the game" developed in cooperation with Jonas Hatem from MÖBIUS Ltd and under the guidance of Prof. Galina Merkuryeva from Riga Technical University (RTU) in March 2008. The game was practically applied at RTU within the course "Supply Chain Management" for Master students.



Signature \_\_\_\_\_ Date 28.05.08

Prof. Hendrik Vanmaele, General Director  
MÖBIUS Ltd, Responsible contractor of  
ECLIPS project

Signature \_\_\_\_\_ Date 27.05.2008

Bram Desmet, Project Manager  
MÖBIUS Ltd, Responsible contractor of  
ECLIPS project

December 15, 2006

**To whom it may concern**

**Mg.sc.ing. Jana Bikovska**

This letter confirms that Mg.sc.ing. Jana Bikovska from Riga Technical University, Latvia, has been responsible for designing scenarios for the International Logistics Management Game (ILMG), and also preparing, planning and leading laboratory exercises of the Game. From the results of these activities and later research, further developments of the Game have been proposed by Miss Bikovska. These ideas have been presented at several seminars devoted to game application and development issues, and they have also been accepted by the Game Author for practical implementation. Furthermore, Miss Bikovska has played an active role in editing the Participant's Manual of the International Logistics Management Game.

Jana Bikovska has been employed as Teaching Assistant at the Department of Production Economics, Linköping Institute of Technology, during parts of November and December 2004. During this time she has been conducting laboratory exercises for students in the Master's programmes of Electrical Engineering and Transportation and Communication Engineering. Miss Bikovska has been leading and running the International Logistics Management Game for these students. The total number of class contact hours was 24 and total number of students around 70.

Miss Jana Bikovska has shown a great aptitude in carrying out the tasks she has been assigned to and those completed on her own initiative. She has been a valuable teacher, she is easy to co-operate with, and she has a positive and pleasant attitude. It is therefore a pleasure for me to offer her my very warmest recommendations.

Piran in December 2006



Robert W. Grubbström FVR RI  
Professor of Production Economics  
Author of ILMG  
Linköping Institute of Technology, Sweden





# PATEICĪBA

*RTU DITF Modelēšanas  
un imitācijas katedrai*  
nosaukums

## par atbalstu Latvijas biznesa simulācijas spēļu konkursam "Business 24h".

"Business 24h" norisinājās III kārtās no 2007.gada 15. oktobra līdz 7.decembrim aptverot 15 augstskolas un dodot iespēju vairāk kā 100 komandām sacensties labāko biznesa stratēģiju izveidē, gūstot praktiskas iemaņas un teorētiskas zināšanas dažādās uzņēmuma vadības jomās - ražošanas un investīciju plānošanā, mārketingā, finansēs un grāmatvedībā. Fināla dalībnieki ar izcilību ir apguvuši 3 dažādus biznesa kursus:

- ◆ International Logistics Management Game
- ◆ Decision Base
- ◆ Uzņēmuma darbības analīze un plānošana

gūstot iespēju saņemt 2 kredītpunktus savu studiju brīvās izvēles C daļā.

07.12.2007  
Rīga

visi atbalstītāji:

**SEB**  
unibanka

**EKO INVESTORS.**

**Komercizglītības  
centrs**

**Nākotnes  
Izglītības  
Centrs**

**ALLIANCE**  
Tehniskais grupas institūts

**L M T**  
LATVIJAS MOBILIS TELEFONS

**draugiem.lv**

**trve**

**mik**

**TietoEnator**

## ECLIPS spēles aizpildītu transakciju formu piemērs

Mazumtirgotājs Čānis Gailis  
(Vārds, Uzvārds)

Krājumu glabāšanas izmaksas (EUR)	Pasūtīšanas izmaksas (EUR)
1	10

Periods	Krājumi perioda sākumā (gab.)	Gala patērētāja pieprasījums (gab.)	Piegādātais daudzums (gab.)	Krājumi perioda beigās (gab.)	Pasūtāmais daudzums (gab.)
1	44	5	5	39	5
2	39	6	6	33	0
3	36	3	3	30	0
4	30	10	10	25	5
5	25	8	8	17	10
6	17	9	9	8	10
7	7	11	8	5	10
8	5	7	5	10	7
9	10	9	9	11	10
10	11	7	7	14	7
11	14	8	8	13	8
12	13	3	3	20	30
13	20	9	9	18	0
14	18	8	8	18	20
15	18	6	6	12	0
16	12	8	8	4	20
17	4	8	4	20	10
18	20	9	9	11	15
19	11	8	8	11	10
20	11	7	7	14	0

*Handwritten notes:*  
 - Above the table: "kaulini" with arrows pointing to the 'Pieprasījums' and 'Piegādātais daudzums' columns.  
 - Above the table: "pārdotam pakausis + pieg." with arrows pointing to the 'Pieprasījums' and 'Piegādātais daudzums' columns.  
 - Above the table: "K" with an arrow pointing to the 'Krājumi perioda sākumā' column.

Vairumtirgotājs Janis Melders  
(Vārds, Uzvārds)

Krājumu glabāšanas izmaksas (EUR)	Pasūtīšanas izmaksas (EUR)
1	10

Periods	Krājumi perioda sākumā (gab.)	Patērētāja pieprasījums (gab.)	Piegādātais daudzums (gab.)	Krājumi perioda beigās (gab.)	Pasūtamais daudzums (gab.)
1	36	5	<del>5</del> 5	31	5
2	31	0	0	31	0
3	31	0	0	36	0
4	36	5	5	31	7
5	31	10	10	21	7
6	21	10	10	18	12
7	18	10	10	15	12
8	15	7	7	20	7
9	20	10	10	22	0
10	22	7	7	22	7
11	22	8	8	14	0
12	14	0	0	21	0
13	21	0	0	21	7
14	21	20	20	1	15
15	1	0	0	8	0
16	8	20	8	15	20
17	15	10	10	5	15
18	5	15	5	20	0
19	20	10	10	19	0
20	19	0	0	19	0

īcas noliktava

*Modara Augstkalne*

(Vārds, Uzvārds)

Krājumu glabāšanas izmaksas (EUR)	Pasūtīšanas izmaksas (EUR)	Ražošanas izmaksas (EUR/gab.)
1	10	3

Periods	Krājumi perioda sākumā (gab.)	<i>Mazam hrg.</i> Patērētāja pieprasījums (gab.)	<i>Raksts cit. var p.</i> Piegādātais daudzums (gab.)	Krājumi perioda beigās (gab.)	Pasūtāmais daudzums (gab.)
1	28	5	5	23	0
2	23	0	0	23	0
3	23	0	0	23	0
4	23	7	7	16	15
5	16	7	7	24	0
6	24	12	12	12	20
7	12	12	12	20	0
8	20	7	7	13	15
9	13	0	0	28	0
10	28	7	7	21	0
11	21	6	0	21	0
12	21	0	0	21	10
13	21	4	4	24	0
14	24	15	15	9	20
15	9	0	0	29	0
16	29	20	20	9	20
17	9	13	9	20	0
18	20	0	0	20	0
19	20	0	0	20	0
20	20	0	0	20	0

*- nevar veikt pasūtījumus*

Sākuma krājumi (kopumā pa piegādes kēdi) (gab.)	Krājumu glabāšanas izmaksas (EUR)	Pasūtīšanas izmaksas (EUR)	Ražošanas izmaksas (EUR/gab.)
108	1	10	3

Periods	Gala patērētāju pieprasījums (gab.)	Piegādāts gala patērētājam (gab.)	Summārais pasūtījumu skaits visos piegādes kēdes ešelonos	Jaunsaražoto produktu skaits (gab.)
1	5	5	2	0
2	6	6	0	0
3	3	3	0	0
4	10	10	3	15
5	8	8	2	0
6	9	9	3	20
7	11	8	2	0
8	4	5	3	15
9	9	9	1	0
10	7	7	2	0
11	8	8	1	0
12	3	3	1	10
13	9	9	1	0
14	8	8	3	20
15	6	6	0	0
16	8	8	3	20
17	8	4	2	0
18	9	9	1	0
19	8	8	1	0
20	7	7	0	0

Servisa līmenis: **93,96**

Stratēģijas apraksts - lai krājumi nav daudz un  
vairāki lai varētu apmierināt nācama pasūtījumu (ņemot vērā laiku)

Krājumu daudzums piegādes kēdē (gab.)	Perioda izmaksas (EUR)
103	123
94	97
94	94
84+15=99	124
91	111
82+20=102	192
94	114
89+15=104	179
85 (95)	95 (105)
78 (88)	98
40 (80)	80
67+10=77	117
68	78
60+20=80	170
74	74
66+20=86	176
82	102
73	93
65	75
58	58

Kompānijas dalībnieki

Māra Augstkalne  
Antons Rakševics  
Janis Helbergs  
Janis Čačis

bid - 7,45  
± 2,06

Vid.: **84** **114,5**

90,0 120,50

klaida aprēķinos

Mazumtirgotājs

Jānis Gailis

(Vārds, Uzvārds)

pasūtīj. izm.

Krājumu glabāšanas izmaksas (EUR)	Pasūtīšanas izmaksas (EUR)	ROP	Q
1	10	28	12

$$ROP = \mu_d * LT + z * \sigma_d * \sqrt{LT} = 7 * 3 + 1,65 * 2,45 * \sqrt{3} = 28$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 * \mu_d * C_o}{C_h}} = 12$$

Periods	Krājumi perioda sākumā (gab.)	Gala patērētāja pieprasījums (gab.)	Piegādātais daudzums (gab.)	Krājumi perioda beigās (gab.)	Pasūtāmais daudzums (gab.)
1	44	5	5	39	0
2	39	6	6	33	0
3	33	3	3	30	0
4	30	10	10	20	12
5	20	8	8	12	12
6	12	9	9	3	12
7	3	11	3	12	12
8	12	7	7	17	12
9	17	9	9	20	12
10	20	7	7	13	12
11	13	8	8	20	12
12	17	3	3	26	12
13	26	9	9	21	12
14	21	8	8	25	12
15	25	6	6	31	0
16	31	8	8	36	0
17	36	8	8	40	0
18	40	9	9	31	-
19	31	8	8	23	12
20	23	7	7	16	12

Vairumtirgotājs Janis Melders  
(Vārds, Uzvārds)

Krājumu glabāšanas izmaksas (EUR)	Pasūtīšanas izmaksas (EUR)	ROP	Q
1	10	20	12

$$ROP = 7 \cdot 2 + 1,65 \cdot 2,45 \cdot \sqrt{21} = 19,72 \approx 20$$

$$Q = 12$$

Katru periodu pasūta pa 12  
lai apmierinātu ROP

Periods	Krājumi perioda sākumā (gab.)	Patērētāja pieprasījums (gab.)	Piegādātais daudzums (gab.)	Krājumi perioda beigās (gab.)	Pasūtamais daudzums (gab.)
1	36	0	0	36	0
2	36	0	0	36	0
3	36	0	0	36	0
4	36	12	12	24	0
5	24	12	12	12	12
6	12	12	12	0	12
7	0	12	0	12	12
8	12	12	12	12	12
9	12	12	12	4	12
10	4	12	4	12	12
11	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12
13	12	12	12	12	12
14	12	12	12	12	12
15	12	0	0	24	0
16	24	0	0	36	0
17	36	0	0	48	0
18	48	0	0	48	0
19	48	12	12	36	0
20	36	12	12	24	0

cas noliktava

*Madara Augstskola*

(Vārds, Uzvārds)

*Amenis, ar kuru  
solidarizēties*

*Nepārtrauktas pārbaudes stratēģija*

Krājumu glabāšanas izmaksas (EUR)	Pasūtīšanas izmaksas (EUR)	Ražošanas izmaksas (EUR/gab.)	ROP	Q
1	10	3	12	12

Periods	Krājumi perioda sākumā (gab.)	Patērētāja pieprasījums (gab.)	Piegādātais daudzums (gab.)	Krājumi perioda beigās (gab.)	Pasūtāmais daudzums (gab.)
1	28	0	0	28	0
2	28	0	0	28	0
3	28	0	0	28	0
4	28	0	0	28	0
5	28	12	12	16	0
6	16	12	12	4	12
7	4	12	4	12	12
8	12	12	12	12	12
9	12	12	12	12	12
10	12	12	12	12	12
11	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12
13	12	12	12	12	12
14	12	12	12	12	12
15	12	0	0	12	12
16	24	0	0	24	0
17	24	0	0	24	0
18	24	0	0	24	0
19	24	0	0	24	0
20	24	0	0	24	0

*LT - piegādes laiks  
(1 periods)*

*Z = 1,65 pri 95%*

$$ROP = \mu_d \cdot LT + z \cdot \sigma_d \cdot \sqrt{LT} =$$

$$= 7 \cdot 1 \cdot 1,65 \cdot 2,45 \cdot 1 = 12$$

*Q = 12*

*Izvērtējuma samazināšana,  
sūta Q*



Sākuma krājumi (kopumā pa piegādes ķēdi) (gab.)	Krājumu glabāšanas izmaksas (EUR)	Pasūtīšanas izmaksas (EUR)	Ražošanas izmaksas (EUR/gab.)
108	1	10	3

Krājumu vadības politika: nepārtraukta pārbaude

Periods	Gala paterētāju pieprasījums (gab.)	Piegādāts gala patērētājam (gab.)	Summārais pasūtījumu skaits visos piegādes ķēdes ešelonos	Jaunsaražoto produktu skaits (gab.)
1	5	5	0	0
2	6	6	0	0
3	3	3	0	0
4	10	10	1	0
5	8	8	2	0
6	9	9	3	12
7	11	8 3	3	12
8	4	4	3	12
9	9	9	3	12
10	4	4	3	12
11	8	8	3	12
12	3	3	3	12
13	9	9	3	12
14	8	8	3	12
15	6	6	1	12
16	8	8	0	0
17	8	8	0	0
18	9	9	0	0
19	8	8	1	0
20	4	4	1	0

Krājumu daudzums piegādes ķēdē (gab.)	Perioda izmaksas (EUR)
103	103
94	94
94	94
84	94
46	96
49	145
83 88	149
88	154
91	154
96	162
100	166
109	175
112	178
116	182
122	168
114	114
106	106
94	94
89	99
82	92

Kompānijas dalībnieki

Medara Augustāns  
Antons Jansons  
Jānis Melbors  
Jānis Pailis

vid = 4,45 +

Servisa līmenis:	98 %
------------------	------

7 2,06 + 94,63

Vid:

96,9	131,4
------	-------

97,40 132,40

Mazumtirgotājs

Jānis Gailis

(Vārds, Uzvārds)

Krājumu glabāšanas izmaksas (EUR)	Pasūtīšanas izmaksas (EUR)	MAX	T
1	10	44	2

$$T = \frac{Q}{M_d} = \frac{12}{7} = 1,7 \approx 2$$

$$MAX = \mu_d \times (LT + T) + z \times \sigma_d \times \sqrt{LT + T}$$

$$\#MAX = 7 \cdot (3 + 2) + 1,65 \cdot 2,45 \cdot \sqrt{5} = 9,04 + 35 = 44$$

Periods	Krājumi perioda sākumā (gab.)	Gala patērētāja pieprasījums (gab.)	Piegādātais daudzums (gab.)	Krājumi perioda beigās (gab.)	Pasūtāmais daudzums (gab.)
1	44	5	5	39	0
2	39	6	<del>3</del> 6	33	0
3	33	3	3	30	0
4	30	10	10	20	24
5	20	8	8	12	0
6	12	9	9	3	41
7	3	11	3	24	<del>20</del> 0
8	24	7	7	17	27
9	17	9	9	<del>8</del> 27	—
10	27	7	7	20	24
11	20	8	8	<del>12</del> 36	—
12	36	3	3	33	11
13	33	9	9	36	—
14	36	8	8	28	16
15	28	6	6	33	—
16	33	8	8	25	19
17	25	8	8	33	—
18	33	9	9	24	20
19	24	8	8	35	—
20	35	7	27	28	16

Katru otro nedēļu jāpasūta (T)

irumtirgotājs Jānis Melders  
(Vārds, Uzvārds)

Krājumu glabāšanas izmaksas (EUR)	Pasūtīšanas izmaksas (EUR)	MAX	T
1	10	36	2

Periods	Krājumi perioda sākumā (gab.)	Patērētāja pieprasījums (gab.)	Piegādātais daudzums (gab.)	Krājumi perioda beigās (gab.)	Pasūtāmais daudzums (gab.)
1	36	0	0	36	0
2	36	0	0	36	0
3	36	0	0	36	0
4	36	24	24	12	24
5	12	0	0	12	0
6	12	41	12	24	12
7	24	0	0	24	0
8	24	24	24	12	24
9	12	0	0	12	0
10	12	24	12	24	12
11	24	0	0	24	0
12	24	11	11	25	11
13	25	0	0	25	0
14	25	16	16	20	16
15	20	0	0	20	0
16	20	19	19	17	19
17	17	0	0	17	0
18	17	20	17	19	17
19	19	0	0	19	0
20	19	16	16	20	16

T - krājumu līmenis pārbaudes periodā  
MAX - krājumu maksimālais līmenis

$$T = \frac{q}{\mu d} = \frac{12}{7} = 1,71 \approx 2$$

$$\begin{aligned} \text{MAX} &= \mu d \cdot (LT + T) + z \times \sigma d \cdot \sqrt{LT + T} \\ &= 7 \cdot (2 + 2) + 1,65 \cdot 2,45 \cdot \sqrt{2 + 2} = \\ &= 36,085 \approx 36 \end{aligned}$$

Pasūta ik pa 2 periodiem lai ir max līn.

Rūpnīcas noliktava Heideura Augstkalne  
(Vārds, Uzvārds)

Krājumu glabāšanas izmaksas (EUR)	Pasūtīšanas izmaksas (EUR)	Ražošanas izmaksas (EUR/gab.)	MAX	T
1	10	3	28	2

Periods	Krājumi perioda sākumā	Patērētāja pieprasījums (gab.)	Piegādātais daudzums (gab.)	Krājumi perioda beigās	Pasūtāmais daudzums (gab.)
1	28	0	0	28	0
2	28	0	0	28	0
3	28	0	0	28	0
4	28	20	24	4	24
5	4	0	0	28	0
6	28	12	12	16	12
7	16	0	0	28	0
8	28	24	24	4	24
9	4	0	0	28	0
10	28	12	12	16	12
11	16	0	0	28	0
12	28	11	11	17	11
13	17	0	0	28	0
14	28	16	16	12	16
15	12	0	0	28	0
16	28	19	19	9	19
17	9	0	0	28	0
18	28	17	17	11	17
19	11	0	0	28	0
20	28	16	16	12	16

$$MAX = \mu_d \cdot (LT + T) + z \cdot \sigma_d \sqrt{LT + T} =$$

$$T = \frac{Q}{\mu_d} = \frac{12}{7} = 2$$

$$MAX = 7 \cdot (1 + 2) + 1,65 \cdot 2,45 \cdot \sqrt{3} =$$

$$= 21 + 7 = 28$$

*var veikt pārītījumu  
fiksā izpāre  
molekulo*

*Ār papildina līdz maksimumam*

Sākuma krājumi (kopumā pa piegādes ķēdi) (gab.)	Krājumu glabāšanas izmaksas (EUR)	Pasūtīšanas izmaksas (EUR)	Ražošanas izmaksas (EUR/gab.)
108	1	10	3

Krājumu vadības politika: periodiskā pārbaude

Periods	Gala patērētāju pieprasījums (gab.)	Piegādāts gala patērētājam (gab.)	Summārais pasūtījumu skaits visos piegādes ķēdes ešelonos	Jaunsarāzoto produktu skaits (gab.)
1	5	5	0	0
2	6	6	0	0
3	3	3	0	0
4	10	10	3	24
5	8	8	0	0
6	9	9	3	12
7	11	3	0	0
8	7	7	3	24
9	9	9	0	0
10	7	7	3	12
11	8	8	0	0
12	3	3	3	11
13	9	9	0	0
14	8	8	3	16
15	6	6	0	0
16	8	8	3	19
17	8	8	0	0
18	9	9	3	17
19	8	8	0	0
20	7	7	3	16

Krājumu daudzums piegādes ķēdē (gab.)	Perioda izmaksas (EUR)
103	103
94	94
94	94
108	210
100	100
103	169
100	100
117	219
108	108
113	149
105	105
118	146
104	104
111	190
106	106
114	204
109	109
114	198
109	109
118	196

**Kompānijas dalībnieki**

Madara Augustkalne

Katrina Šašūna

Janis Melbrans

Janis Gaikis

Neievērojot to, ka  
reģistrācija noliktavā  
varēja pasūtīt katru  
otro noliktu (nepāre)

Servisa līmenis: 95%

~~94,63~~ 94,63

Vid.: 104,65 143,8

91,80 ~~94,63~~ ~~118~~ 121,50

## ILMG spēles scenārija apraksts

THE INTERNATIONAL LOGISTICS MANAGEMENT GAME  
The business simulation for professional and academic training



### International Logistics Management Game

#### Spēles apraksts

Jūsu uzņēmums darbojās tiešās konkurences apstākļos paralēli ar citām kompānijām vairākos pasaules tirgos, ražojot un tirgojot līdzīgus produktus. Jūs esat uzņēmuma vadītāji un jūsu kompetencē ir uzņēmuma stratēģiski lēmumi, kas nosaka ražojama produktu klāsta izvēli un to izplatīšanas politiku. Ražošanai ir pieejami trīs veidu produkti: *Standarta divriteņis*, *Sporta divriteņis* un *Kalna divriteņis* (1.att.). Divriteņus ir iespējams ražot un pārdot trīs dažādos reģionos: *Eiropā*, *Āzijā* un *Austrālijā* (2.att.). Lai varētu veiksmīgi un efektīvi realizēt uzņēmuma stratēģiju, jūsu uzdevums ir vadīt visus tā departamentus:

- ✓ ražošanas un izejvielu sagādes departaments (izejvielu iepirkšanas plānošana un ražošanas plānošana);
- ✓ tirgzinības departaments (gatavās produkcijas cenas definēšana, reklāmas un produktu attīstības izdevumu noteikšana);
- ✓ kapitālieguldījumu departaments (investīciju plānošana ražošanas vai noliktavu kapacitātes paplašināšanā);
- ✓ transportēšanas departaments (preču pārvadāšanas maršruta plānošana un transportēšanas veida izvēle);
- ✓ finansu departaments (likvidu līdzekļu pārvaldība, kredītu pieprasīšana).



1.att. Uzņēmuma produkcija



2.att. Uzņēmuma produkcijas iespējamie ražošanas un izplatīšanas reģioni

Pieņemto lēmumu sekas jūs var redzēt dažādu veidu atskaitēs (bilance, peļņas un zaudējumu aprēķins utt.), kuras analizējot tiek pieņemti lēmumi par uzņēmuma darbību nākotnē. Kā mūsdienu reālajā tirgū tā arī spēlē katras kompānijas individuāli pieņemtie lēmumi ietekmē spēles ekonomisko vidi kopumā.

Informācija par kompānijas sākuma stāvokli:

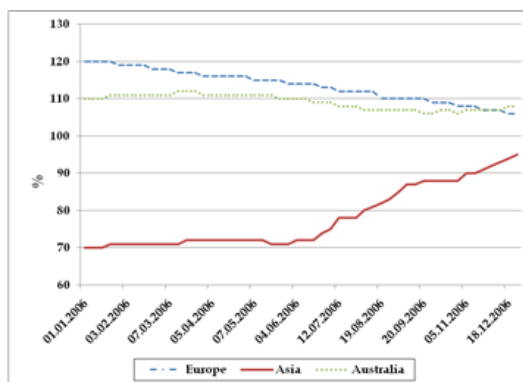
Darbības sākuma uzņēmumam pieejamie naudas līdzekļi ir €40 000 000 un īstermiņa ieguldījumi €1 000 000 kā sākuma aktīvi. Uzņēmumam ir viena ražotne Eiropā, kuras vērtība ir €5 000 000 un ražošanas kapacitāte ir 20 000 mašinstundas mēnesī; uz doto brīdi tā ir sagatavota viena produkta - *Standarta divriteņa* - ražošanai. Uzņēmumam ir bankas aizdevums €10 000 000 apmērā. Uzņēmuma akciju kapitāls ir €41 000 000 (sk. 1.tab.).



1.tabula

Uzņēmuma sākuma bilance					
ASSETS			LIABILITIES		
Current Assets			Current Liabilities		
		41 000 000			0
Current Bank Account (Debit)	40000000		Current Bank Account (Credit)		0
Interest Receivable	0		Accrued Interest		0
Short Term Investments	1000000		Trade Creditors		0
Trade Debtors	0		Current Tax Due		0
Materials-on-Order	0		Bank Loans		1 000 000
Materials-in-Transit	0		Provision for Stock Writedown		0
Raw Materials Stock	0			10 000 000	
Work-in-Progress	0				
Finished Goods	0		EQUITY		
Goods-in-Transit	0				
			Ordinary Share Capital		4 100 000
			Profit/Loss		-500 000
Fixed Assets			Opening Balance		
		5 000 000			0
Buildings and Machinery	5000000		Retained For the Period		500 000
Warehouses	0		Dividends		0
Plants under Construction	0			36 000 000	
<b>TOTAL</b>		<b>46 000 000</b>	<b>TOTAL</b>	<b>TOTAL</b>	<b>4 000 000</b>

Preču pieprasījumu apjoms ir atkarīgs no nozares cenu līmeņa, jūsu uzņēmuma tirgzinības politikas (cenas, reklāmas un preces attīstības izdevumiem) un konkrēta reģiona biznesa cikla rādītāja (sk. 3.att.). Tirgus izpēte rāda, ka produktu cena varētu būt robežās no €1000 līdz €4000. Spēles gaitā kompānijai ir iespēja pasūtīt tirgus izpēti ar dažādu rādītāju prognozi.



3.att. Biznesa cikla prognoze pirmajām spēles gadam



Ir pieejami dati par finanšu parametriem, reģionālajiem parametriem, produktu tehniskajiem parametriem un transportēšanas izdevumiem (sk. tabulas 2 - 8). Kompānijām jāizpēta sākotnējie dati, lai varētu pieņemt stratēģiskus lēmumus spēles sākumā: kur celt rūpnīcas vai izplatīšanas centrus, kādus produktus ražot un kādos reģionos.

Informācija 2, 3 un 4 tabulās palīdzēs jums nolemt, kādā reģionā izdevīgāk celt rūpnīcas un izplatīšanas centrus.

2. tabula

Bāzes algu līmenis reģionos	
	Algu līmenis (1000 € gadā)
1. Eiropa	40
2. Āzija	30
3. Austrālija	35

3. tabula

Tirgus parametri		
Reģions	Tirgū ienākšanas laiks (Dienas)	Tirgū ienākšanas maksa (€1000)
Āzija	15	200
Austrālija	10	300

4. tabula

Reģionālie parametri			
	Eiropa	Āzija	Austrālija
Vienības projektēšanas izmaksas (€1000)	2 500	1 800	2 000
Konstruēšanas laiks (dienas)	30	55	35
Nominālās kapacitātes paplašināšana (mēneša mašinstundas/€1000000)	2 800	5000	3 000
Kapacitātes paplašināšanas fiksētās izmaksas (€1000)	200	80	100
Kapacitātes paplašināšanas ieviešanas laiks (dienas)	15	25	20
Noliktavas kapacitātes palielināšana (vienības/€1000000)	1 000	800	1 000
Noliktavas kapacitātes palielināšanas fiksētās izmaksas (€1000)	70	50	60
Noliktavas kapacitātes palielināšanas ieviešanas laiks (dienas)	15	30	20
Ēku amortizācija (% kvartālā)	1	1	1
Noliktavu amortizācija (% kvartālā)	2	2	2
Reģionālās administrēšanas izmaksas (€1000 gadā)	120	60	100
Bāzes materiālu cenas (€1000/Tonna)	60	20	40
Materiālu iepirkšanas fiksētās izmaksas (€)	1700	10000	1500
Materiālu piegādes laiks (dienas)	12	15	13

Preces tehnisko specifikāciju atradīsiet 5.tabulā. Izpēt to, tiksiet skaidrībā, cik un kādi resursi ir nepieciešami katras preces ražošanai.





5.tabula

	Reģions 1 Eiropa			Reģions 2 Āzija			Reģions 3 Austrālija		
	Standard Bike	Sports Bike	Mountain Bike	Standard Bike	Sports Bike	Mountain Bike	Standard Bike	Sports Bike	Mountain Bike
<b>Materiāls vienībai (Tonnas)</b>	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
<b>Mašinstundas vienībai</b>	5,0	10,0	12,8	5,0	10,0	12,8	10,0	10,0	12,8
<b>Darba stundas vienībai</b>	10,0	20,0	12,8	10,0	20,0	12,8	15,0	10,0	12,8
<b>Mašīnu uzstādīšanas izmaksas (€)</b>	500	600	700	400	500	500	500	600	700

Kompānijām ir iespēja ne tikai ražot un pārdot precis konkrētajā reģionā, bet arī transportēt to no viena reģiona uz otru, ja tā šķiet izdevīgi (piem., ražot kādā reģionā ir lētāk, bet pārdot dārgāk var citā reģionā). Ir pieejami divi transportēšanas veidi: normālais un ātrais.

6.tabula

		Gatavas produkcijas regulārās transportēšanas izmaksas								
no uz	Eiropa			Āzija			Austrālija			
	Laiks (Dienas)	Fiksētas izmaksas (€)	Mainīgās izmaksas (%)	Laiks (Dienas)	Fiksētas izmaksas (€)	Mainīgās izmaksas (%)	Laiks (Dienas)	Fiksētas izmaksas (€)	Mainīgās izmaksas (%)	
Eiropa	1	300	4	2	500	5	2	500	7	
Āzija	2	500	5	1	300	4	2	500	5	
Austrālija	2	500	7	2	500	5	1	230	4	

7.tabula

		Gatavas produkcijas paātrinātās transportēšanas izmaksas								
no uz	Eiropa			Āzija			Austrālija			
	Laiks (Dienas)	Fiksētas izmaksas (€)	Mainīgās izmaksas (%)	Laiks (Dienas)	Fiksētas izmaksas (€)	Mainīgās izmaksas (%)	Laiks (Dienas)	Fiksētas izmaksas (€)	Mainīgās izmaksas (%)	
Eiropa	1	600	15	1	600	15	1	1000	15	
Āzija	1	600	15	1	600	15	1	600	15	
Austrālija	1	1000	15	1	700	15	1	600	15	

Transportēt var ne tikai produkciju, bet arī izejvielu. 4.tabulā var atrast izejmateriālu cenas dažādos reģionos, bet 8.tabula ir atrodama informācija par to transportēšanas tarifiem.



8.tabula

		Materiālu transportēšanas tarifi								
no uz	Eiropa			Āzija			Austrālija			
	Laiks (Dienas)	Fiksētas izmaksas (€)	Mainīgās izmaksas (%)	Laiks (Dienas)	Fiksētas izmaksas (€)	Mainīgās izmaksas (%)	Laiks (Dienas)	Fiksētas izmaksas (€)	Mainīgās izmaksas (%)	
Eiropa	2	500	5	4	600	6	6	600	5	
Āzija	4	600	5	2	200	5	6	720	6	
Austrālija	6	700	6	6	500	5	2	500	5	

Pirms spēles sākuma vēlams iepazīties ar tās interfeisu izpētot dalībnieku rokasgrāmatu. Spēles gaitā var izmantot elektronisko [Help](#), lai atrastu jūs interesējošo informāciju.

**Vēlam veiksmi!**



**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.