



RĪGAS TEHNISKĀ
UNIVERSITĀTE

Sintija Petroviča

PEDAGOĢISKĀ MODUĻA REALIZĀCIJA EMOCIONĀLI INTELEKTUĀLĀ MĀCĪBU SISTĒMĀ

Promocijas darba kopsavilkums



RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultāte
Lietišķo datorsistēmu institūts

Sintija Petroviča

Doktora studiju programmas “Datorsistēmas” doktorante

**PEDAGOGISKĀ MODUĻA REALIZĀCIJA
EMOCIONĀLI INTELEKTUĀLĀ MĀCĪBU
SISTĒMĀ**

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskā vadītāja
asoc. profesore *Dr. sc. ing., Dr. paed.*
ALLA ANOHINA-NAUMECA

RTU Izdevniecība
Rīga 2019

Petroviča, S. Pedagoģiskā moduļa realizācija emocionāli intelektuālā mācību sistēmā. Promocijas darba kopsavilkums. Rīga: RTU Izdevniecība, 2019. 55 lpp.

Iespiests saskaņā ar Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultātes Lietišķo datorsistēmu institūta padomes 2018. gada 23. maija lēmumu, protokols Nr. 12300-1/5.

Promocijas darbs daļēji izstrādāts ar valsts pētījumu programmas *SOPHIS* “Kiberfizikālās sistēmas, ontoloģijas un biofotonika drošai un viedai pilsētai un sabiedrībai” projekta finansiālo atbalstu un RTU Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultātes piešķirto doktorantūras pētniecības grantu.

ISBN 978-9934-22-285-6 (print)
978-9934-22-286-3 (pdf)

PROMOCIJAS DARBS IZVIRZĪTS INŽENIERZINĀTŅU DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ

Promocijas darbs inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2019. gada 10. jūnijā Rīgas Tehniskās universitātes Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultātē, Sētas ielā 1, 202. auditorijā.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesors *Dr. habil. sc. ing.* Zigurds Markovičs,
Rīgas Tehniskā universitāte, Latvija

Asoc. profesors *Dr. sc. ing.* Arnis Cīrulis,
Vidzemes Augstskola, Latvija

Docente *Dr. Ginevra Castellano*,
Upsalas Universitāte, Zviedrija

APSTIPRINĀJUMS

Apstiprinu, ka esmu izstrādājusi šo promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai. Promocijas darbs zinātniskā grāda iegūšanai nav iesniegts nevienā citā universitātē.

Sintija Petroviča (paraksts)

Datums:

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, tajā ir ievads, četras nodaļas, secinājumi, literatūras saraksts, 50 attēlu, 35 tabulas, 14 pielikumu, kopā 201 lappuse, neieskaitot pielikumus. Literatūras sarakstā ir 443 nosaukumi.

SATURA RĀDĪTĀJS

Ievads	5
1. Intelektuālas mācību sistēmas un individualizēts mācību process	12
1.1. Intelektuālas mācību sistēmas un to uzbūve.....	12
1.2. Pedagoģiskais modulis un tā loma individualizētā mācīšanās.....	13
1.3. Mācību stratēģijas un to nozīme mācību procesā.....	16
1.4. Kopsavilkums	18
2. Emocionāli intelektuālas mācību sistēmas	20
2.1. Emocijās balstīts mācību process	20
2.2. Emocionāli intelektuālas mācību sistēmas un to analīze.....	21
2.3. Emocionāli intelektuālo mācību sistēmu analīzes rezultātu apkopojums	23
2.4. Kopsavilkums	26
3. Zināšanās, spēlēs un emocijās balstīta intelektuāla mācību sistēma.....	28
3.1. Spēle kā daļa no emocionāli intelektuālas mācību sistēmas.....	28
3.2. Spēlēs un emocijās balstīta mācību procesa pielāgošana	29
3.3. Kopsavilkums	35
4. Pedagoģiskā moduļa realizācija un tā darbības empīriskā analīze.....	36
4.1. Emocionāli intelektuālas mācību sistēmas realizācija.....	36
4.2. Pētījuma metodoloģija	42
4.3. Rezultāti un to interpretācija.....	43
4.4. Kopsavilkums	45
5. Galvenie rezultāti un secinājumi	47
Bibliogrāfiskais saraksts.....	51

IEVADS

Tēmas aktualitāte

Kopš seniem laikiem mācību process, kurā students ar cilvēku-skolotāju strādā pēc individualizētas pieejas, tiek uzskatīts par visefektīvāko mācīšanās veidu [1]. Laika gaitā arī datorizēto mācību sistēmu izstrādātāji centās radīt datorsistēmas, kas spēj imitēt cilvēku-skolotāju mācīšanās pieeju, panākot, ka šīs sistēmas īsteno arī individualizētu mācību procesu katra konkrēta studenta mācīšanās vajadzībām, zināšanām un prasmēm [2]. Tā pagājušā gadsimta 70. gadu sākumā radās jauna datorizēto mācību sistēmu paaudze – intelektuālās mācību sistēmas [3], kas gadu gaitā ir pilnveidotas, tuvinot to mācīšanās un adaptācijas spējas cilvēku-skolotāju spējām.

Ilgus gadus intelektuālo mācību sistēmu realizētā individualizētā mācīšana un nodrošinātā mācību procesa pielāgošana tika uzskatīta par gandrīz līdzvērtīgu cilvēku-skolotāju īstenotajai pieejai, tomēr pilnībā nespēja to imitēt, jo pētījumi emociju jomā atklāja, ka galvenais iemesls šīm nepilnībām ir emocionālā intelekta trūkums [4]. Cilvēki-skolotāji velta laiku un pievērš uzmanību gan studenta emocionālajiem, gan kognitīvajiem raksturojumiem, kas var ietekmēt studenta mācīšanās spējas [5]. Turklāt jaunākie pētījumi tādās jomās kā psiholoģija, pedagoģija un kognitīvā zinātne rāda, ka emocijām ir nozīmīga loma mācību procesā, problēmsfēras izpratnē, lēmumu pieņemšanā un cilvēka motivācijā [6]. Pēdējo 20 gadu laikā ir notikusi arī strauja mākslīgā intelekta apakšnozares, dēvētas par “emocionālo skaitļošanu” (*affective computing*), attīstība, kas fokusējas uz dažādu sistēmu un ierīču izstrādi cilvēka emociju atpazīšanai, apstrādei un ietveršanai vai izrādīšanai pašās sistēmās [7]. Emocionālās skaitļošanas idejas ir ienākušas arī intelektuālo mācību sistēmu izstrādē, lai uzlabotu šāda veida sistēmu adaptācijas spējas un padarītu tās pilnībā līdzvērtīgas cilvēkiem-skolotājiem.

Pateicoties emociju ietekmes uz mācību procesu izpētei, radās arī jauna intelektuālo mācību sistēmu paaudze – emocionāli intelektuālas mācību sistēmas, kurām ir jāspēj izpildīt šādas darbības: zināt studenta pašreizējo emocionālo stāvokli, noteikt sistēmas turpmākās rīcības ietekmi uz studenta emocionālo stāvokli, izvēlēties izdevīgāko studenta emocionālo stāvokli, lai uzlabotu viņa/viņas problēmsfēras izzināšanas spējas, kā arī pašai sistēmai izrādīt savas emocijas, izmantojot, piemēram, pedagoģiskos aģentus, lai reaģētu uz studenta emocionālo stāvokli, darbībām un mācību rezultātiem [5]. Izstrādājot šāda veida mācību sistēmas, liela nozīme jāpievērš tādu mācību stratēģiju izvēlei un ietveršanai sistēmās, kas ņemtu vērā ne tikai studenta pašreizējo zināšanu un prasmju stāvokli, bet arī pielāgotos viņa emocionālajam stāvoklim, tādējādi paaugstinot mācību procesa efektivitāti un uzlabojot studenta rezultātus un sniegumu mācību procesā. Lai gan ir veikti pētījumi saistībā ar mācību stratēģiju izvēli tradicionālās intelektuālās mācību sistēmās, tomēr to realizēšana emocionāli intelektuālās mācību sistēmās ir izrādījusies pietiekami sarežģīta problēma [8].

Pēdējo desmit gadu laikā Rīgas Tehniskajā universitātē (RTU) pētījumi saistībā ar intelektuālu mācību sistēmu projektēšanu un izstrādi ir bijuši samērā aktuāli, par ko liecina arī šajā jomā līdz šim izstrādātie promocijas darbi. Ja vairums iepriekšējos gados veikto pētījumu bija vērsti uz studenta modelēšanu, piemēram, [9], tad šobrīd lielāka uzmanība tiek pievērsta pedagoģiskajam aspektam [10]. Šī tendence norāda, ka intelektuālo mācību sistēmu pedagoģiskai pusei ir jābūt

tikpat spēcīgai kā studentu modelēšanas aspektam, adaptējot mācību procesu ne tikai jau ierastajiem studenta raksturlielumiem, piemēram, zināšanu līmenim vai mācīšanās stilam, bet arī studenta emocionālajam stāvoklim, kas savukārt prasa izveidot un ietvert sistēmā arī atbilstošas mācību stratēģijas. Līdz ar to šis promocijas darbs tiek izstrādāts kā turpinājums iepriekš veiktajiem pētījumiem intelektuālu mācību sistēmu un emocionāli intelektuālu mācību sistēmu jomā gan RTU, gan pasaulē ar mērķi uzlabot šādu sistēmu adaptivitāti, integrējot tajās arī spēju atpazīt un pielāgoties studenta emocijām.

Promocijas darba mērķis

Promocijas darba mērķis ir izstrādāt emocionāli intelektuālas mācību sistēmas pedagoģisko moduli, kas pielāgotu mācību procesu, ņemot vērā ne tikai studenta pašreizējo zināšanu un prasmju stāvokli, bet arī viņa/viņas emocionālo stāvokli.

Darba uzdevumi

Promocijas darba mērķa sasniegšanai ir izvirzīti šādi uzdevumi:

- 1) jāidentificē pedagoģiskā moduļa nozīme, funkcijas un tā mijiedarbība ar citām komponentēm intelektuālās mācību sistēmās;
- 2) jāizanalizē emociju loma mācību procesā un jādefinē prasības emocijās balstīta mācību procesa īstenošanai intelektuālās mācību sistēmās;
- 3) jāizpēta emocionāli intelektuālas mācību sistēmas jēdziens, uzbūve un raksturojumi;
- 4) jāveic eksistējošo emocionāli intelektuālo mācību sistēmu salīdzinoša analīze, lai identificētu to izstrādē neatrisinātos uzdevumus saistībā ar mācību procesa adaptācijas nodrošināšanu;
- 5) jāizstrādā metodes un algoritmi iepriekš identificēto trūkumu novēršanai;
- 6) jāveic pedagoģiskā moduļa izstrāde emocionāli intelektuālai mācību sistēmai;
- 7) jāpārbauda izstrādātā pedagoģiskā moduļa darbība eksperimentālos apstākļos.

Pētījuma objekts

Promocijas darba pētījuma objekts ir emocionāli intelektuālas mācību sistēmas.

Pētījuma priekšmets

Darba pētījuma priekšmets ir pedagoģiskā moduļa īstenošana mācību procesa adaptācija studenta emocionālajam stāvoklim.

Pētījuma metodes

Promocijas darba izstrādes gaitā izmantotas vispārpieņemtas pētījumu metodes. Promocijas darba teorētiskajā daļā ir izmantotas šādas teorētiskās metodes:

- zinātniskās literatūras teorētiskā izpēte un analīze intelektuālo un emocionāli intelektuālo mācību sistēmu jomā;
- eksistējošo emocionāli intelektuālo mācību sistēmu analīze un salīdzināšana;
- emocionāli intelektuālā mācību sistēmā noritošo procesu modelēšana.

Praktiskās daļas izstrāde ir izmantotas šādas empīriskās metodes:

- datu ieguves metodes – aptaujas;
- datu apstrādes un analīzes metodes:

- aprakstošā statistika (vidējais aritmētiskais, standartnovirze, mediāna, asimetrijas un ekscesa koeficienti, minimālā un maksimālā vērtība, biežumu sadalījums un šķērstabula);
- secinošā statistika (Šapiro–Vilka normālsadalījuma tests, Lēvena tests, T tests divu neatkarīgu izlašu vidējo salīdzināšanai, hī kvadrāta tests, Manna–Vitnija U tests, Kruskala–Valisa H tests, Vilkoksona rangu zīmju tests, Pīrsona korelācija, Krāmera V rādītājs, Koena efekta lielums).
- prototipēšana emocionāli intelektuālās mācību sistēmas realizācijai.

Darba zinātniskais jaunieguvums ir šāds:

- ir izveidots apkopojums par intelektuālas mācību sistēmas komponentu īstenotajām funkcijām, tām vajadzīgajām zināšanām, kā arī komponentu savstarpējo mijiedarbību;
- ir piedāvāts apkopojums par pedagoģiskā moduļa nozīmi individualizētas mācīšanas nodrošināšanā, definēts šī moduļa galvenais mērķis, identificētas modulim nepieciešamās zināšanas un to veidi, kā arī pieņemto pedagoģisko lēmumu kategorijas;
- ir izveidots intelektuālo mācību sistēmu izmantoto mācību stratēģiju un ar tām saistīto terminu apkopojums, atspoguļojot to saistību un nozīmi mācību procesa pielāgošanā;
- formulētas prasības emocijās balstīta mācību procesa un stratēģiju īstenošanai mācību sistēmās, sadalot tās pa visu mācību procesu kopumā, kā arī uz stratēģijas pamatā esošajiem trīs soļiem – teorijas mācīšanu, praksi un zināšanu vērtēšanu;
- ir definēts jēdziens “Emocionāli intelektuāla mācību sistēma” un identificētas šādu sistēmu raksturojošas īpašības, komponentes un darbības principi, ļaujot tās atšķirt no tradicionālajām intelektuālajām mācību sistēmām;
- ir piedāvāta eksistējošo emocionāli intelektuālo mācību sistēmu salīdzinoša analīze, identificējot būtiskākos šāda veida sistēmu trūkumus mācību procesa pielāgošanā;
- ir izstrādāta emocionāli intelektuālas mācību sistēmas arhitektūra, kas integrē intelektuālu mācību sistēmu, emociju atpazīšanu un izmantošanu adaptācijā, kā arī uz spēlēm balstītu mācīšanu, ar mērķi uzlabot pedagoģiskā moduļa funkcionalitāti un studenta emocionālā stāvokļa ietekmēšanu, ļaujot paaugstināt studentu sniegumu un mainīt attieksmi pret mācīšanu un zināšanu vērtēšanu;
- ir izstrādāta divu (makro un mikro) līmeņu pielāgošanās pieeja, kas nosaka pedagoģiskā moduļa darbības principus pirms mācību procesa uzsākšanas un mācīšanas laikā (12 darbības scenāriji četriem dažādiem pedagoģiskā aģenta tipiem).

Pētījuma praktiskā nozīmība

Promocijas darba praktiskā nozīmība ir saistīta ar piedāvāto pielāgošanās pieeju un izstrādātajiem algoritmiem un metodēm mācību procesam raksturīgo studenta emociju klasificēšanai, identificēto emociju datu un uzmanības noturības analīzei un lietošanai mācību procesa adaptācijā, izmantojot izstrādāto metodi sistēmas mācību iejaukšanās īstenošanai. Bez tam ir izveidots arī personības modelis automātiskai studenta sasnieguma mērķu un mācīšanās stila noteikšanai. Šie praktiski realizētie mehānismi var tikt izmantoti ne tikai promocijas darbā izstrādātās emocionāli intelektuālās mācību sistēmas kontekstā, bet arī jaunu sistēmu

izstrādē. Turklāt darba rezultātā izstrādāto emocionāli intelektuālo mācību sistēmu, kas ietver adaptīvu izglītojošu spēli zināšanu vērtēšanai, ir iespējams izmantot mācību procesā, uzlabojot gan studenta sniegumu mācību procesā, gan paaugstinot viņa/viņas rezultātus eksāmenos.

Pētījuma rezultātu aprobācija

Promocijas darba rezultāti ir atspoguļoti 15 publikācijās starptautiskos un Latvijas Zinātnes padomes atzītos zinātniskos izdevumos.

1. Kaczmarek S., **Petroviča S.** Promotion of Learning Motivation through Individualization of Learner-Game Interaction. Proceedings of the IEEE Conference on Computational Intelligence and Games, 2018, pp. 324-331. (SCOPUS). (Ieguldījums publikācijā ~65 %).
2. **Petroviča S.**, Pudāne M., Anohina-Naumeca A., Lavendelis E. Kāpēc datorsistēmām nepieciešams emocionālais intelekts? Innovation, 1, 2017, 20–21. lpp. (Ieguldījums ~40 %).
3. Ivanova Goleva R., Pudane M., **Petrovica S.**, et al. AALaaS and ELEaaS Platforms. Enhanced Living Environments: From Models to Technologies, 2017. pp. 207–234. (Ieguldījums ~10 %).
4. **Petrovica S.**, Anohina-Naumeca A. The Adaptation Approach for Affective Game-Based Assessment. Applied Computer Systems, Vol. 22, December 2017, pp. 13–20. (Web of Science). (Ieguldījums ~90 %).
5. **Petrovica S.** Multi-level Adaptation of an Educational Game to Individual Student's Gameplay, Knowledge and Emotions. Proceedings of the 9th Annual International Conference on Education and New Learning Technologies, 2017, pp. 2220–2230.
6. **Petrovica S.**, Anohina-Naumeca A., Ekenel H.K. Emotion Recognition in Affective Tutoring Systems: Collection of Ground-Truth Data. Procedia Computer Science, Vol.104, 2017, pp. 437–444. (SCOPUS, Web of Science). (Ieguldījums ~80 %).
7. **Petrovica S.**, Ekenel H.K. Emotion Recognition for Intelligent Tutoring. Joint Proceedings of the BIR 2016 Workshops and Doctoral Consortium co-located with BIR 2016 (CEUR Workshop Proceedings, 1684), 2016, pp. 1–9. (SCOPUS). (Ieguldījums ~90 %).
8. **Petrovica S.**, Pudane M. Emotion Modeling for Simulation of Affective Student-Tutor Interaction: Personality Matching. International Journal of Education and Information Technologies, Vol. 10, 2016, pp. 159–167. (Web of Science). (Ieguldījums ~50 %).
9. **Petrovica S.** Tutoring Process in Emotionally Intelligent Tutoring Systems: Tutoring Process in Emotionally Intelligent Tutoring Systems. Psychology and Mental Health: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications (Vol. 2), 2016, pp. 1094–1110.
10. **Petrovica S.**, Pudane M. Simulation of Affective Student-Tutor Interaction for Affective Tutoring Systems: Design of Knowledge Structure. International Journal of Education and Learning Systems, Vol. 1, 2016, pp. 99–108. (Ieguldījums ~60 %).

11. **Petrovica S.** Tutoring and Assessment through Games and Emotions. Proceedings of the 7th International Conference on Computer Supported Education (Volume 1), 2015, pp. 539–544. (SCOPUS).
12. **Petrovica S.** Design of the Pedagogical Module for an Emotionally Intelligent Tutoring System. Science – Future of Lithuania. Electronics and Electrical Engineering, Vol. 6 (2), 2014, pp. 138–146. (ProQuest; EBSCOhost; Google Scholar).
13. **Petrovica S.** Tutoring Process in Emotionally Intelligent Tutoring Systems. International Journal of Technology and Educational Marketing, Vol. 4(1), 2014, pp. 72–85. (DBLP).
14. **Petrovica S.** Adaptation of Tutoring to Students' Emotions in Emotionally Intelligent Tutoring Systems. Proceedings of 2nd International Conference on e-Learning and e-Technologies in Education (ICEEE 2013), 2013, pp. 131–136. (SCOPUS; IEEE Xplore).
15. **Petrovica S., Anohina-Naumeca A.** Design and Implementation of Agent Interaction Mechanisms for Emotionally Intelligent Tutoring Systems. Scientific Journal of RTU. 5. series., “Computer Science. Applied Computer Systems”, Vol. 13, 2012, pp. 44–53. (EBSCOhost; Google Scholar; INSPEC). (Ieguldījums ~65 %).

Konferences

Promocijas darba galvenie rezultāti prezentēti deviņās starptautiskās zinātniskās konferencēs.

1. IEEE Conference on Computational Intelligence and Games, Māstrihta, Nīderlande, 14.–17. augusts, 2018, “Promotion of Learning Motivation through Individualization of Learner-Game Interaction”.
2. 9th Annual International Conference on Education and New Learning Technologies, Barselona, Spānija. 3.–5. jūlijs, 2017, “Multi-level Adaptation of an Educational Game to Individual Student’s Gameplay, Knowledge and Emotions”.
3. 57th RTU International Scientific Conference, Rīga, Latvija, 13.–18. oktobris, 2016, “Emotion Recognition in Affective Tutoring Systems: Collection of Ground-Truth Data”.
4. 4th International Workshop on Intelligent Educational Systems, Technology-enhanced Learning and Technology Transfer Models, Prāga, Čehija, 14. septembris, 2016, “Emotion Recognition for Intelligent Tutoring”.
5. 7th International Conference on Education and Educational Technologies, Stambula, Turcija, 15.–17. aprīlis, 2016, “Simulation of Affective Student-Tutor Interaction for Affective Tutoring Systems: Design of Knowledge Structure”.
6. 7th International Conference on Computer Supported Education, Lisabona, Portugāle, 23.–25. maijs, 2015, “Tutoring and Assessment through Games and Emotions”.
7. 2nd International Conference on e-Learning and e-Technologies in Education, Lodza, Polija, 23.–25. septembris, 2013, “Adaptation of Tutoring to Students' Emotions in Emotionally Intelligent Tutoring Systems”.
8. 1st IEEE Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering, Rīga, Latvija, 26.–27. novembris, 2013, “Design of a Pedagogical Module for an Emotionally Intelligent Tutoring System”.

9. 52nd RTU International Scientific Conference, Rīga, Latvija, 13.–15. oktobris, 2011, “Design and Implementation of Agent Interaction Mechanisms for Emotionally Intelligent Tutoring Systems”.

Projekti

Valsts pētījumu programmas “Kiberfizikālās sistēmas, ontoloģijas un biofotonika drošai&viedai pilsētai un sabiedrībai” (VPP *SOPHIS*), Projekts Nr.2. “Uz ontoloģijām balstītas tīmekļa videi pielāgotas zināšanu inženierijas tehnoloģijas”, (*SOPHIS*), 2014–2017. g.

COST Action IC1303, Short Term Scientific Mission “Emotional Analysis for Ambient Assisted Tutoring”, atsaukšanās Nr.: COST-STSM-ECOST-STSM-IC1303-161115-068104, 2015. g. novembris.

Citas publiskas uzstāšanās

Pētījuma rezultāti ir prezentēti arī dažādos citos publiskos pasākumos un RTU studijuursos.

1. Projekta *AAPELE (COST Action IC1303)* noslēguma sanāksmē ar prezentāciju “Truly Affective AAL Systems” (28.09.2017.).
2. Konkursā “Research Slam 2016” ar prezentāciju “Mākslīgais intelekts un emocijas virtuālajos skolotājos” (07.04.2016.).
3. RTU maģistra studiju programmas “Datorsistēmas” studiju kursā “Zinātniskais seminārs” latviešu un ārzemju studentiem 2016. g. novembrī, 2017. g. februārī un 2018. g. martā:
 - a) 2016. g. “Emocionālā skaitļošana un emocionāli intelektuālas mācību sistēmas”;
 - b) 2017. g. “Affective Computing and Affective Tutoring Systems”;
 - c) 2018. g. “Emotions in Intelligent Tutors”.
4. RTU bakalaura studiju programmas “Datorsistēmas” studiju kursā “Mākslīgā intelekta pamati” latviešu un ārzemju studentiem 2015. g. un 2017. g. septembrī:
 - a) 2015. g. “Intelligent Tutoring Systems: Past, Present, Future”;
 - b) 2017. g. “Emocionālā skaitļošana un emocionāli intelektuālas mācību sistēmas”
 - c) 2017. g. “Affective Computing and Affective Tutoring Systems”.

Aizstāvēšanai izvirzītās tēzes

1. Lai intelektuālās mācību sistēmās pedagoģiskais modulis spētu nodrošināt pilnvērtīgu mācību procesa adaptāciju, tajā ir svarīgi iekļaut dažāda līmeņa mācību stratēģijas.
2. Individualizēta mācību procesa imitēšanā intelektuālām mācību sistēmām ir nepieciešama studenta emocionālā stāvokļa modelēšana, lai šādu sistēmu spējas būtu līdzvērtīgas cilvēku-skolotāju spējām.
3. Šobrīd izstrādātās emocionāli intelektuālās mācību sistēmas nespēj nodrošināt pilnvērtīgu mācību procesa, jo īpaši zināšanu vērtēšanas, adaptāciju studenta emocionālajam stāvoklim.
4. Emocionāli intelektuālu mācību sistēmu apvienošana ar spēlēs balstītu zināšanu vērtēšanu ļautu mazināt studenta negatīvās emocijas un to nelabvēlīgo ietekmi uz mācību procesu.

5. Spēlēs balstīta zināšanu vērtēšana izraisa studentos plašāku emociju klāstu un veicina pozitīvu emociju klātbūtni, bet ievērojami neuzlabo studentu zināšanu novērtējumus.

Darba struktūra

Promocijas darbā ir ievads, četras nodaļas, secinājumi, bibliogrāfija un 14 pielikumu.

Ievadā ir aprakstīta apskatāmā problēma un tās aktualitāte, formulēts darba mērķis un mērķa sasniegšanai nepieciešamie uzdevumi, kā arī identificētas promocijas darbā izmantotās pētījuma metodes. Papildus tam ir atspoguļots darba zinātniskais jaunieguvums un pētījuma praktiskā nozīmība. Ir aprakstīta darba aprobācija, uzskaitot darba gaitā tapušās publikācijas, dalību konferencēs, projektos un prezentācijas citos publiskos pasākumos.

Promocijas darba 1. nodaļa ir veltīta intelektuālas mācību sistēmas jēdziena un uzbūves izpētei. Galvenais uzsvars nodaļā likts uz pedagoģiskā moduļa darbības analīzi un lomu mācību procesa pielāgošanā. Nodaļā definēts mācību stratēģiju jēdziens.

Promocijas darba 2. nodaļā ir analizēta emociju un mācīšanās saistība, kā arī pētīts jēdziens “emocionāli intelektuāla mācību sistēma”. Nodaļā apskatītas eksistējošās sistēmas un salīdzinātas to adaptācijas spējas, liekot uzvaru uz emociju apstrādi. Nodaļas beigās identificēti būtiskākie emocionālie intelektuālu mācību sistēmu trūkumi un to izstrādes problēmas.

Promocijas darba 3. nodaļa ir veltīta izglītojošo spēļu un spēlēs balstītas mācīšanās izpētei, kā arī piedāvāts risinājums, kas integrē emocionāli intelektuālas mācību sistēmas ar izglītojošām spēlēm mācīšanās efektivitātes uzlabošanai. Turklāt šajā nodaļā ir izstrādāta pieeja, ietverot makro un mikropielāgošanās līmeņus, lai nodrošinātu mācību procesa adaptāciju, kā pamatfaktoru izmantojot arī emociju analīzi.

Promocijas darba 4. nodaļā ir īstenota emocionāli intelektuālas mācību sistēmas un izglītojošās spēles izstrāde. Nodaļā ir detalizēti aprakstīts veiktais empīriskais pētījums emocionāli intelektuālas mācību sistēmas pārbaudei.

Promocijas darba rezultāti un secinājumi ir apkopoti darba beigās.

1. INTELEKTUĀLAS MĀCĪBU SISTĒMAS UN INDIVIDUALIZĒTS MĀCĪBU PROCESS

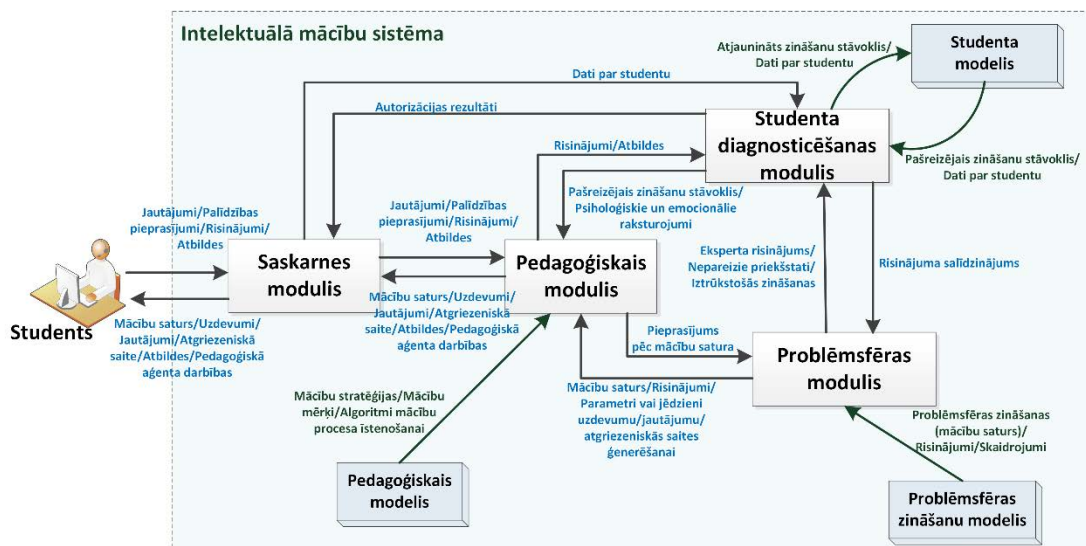
Šajā nodaļā ir izpētīts intelektuālo mācību sistēmu jēdziens, šo sistēmu uzbūve un veidojošo komponentu būtība, funkcijas un savstarpējā mijiedarbība, detalizētāk analizējot pedagoģisko moduli un tā lomu individualizētas mācīšanas nodrošināšanā. Nodaļā izpētītas arī mācību stratēģijas un to loma mācību procesa norisē.

1.1. Intelektuālas mācību sistēmas un to uzbūve

Cilvēku-skolotāju īstenotā individualizētā mācīšanas pieeja vienmēr ir tikusi uzskatīta par visefektīvāko mācību veidu zināšanu un prasmju apguvei [1], [2], līdz ar to ir tikai pašsaprotami, ka idejas par šādu izglītošanas veidu ienāca arī datorizēto mācību sistēmu izstrādē. Izmantojot mākslīgā intelekta (MI) metodes un padarot mācību procesu ar šīm sistēmām tuvāku cilvēku-skolotāju īstenotajam mācību procesam, tika radīta jauna datorizēto mācību sistēmu paaudze – intelektuālās mācību sistēmas (IMS), kuru mērķis ir nodrošināt individualizētu mācību procesu un atgriezenisko saiti, kas atbilstu konkrētā studenta mācīšanās vajadzībām, zināšanām un mācīšanās prasmēm [1].

IMS funkcionalitātes nodrošināšanā liela loma ir tās arhitektūru veidojošām pamatkomponentēm [11]: problēmsfēras modulim (*domain module*), studenta diagnosticēšanas modulim (*student diagnosis module*), pedagoģiskajam modulim (*pedagogical module*) un saskarnes modulim (*interface module*). Problēmsfēras modulis (saukts arī par eksperta moduli) ietver visas tās zināšanas un prasmes, ko ir paredzēts ar IMS palīdzību mācīt studentam. Studenta diagnosticēšanas modulis vāc informāciju par studentu (viņa/viņas mācību progresu, zināšanām, prasmēm, mācīšanās stilu, uzvedību, interesēm, kognitīviem procesiem, psiholoģiskajām īpašībām, emocijām, motivācijas līmeni u. c. raksturlielumiem) un studenta modelēšanas jeb diagnostikas rezultātā veido studenta modeli. Saskarnes modulis, saukts arī par komunikācijas moduli, nodrošina mijiedarbību starp studentu un pārējām IMS komponentēm ar dažādu ierīču, piemēram, peles vai tastatūras palīdzību [12]. Pedagoģiskā moduļa mērķis jebkurā IMS ir pieņemt lēmumus, kas saistīti ar mācību procesa norisi, kā arī tas plāno un regulē mijiedarbību ar studentu. Detalizētāka šī moduļa analīze ir veikta nākamajā apakšnodaļā.

Balstoties uz IMS komponentu analīzi, promocijas darbā ir izveidots vizuāls apkopojums par komponentu mijiedarbību un nodotajiem datiem, kā arī mijiedarbību ar studentu (1.1. att.). Darbā ir izveidots arī apkopojums par katra moduļa nodrošinātajām funkcijām, izmantotajām zināšanām un/vai datiem funkciju īstenošanai, kā arī analizēta mijiedarbība ar citām IMS komponentēm. Šis apkopojums pieejams 1.1. tabulā.



1.1. att. IMS moduļu savstarpējā mijiedarbība un komunikācija ar studentu.

1.2. Pedagoģiskais modulis un tā loma individualizētā mācīšanā

Pedagoģiskais modulis ir IMS komponente, kas imitē cilvēku-skolotāju un nosaka piemērotākās mācību stratēģijas [13], īstenojot individualizētu mācīšanu (*tutoring*), kurā lielākoties skolotājs māca 1–3 studentus, sniedz norādījumus un vada mācību procesu [14].

Promocijas darbā ir veikta dažādu IMS arhitektūru un tajās ietvertu pedagoģisko komponentu analīze [15]–[18], izveidojot apkopojumu par pedagoģiskās komponentes nosaukumu dažādību. Daži no identificētajiem nosaukumiem ir, piemēram, pedagoģiskais modulis, mācību (mācību modelēšanas) modulis, instruktora modulis, mācību stratēģiju modulis, individuālās mācīšanas modulis, skolotāja modulis, u. c. Taču darbā tiek lietots jēdziens “Pedagoģiskais modulis”, jo tas ir vispārīgi vērsts uz pedagoģijas jomu un paredz gan pedagoģisko zināšanu, gan mācību pieeju izmantošanu mācību procesa īstenošanai.

Pedagoģiskā moduļa funkcionalitātes nodrošināšanai ir nepieciešamas pedagoģiskās zināšanas, kas ir ļoti svarīgas gan cilvēkam-skolotājam, gan IMS, jo tās sniedz zināšanas par to, kad iejaukties mācību procesā, pamatojoties uz studenta apgūtajām zināšanām un prasmēm, mācīšanās stilu un emocijām, ļaujot skolotājam pielāgot savas atbildes reakcijas atsevišķiem studentiem. Vispārējās pedagoģiskās zināšanas, pedagoģiskā satura zināšanas un zināšanas par mācību procesa plānošanu ir fundamentālas jebkurai pedagoģiskajam modulim [19].

Apkopojums par IMS komponentēm

Modulis	Funkcijas	Vajadzīgās zināšanas	Mijiedarbība ar citiem moduļiem (nosūtītie dati)
<p align="center">Studenta diagnosticēšanas modulis</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vākt informāciju par studentu un viņa/viņas raksturojumiem, uzdodot tiešus jautājumus vai uzraugot studenta veiktās darbības un citas aktivitātes • Veikt studenta modelēšanu, spriežot par zināšanu stāvokli un prasmēm (studenta modeļa izveide vai atjaunošana) • Diagnosticēt studenta iztrūkstošās zināšanas un/vai nepareizos priekšstatus • Atjaunot informāciju par studenta mācību progresu • Reģistrēt studenta veiktās darbības • Prognozēt iespējamās studenta atbildes reakcijas uz mācību darbībām 	<ul style="list-style-type: none"> • Informācija par studentu – studenta paša ievadītie dati par sevi, sniegtās atbildes, risinājumi vai veiktās darbības sistēmā • Apgūtās/nezināmās tēmas, nepareizie priekšstati, dažādi parametri attiecībā uz studenta kognitīviem, psiholoģiskiem, emocionāliem raksturojumiem, mācīšanās mērķiem, mācīšanās stilu, interesēm u. c. • Studenta risinājums vai nesniegtās atbildes • Eksperta risinājums/atbilde • Tipiskākās kļūdas • Nepietiekamās zināšanas • Studenta zināšanu novērtējums 	<ul style="list-style-type: none"> • Informācija no studenta modeļa (par pašreizējo zināšanu stāvokli, kļūdām, psiholoģiskiem raksturojumiem u. c.) tiek pārsūtīta pedagoģiskajam moduļim tālāko mācību darbību izvēlei un īstenošanai • Saskaņes moduļim tiek nosūtīti autorizācijas rezultāti (sekmīga vai nesekmīga autorizācija) • Problēmsfēras moduļim tiek nosūtīts risinājuma salīdzinājums, lai identificētu apgūto, pieļautās kļūdas un iztrūkstošās zināšanas
<p align="center">Problēmsfēras modulis</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Glabāt un izgūt problēmsfēras eksperta zināšanas un ar tām saistītās komponentes (teorētisko materiālu, uzdevumus, risinājumus, atbildes, mājienu u. c.) • Ģenerēt jautājumus, risinājumus (vai starpsolus), atbildes un skaidrojumus risinājumam vai risinājuma salīdzinājuma rezultātam • Izsecināt jaunas zināšanas no problēmsfēras modeļa attiecībā uz konkrēto uzdevumu vai problēmu risinājuma ģenerēšanai (jāpiemīt spējai mācīties) • Identificēt kļūdas studenta risinājumā un noteikt iztrūkstošās zināšanas, kas tās izraisīja • Identificēt izplatītākās sistemātiskās kļūdas studenta atbildēs/risinājumos 	<ul style="list-style-type: none"> • Problēmsfēras zināšanas un to saistība • Algoritmi uzdevumu/problēmu risinājumu (risinājuma soļu) un atbilžu ģenerēšanai, lai atbildes/risinājumus varētu salīdzināt • Algoritmi eksperta risinājuma vai studenta/eksperta risinājuma salīdzinājuma rezultātu izskaidrojumu ģenerēšanai • Algoritmi zināšanu izgūšanai un jaunu zināšanu izsecināšanai risinājuma ģenerēšanas atbalstam 	<ul style="list-style-type: none"> • Studenta diagnosticēšanas moduļim tiek nosūtīts eksperta risinājums studenta risinājuma pārbaudei, kā arī identificētās iztrūkstošās zināšanas • Pedagoģiskajam moduļim tiek pārsūtīts studenta zināšanām piemērots teorētiskais mācību saturs, prasmēm atbilstošas risināmās problēmas vai uzdevumi, atgriezeniskā saite vai vajadzīgais mācību saturs atgriezeniskās saites, uzdevumu un jautājumu ģenerēšanai

1.1. tabula (turpinājums)

Apkopojums par IMS komponentēm

Modulis	Funkcijas	Vajadzīgās zināšanas	Mijiedarbība ar citiem moduļiem (nosūtītie dati)
<p>Studenta diagnostiecēšanas modulis</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Glabāt pedagoģiskajā modelī mācību mērķus un plānus to sasniegšanai, mācību stratēģijas • Kontrolēt un vadīt mācību procesu un mijiedarbību ar studentu • Izvēlēties piemērotāko mācību stratēģiju mācību procesa organizēšanai • Izvēlēties mācāmo problēmsfēras daļu, attēlojamo mācību saturu, tā piedāvāšanas secību un veidu • Ģenerēt studentam piemērotus uzdevumus, problēmas, jautājumus • Uzraudzīt studenta mācīšanos • Noteikt iekļaušanās brīdi, veidu, saturu un realizēt iekļaušanos • Reaģēt uz studenta palīdzības pieprasījumiem, sniegt atbildes • Vērtēt studenta pašreizējās zināšanas 	<ul style="list-style-type: none"> • Pedagoģiskās zināšanas un studenta zināšanu un problēmsfēras zināšanu salīdzinājums • Mācību mērķi • Izmaiņas studenta darbībā/progresā – neatbilstības starp studenta zināšanām un eksperta zināšanām • Iekļaušanās veids un saturs • Informācija no studenta modeļa par pašreizējo studenta zināšanu stāvokli un prasmēm • Informācija par iztrūkstošajām zināšanām, ko nepieciešams iegūt turpmākajā mācību procesā • Informācija no studenta modeļa par studenta raksturojumiem, mācīšanās stilu u. c. īpašībām 	<ul style="list-style-type: none"> • Saskarnes modulim tiek nosūtīta studentam izvadāmā informācija un ar pedagoģiskā aģenta palīdzību realizējamās mācību darbības, dialogs un IMS attieksme pret studenta mācīšanos • Studenta diagnostiecēšanas modulim tiek pārsūtīts studenta iesniegtais uzdevuma risinājums vai sniegtās atbildes tālākai salīdzināšanai ar eksperta risinājumu vai atbildēm • Problēmsfēras modulim tiek nosūtīts pieprasījums pēc mācību materiāla, paskaidrojumiem un/vai uzdevuma, problēmas risinājuma uzģenerētiem uzdevumiem
<p>Problēmsfēras modulis</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nodrošināt IMS grafisko lietotāja saskarni un tās pielāgošanu • Imitēt ar pedagoģisko aģentu cilvēka-skolotāja vizuālo tēlu, darbības un citus raksturojumus • Nodrošināt autorizāciju • Īstenot IMS komunikāciju ar studentu un studenta komunikāciju ar IMS • Pārvaldīt dažādu ievadizvadierīču izmantošanu • Izvadīt informāciju studentam pielāgotā veidā • Pārsūtīt studenta ievadīto informāciju pārējām IMS komponentēm 	<ul style="list-style-type: none"> • IMS lietošanas apguves līmenis • Attēlojamā informācija • Ar pedagoģiskā aģenta palīdzību īstenojamās mācību darbības, dialogs un paustā IMS attieksme pret studenta paveikto 	<ul style="list-style-type: none"> • Uz pedagoģisko moduli tiek pārsūtīta informācija par studenta iesniegtajiem risinājumiem vai atbildēm, palīdzības pieprasījumiem, uzdotajiem jautājumiem • Uz studenta diagnostiecēšanas moduli tiek nosūtīti ievadītie vai novērotie dati par studentu (identificējošā informācija, raksturojumi, veiktās darbības)

Darbā ir analizētas eksistējošās IMS un apkopota dažāda veida informācija, kas tiek tajās glabāta un nodrošina pedagoģiskā moduļa pilnvērtīgu funkcionalitāti [18]–[22], ietverot:

- mācību mērķus, kas var tikt izvēlēti atkarībā no studenta progresā;
- zināšanas par mācību stratēģijām jeb mācīšanas likumu kopumu;
- zināšanas par mācību plānu konkrēta mācību satura pasniegšanai;
- zināšanas par mācību metodēm mācību satura piedāvāšanai;
- algoritmus iejaukšanās brīža un veida noteikšanai un realizēšanai;
- zināšanas par iejaukšanās procesu vai iejaukšanās komponentes;
- algoritmus uzdevumu, problēmu vai jautājumu ģenerēšanai;
- algoritmus atbilžu sniegšanai uz studenta uzdotajiem jautājumiem;
- algoritmus mijiedarbības īstenošanai, kas ļauj regulēt kontroli pār mācību aktivitātēm.

Apkopojot informāciju par pedagoģiskā moduļa funkcionalitāti un nozīmi [13], [15]–[17], jāsecina, ka pedagoģiskā moduļa galvenā funkcija ir saistīta ar dažādu pedagoģisko lēmumu pieņemšanu. Tos ir iespējams iedalīt trīs kategorijās:

- 1) lēmumi, kas nosaka, kad mācīt vai iejaukties mācību procesā;
- 2) lēmumi, kas nosaka, ko mācīt (ar ko iejaukties mācību procesā);
- 3) lēmumi, kas identificē, kā (kādā veidā) mācīt.

Visas iepriekš minētās lēmumu kategorijas tiek realizētas, lai sasniegtu galveno pedagoģiskā moduļa mērķi – atspoguļot mācību procesu un nodrošināt tā norisi, imitējot cilvēku-skolotāju un viņa/viņas pedagoģisko pieeju vai izmantotās mācību metodes, lai novērstu atšķirības starp problēmsfēras eksperta zināšanām un studenta zināšanām [15], [17]. Šī mērķa sasniegšanai šajā nodaļā ir izveidots apkopojums par pedagoģiskā moduļa realizētajām funkcijām [13], [16], [17], kas atsevišķās IMS bieži vien tiek dēvētas arī par mācību mērķiem:

- pielāgot/uzlabot mācību stratēģijas, balstoties uz informāciju studenta modelī;
- ģenerēt, uzraudzīt, novērtēt un modificēt mācību plānu;
- vadīt studentu mācību procesā, lai veicinātu viņa/viņas mācību rezultātus un progresu;
- novērtēt studenta zināšanas un sniegumu;
- novērst studenta zināšanu trūkumus vai labot nepareizos priekšstatus;
- palīdzēt studentam uztvert, saprast un apgūt zināšanas efektīvā veidā;
- veicināt studenta iesaistīšanos, uzturēt motivāciju un palīdzēt pārvaldīt negatīvās emocijas;
- īstenot dialogu (mijiedarbību) ar studentu.

Neatkarīgi no IMS realizētā mācību mērķa tās adaptācijas efektivitāte būs atkarīga no tā, cik labas ir pedagoģiskajā modelī ietvertās pedagoģiskā satura zināšanas jeb mācību stratēģijas un cik veiksmīgi pedagoģiskais modulis spēj tās izvēlēties attiecīgā brīdī [23].

1.3. Mācību stratēģijas un to nozīme mācību procesā

Mācību stratēģijas ir cilvēku-skolotāju galvenie līdzekļi, lai kontrolētu mācīšanās gaitu un studenta progresu [24]. Pedagoģijā ar mācību stratēģiju tiek saprasta vispārēja mācību pieeja vai lietotā metodoloģija mācību satura secīgai sakārtošanai, izvēlei un piedāvāšanai, īstenojamo

mācību aktivitāšu identificēšanai un lēmumu pieņemšanai attiecībā uz to īstenošanas formu [25]. Tās galvenais mērķis ir mācību procesa pielāgošana un nodrošināšana, lai pietuvinātu studentu mācību mērķu sasniegšanai [23].

Promocijas darbā, apkopojot informāciju par mācību stratēģiju nozīmi un lietojumu IMS [26]–[28], mācību stratēģijas ir definētas šādi: mācību stratēģija ir pirms mācību procesa uzsākšanas definēts vai reālā laikā pielāgots IMS rīcības plāns, kas ietver noteiktas mācību darbības no vairākām iespējamām konkrēta mācību mērķa sasniegšanai. Šo plānu izmanto pedagoģiskais modulis, lai vadītu mijiedarbību ar studentu un pārvaldītu mācību procesa norisi, secīgi sakārtojot un vajadzīgā brīdī izvadot atsevišķa studenta raksturojumiem pielāgotu mācību saturu, kas ļautu radīt izaicinājumu studenta zināšanām un prasmēm un veicinātu viņa/viņas iesaistīšanos mācību procesā. Vairums mācību stratēģiju, neņemot vērā to dažādību un sarežģītību, balstās uz fundamentālu trīs soļu procesu [25]:

- teorijas mācīšanu – teorētiskā mācību materiāla izklāsts;
- praksi – uzdevumu risināšana vai teorētisko zināšanu lietošana praksē;
- zināšanu vērtēšanu – atgriezeniskās saites nodrošināšana, veicot zināšanu vērtēšanu.

Svarīgi atzīmēt arī to, ka mācību stratēģijas lielākoties tiek apskatītas neatkarīgi no problēmsfēras. Tās var pastāvēt divos dažādos līmeņos atkarībā no to izvēles un izmantošanas pedagoģisko lēmumu pieņemšanas procesā [23]:

- makropielāgošanas līmenī (makrostratēģijas) – šajā līmenī mācību stratēģijas tiek pieņemtas pirms mācību procesa uzsākšanas atkarībā no studenta iepriekšējām zināšanām;
- mikropielāgošanas līmenī (mikrostratēģijas) – šajā līmenī mācību stratēģijas tiek pieņemtas mācību procesā, balstoties uz studenta sniegumu un citiem raksturlielumiem.

Šajos līmeņos pedagoģiskajam modulim jāspēj spriest par studenta zināšanu stāvokli un citiem raksturojumiem (ieskaitot emocijas) un pieņemt atbilstošus pedagoģiskos lēmumus, lai sasniegtu noteiktus mācību mērķus un tuvinātu studentu vēlamu mācību rezultātu sasniegšanai. Saistībā ar mācību stratēģijām ir analizēti vēl divi termini – meta-stratēģija un mācību taktikas. Meta-stratēģija atspoguļo pieeju vai algoritmu konkrētas stratēģijas izvēlei no pieejamā mācību stratēģiju klāsta atkarībā no izmaiņām mācību vidē, savukārt mācību taktikas apzīmē mācību darbības, kas vērstas uz konkrēta īstermiņa mērķa sasniegšanu un tiek realizētas saskaņā ar izvēlētajām mācību stratēģijām [29]. Starp visiem iepriekš aprakstītajiem jēdzieniem, kas attiecās uz mācību stratēģijām, pastāv hierarhiska saistība (1.2. att.).



1.2. att. Saistība starp mācību stratēģijām un mācību taktikām.

Līdz šim viens no svarīgiem kritērijiem mācību stratēģijas izvēlei ir bijis studenta mācīšanās stils, kas nosaka viņa/viņas vēlamā mācīšanās veidu, bet vienots veids mācīšanās stilu klasificēšanai nepastāv, tāpēc promocijas darbā ir analizēti citi veidi, kas ļautu iegūt informāciju par studentu plašākā kontekstā, piemēram, personības analīze, izmantojot piecu faktoru modeli (*Five Factor Model*). Tas ļauj iegūt raksturojumu par iespējamo studenta mācīšanās uzvedību, personību un emocionāliem raksturojumiem [30], apkopojot šo informāciju piecās pamata dimensijās: atvērtība pieredzei, apzinīgums, ekstraversija, labvēlīgums un neirotisms [31].

Analizējot eksistējošos pētījumus saistībā ar personības ietekmi uz mācību procesu, jāsecina, ka informācija par studenta personību var tikt izmantota, lai identificētu vairākus mācību procesu ietekmējošus faktorus [32]:

- studenta pamata garastāvokli, kas ietekmē arī noslieci uz noteiktām emocijām;
- studenta mācīšanās stilu;
- studenta mācīšanās mērķus;
- studenta iekšējo motivāciju mācīties un tieksmi uz sasniegumiem mācībās;
- piemērotākā skolotāja personības un mācīšanas pieejas izvēli konkrētam studentam.

Līdz ar to piemērotākā skolotāja personība un mācību stratēģija lielā mērā ir atkarīga no paša studenta personības iezīmēm.

1.4. Kopsavilkums

Šajā darba nodaļā ir veikta IMS un to attīstību ietekmējošo pētījumu analīze ar mērķi izprast un raksturot šādu sistēmu galvenās komponentes, to būtību, savstarpējo mijiedarbību un funkcijas individualizētas mācīšanas nodrošināšanā. Nodaļā ir īstenota detalizēta pedagoģiskā moduļa izpēte, analizējot tā mērķus, funkcionalitāti un lomu pedagoģisko lēmumu pieņemšanā. Turklāt ir apskatīts mācību stratēģiju jēdziens IMS kontekstā un īstenota plašāka ar mācību stratēģijām saistīto terminu analīze, izpētot, kā katrs no tiem ir attiecināms uz mācību procesa pielāgošanu.

Nodaļā ir realizēti šādi uzdevumi:

- veikta IMS izpēte, nosakot to būtiskākos raksturojumus, funkcionalitāti realizējošās pamatkomponentes, to uzdevumus un mijiedarbību, kā arī analizētas komponentēs ietvertās un apstrādātās zināšanas mācību procesa nodrošināšanai;
- raksturota individualizēta mācību procesa būtība un analizēta tā realizācija IMS, uzsvaru liekot uz pedagoģisko moduli un tā lomu individualizētā mācīšanā;
- veikta mācību stratēģiju un ar to saistīto jēdzienu analīze, kā arī identificēta to nozīme individuālas mācīšanas nodrošināšanā un pielāgošanā;
- veikta studenta personības analīze mācību procesa pielāgošanas kontekstā, izpētot personības ietekmi uz dažādiem mācību procesa aspektiem.

Nodaļā ir sasniegti šādi rezultāti:

- definētas IMS būtību raksturojošas īpašības un tradicionālo arhitektūru veidojošās komponentes un to loma pielāgota mācību procesa īstenošanā;

- veikts apkopojums par IMS komponentēm, to funkcijām, vajadzīgajām zināšanām un/vai datiem funkciju īstenošanai, kā arī aprakstīta komponentu savstarpējā mijiedarbība, skatoties no informācijas apmaiņas viedokļa;
- identificēti individualizētas mācīšanas raksturojumi un atšķirības no tradicionālā mācību procesa, piemēram, mācoties klasē;
- izpētīta pedagoģiskā moduļa nozīme individualizētas mācīšanas nodrošināšanā, definēts šī moduļa galvenais mērķis un identificētas moduļa pilnvērtīgai darbībai nepieciešamās zināšanas un to veidi;
- izdalīta dažāda veida informācija un pedagoģiskās zināšanas, kas tiek glabātas IMS un ko izmanto pedagoģiskais modulis mācību procesa īstenošanai;
- identificētas un analizētas trīs pedagoģisko lēmumu kategorijas, par kuru pieņemšanu ir atbildīgs tieši pedagoģiskais modulis;
- definētas mācību stratēģijas un izdalītas to kategorijas atkarībā no stratēģiju iegūšanas avota;
- veikta ar mācību stratēģijām saistīto terminu izpēte un identificēts, kā katrs no tiem ir attiecināms uz mācību procesa pielāgošanu dažādos līmeņos;
- identificēti dažādi mācību procesu ietekmējošie faktori un studenta raksturojumi, ko ietekmē personība un kas var tikt izmantoti mācību procesa pielāgošanā.

Galvenie šīs nodaļas teorētiskie rezultāti ir izveidotais apkopojums par IMS uzbūvi veidojošo komponentu būtību, funkcijām un savstarpējo mijiedarbību. Nodaļā ir piedāvāta arī pedagoģiskā moduļa galvenā mērķa definīcija, pamatojoties uz tā realizētajiem uzdevumiem, un izdalītas pedagoģisko lēmumu kategorijas, kā arī ir piedāvāta mācību stratēģiju definīcija IMS kontekstā un ar stratēģijām saistīto terminu hierarhija.

2. EMOCIONĀLI INTELEKTUĀLAS MĀCĪBU SISTĒMAS

Šajā nodaļā ir analizēta emociju ietekme uz mācīšanos un pētītas eksistējošās teorijas un pieejas, kas sasaista emocijas ar mācīšanos, definējot prasības emocijās balstīta mācību procesa īstenošanai. Veikta arī jēdziena “Emocionāli intelektuāla mācību sistēma” (EIMS) izpēte un eksistējošo EIMS analīze, identificējot ar šāda veida sistēmu izstrādi saistītās problēmas.

2.1. Emocijās balstīts mācību process

Līdzšinējie pētījumi ir pierādījuši, ka emocijas spēj ietekmēt cilvēka uzvedību un dažādus kognitīvos procesus, piemēram, uzmanību, ilgtermiņa iegaumēšanu, lēmumu pieņemšanu u. c. Arī mācīšanās ietver dažādus kognitīvos procesus – izprašanu, atcerēšanos, analizēšanu, spriešanu un zināšanu lietošanu [6]. Pozitīvām emocijām ir būtiska loma radošuma un spējas pielāgoties attīstīšanā dažādu problēmu risināšanas laikā, kā arī tās spēj palielināt studenta motivāciju mācīties, savukārt negatīvas emocijas var bloķēt domāšanas procesus un traucēt koncentrēties, atcerēties, iegaumēt, loģiski spriest un secināt [33]. Emocijām mācību procesā ir iespējams definēt trīs dažādas funkcijas [34]: 1) signalizēšanas funkciju, kas norāda, piemēram, uz problēmām ar zināšanām vai motivāciju; 2) izvērtēšanas funkciju, kas novērtē notikumus to vērtīguma, mērķa nozīmīguma un mērķa atbilstības izteiksmē; 3) regulācijas funkciju, kas ierobežo vai paplašina studenta kognitīvās spējas, piemēram, samazina cilvēka koncentrēšanos vai veicina radošāku informācijas apstrādi.

Nodaļā ir analizētas eksistējošās teorijas, kas sasaista emocijas un mācīšanos, piemēram, kognitīvā līdzsvara zaudēšanas teorija (*cognitive disequilibrium theory*), kontroles-vērtību teorija (*control-value theory*), akadēmiskā riska teorija (*academic risk theory*), plūsmas teorija (*flow theory*) un pārbaudes uztraukuma teorija (*test anxiety theory*) [12]. Iepriekš minēto teoriju analīze ļauj secināt, ka tādi emocionālie stāvokļi kā apjukums, ziņkārība, interese, iegrimšana mācībās, prieks, garlaicība, neapmierinātība, satraukums un pārsteigums ir uzskatāmas par mācību procesam raksturīgām emocijām. Vairums no šīm emocijām ietekmē mācīšanos, darbojoties gan ar IMS, gan ar cilvēku-skolotāju, līdz ar to, izstrādājot IMS, kas spēj noteikt studenta emocijas un atbilstoši reaģēt uz tām, būtu jākoncentrējas tieši uz šīm emocijām [11].

Nodaļā ir analizētas arī emocijās balstītas mācību stratēģijas, kuru galvenais mērķis ir studenta emociju regulēšana vai to pārvarēšana. Emociju regulēšanas stratēģijas vērstas uz augsta emociju aktivizācijas līmeņa samazināšanu, un tās var būt saistītas gan ar negatīvām, gan ar pozitīvām emocijām [35]. Emociju pārvarēšanas stratēģijas fokusējas uz negatīvo emociju ietekmes samazināšanu, cenšoties tās pilnībā likvidēt, mazināt vai – sliktākajā gadījumā – tās pieņemt [36]. Bez minētajām emociju pārvarēšanas un regulēšanas stratēģijām darbā ir analizētas uz emocijās balstītu mācību procesu vērstas, teorētiski pamatotas pieejas – *ECOLE* jeb emocionālo un kognitīvo mācīšanās aspektu pieeja [37] un *FEASP* (*F*(ear)*E*(nvy)*A*(nger)*S*(ympathy)*P*(leasure)) pieeja [38]. Balstoties uz iepriekš minēto pieeju un stratēģiju analīzi, darbā ir identificētas tajās esošās kopīgās iezīmes un veikta to sadale uz visu mācību procesu kopumā, kā arī uz mācību stratēģijas pamatā esošajiem trīs soļiem (teorijas mācīšanu, praksi un zināšanu vērtēšanu), iegūstot prasības emocijās balstīta mācību procesa nodrošināšanai IMS:

Mācību procesā kopumā:

- jādefinē skaidra struktūra mācību procesam un saturam (ietekmē interesi un motivāciju);
- jānodrošina skaidri definēti mācību mērķi un to sasniegšanai izvirzītās prasības;
- jāparedz lielāka brīvība studentam attiecībā uz tēmu un uzdevumu izvēli;
- jāsniedz pēc uzdevumiem vai zināšanu pārbaudes studenta zināšanām atbilstoša atgriezeniskā saite, jāiedrošina nepadoties kļūdu gadījumā, norādot, pirmkārt, uz apgūto/pareizi atrisināto un tikai tad uz neapgūtajiem jēdzieniem, tēmām vai uzdevumiem, iesakot, kas būtu jādara, lai novērstu zināšanu nepilnības;
- jāorganizē mācību process tā, lai tas būtu vērsts uz mācību mērķu sasniegšanu pat neveiksmju gadījumā;
- jāfiksē iespējamie negatīvo emociju iemesli un izpausmes, lai savlaicīgi varētu reaģēt uz šīm emocijām, veicot izmaiņas mācību procesā;
- jānodrošina studentam iespēja atpūsties, izmantot humoru kā uzmanības noturēšanas veidu;
- jāīsteno mijiedarbība ar citiem studentiem un skolotāju, ieskaitot iespēju saņemt palīdzību;
- jāparedz vienlīdzīgas iespējas visiem studentiem saņemt un piekļūt mācību resursiem.

Teorijas mācīšanās:

- jāsniedz strukturēts un secīgs teorētiskā materiāla izklāsts – jāatspoguļo, kā tēmas ir savstarpēji saistītas (ietekmē interesi un motivāciju);
- jānodrošina teorētiskais materiāls dažādos veidos, atbalstot studenta mācīšanās stilu un atvieglojot materiāla uztveršanu.

Praksē:

- jāsaista uzdevumi ar studenta interesēm, palielinot uzdevumu vērtību studenta acīs;
- jānodrošina studentiem pašiem iespēja izvēlēties grūtības pakāpi vai jāpiedāvā uzdevumi ar grūtības pakāpi, kas ir atbilstoša studenta zināšanām vai ir nedaudz augstāka, radot izaicinājumu studenta spējām, kā arī tai pašā laikā izraisot aktivitāti veicinošas emocijas;
- jāpielāgo uzdevumi un mācību vide tā, lai tie atbilstu studenta mācīšanās vajadzībām, tad pastāv lielāka varbūtība pozitīvām, aktivitāti veicinošām emocijām;
- jānodrošina uzdevumi līdzīgi zināšanu vērtēšanas laikā paredzētajiem, lai studentus jau laikus sagatavotu vērtēšanas aktivitātei (tas samazina satraukumu un uzlabo pārlicību);
- jāizmanto spēlēm līdzīgas aktivitātes un uzdevumi (ietekmē iesaistīšanos un motivāciju);
- jāpozicionē kļūdas un neveiksmes kā iespēja mācīties, pieliekot papildu pūles.

Zināšanu vērtēšanā:

- jānodrošina objektīvi vērtēšanas kritēriji un skaidri saprotamas vērtēšanas metodes;
- jāievieš statistika jeb studenta progress, lai būtu kurp tiekties;
- jāīsteno pašnovērtēšanas iespējas (palielina iesaistīšanos un motivāciju).

2.2. Emocionāli intelektuālas mācību sistēmas un to analīze

Pēdējo 15 gadu laikā ir īstenoti pētījumi, kuru mērķis ir bijis piešķirt IMS spējas noteikt un modelēt studenta emocionālo stāvokli, uz to reaģēt un arī izrādīt pašas IMS emocijas, izmantojot

pedagoģiskos aģentus, rezultātā radot jaunu datorizēto mācību sistēmu paaudzi – EIMS [11]. Analizējot šāda veida sistēmu jēdzienu [4], [39], [40], darbā ir izveidots sinonīmu apkopojums, kas tiek izmantoti EIMS apzīmēšanai. Pie identificētajiem sinonīmiem var minēt tādas kā emocionāla, intelektuāla individuālā skolotāja sistēma, pret emocijām jutīga mācību sistēma, emocionāla mācību sistēma, emocijas izprotošs individuālais skolotājs u. c. Papildus tam darbā ir definēti arī iemesli, kas pamato emociju iekļaušanu IMS izstrādē [41]:

- emociju izprašana ļauj mazināt nenoteiktības riskus un traucējošu IMS iejaukšanos mācību procesā, kā arī uzlabot IMS pielāgoties spēju un uzticamību;
- emociju analīze ļauj noteikt, vai pieļautās studenta kļūdas ir vājās mācīšanās vai negatīvo emociju (piemēram, dusmu, apmulsuma, uztraukuma u. c.) dēļ;
- emociju atpazīšanas spējas ļauj pilnvērtīgāk imitēt cilvēka-skolotāja pedagoģisko lēmumu pieņemšanu, lai atbilstoši reaģētu un sniegtu piemērotu atgriezenisko saiti;
- savlaicīgi atpazīstot studenta negatīvās emocijas un izmainot tās uz pozitīvām, ir iespēja nodrošināt mācībām atbilstošu emocionālo stāvokli;
- IMS ar emociju noteikšanas spējām ļauj mazināt negatīvo emociju efektu, paaugstinot motivāciju un uzlabojot studenta mācīšanos un mācību rezultātus;
- emociju atpazīšanas spēju ietveršana IMS ļauj veicināt studenta iesaistīšanos un pārliecību saviem spēkiem mācību procesā.

Apkopojot informāciju par dažādiem piedāvātajiem EIMS definējumiem un EIMS izstrādes mērķiem, promocijas darbā ir formulēta EIMS definīcija [41]: EIMS ir IMS, kas imitē cilvēku-skolotāju un viņa pielāgošanās spējas ne tikai studenta zināšanās, bet arī emocionālajam stāvoklim, lai iejauktos mācību procesā (atbilstoši reaģētu) tikai tajā brīdī, kad studenta emocionālais stāvoklis var apdraudēt viņa/viņas vēlmi iesaistīties mācību procesā, atstājot negatīvas sekas uz zināšanu iegūšanu un mācību rezultātiem. Lai IMS varētu dēvēt par emocionāli intelektuālu, tai jāspēj:

- noteikt piemērotāko emocionālo stāvokli konkrētajam studentam, lai veicinātu mācīšanos;
- atpazīt studenta pašreizējo emocionālo stāvokli, analizējot dažādus datu avotus;
- analizēt konstatēto emociju ietekmi uz mācīšanos un pieņemt pedagoģisku lēmumu, lai atbilstoši reaģētu uz atpazītajām emocijām:
 - iejaukties mācību procesā, ja tiek konstatētas emocijas, kas var negatīvi ietekmēt noteiktu mācību mērķu sasniegšanu;
 - neiejaukties, ja tiek konstatētas emocijas, kas veicina mācīšanos, lai šādā veidā netraucētu studentam mācīties un neradītu pamatu negatīvām emocijām;
- iejaukšanās gadījumā atbilstoši pielāgot mācību stratēģijas un izvēlēties turpmākās realizējamās mācību darbības, ņemot vērā gan studenta zināšanas, gan emocijas;
- analizēt īstenoto mācību darbību ietekmi uz studenta emocionālo stāvokli, lai izmantotu šo informāciju kā atgriezenisko saiti IMS darbības efektivitātes uzlabošanai.

Analizējot pieejamo informāciju par EIMS un to arhitektūras atšķirībām salīdzinājumā ar tradicionālajām IMS, promocijas darbā ir apkopotas vairākas papildkomponentes, kas veido EIMS emocionālās uzvedības modeli [41]. Pirmā komponente parasti ir saistīta ar automātisku studenta emocionālā stāvokļa identificēšanu. Otrā komponente ir emocijās balstīts pedagoģiskais

modulis, kas nodrošina spriešanu par pašreizējo mācību situāciju un ļauj īstenot turpmākā mācību procesa pielāgošanu. Trešā komponente ir pašas EIMS emociju izrādīšanas modulis.

Darbā ir veikta eksistējošo EIMS analīze, fokusējoties uz studenta emociju identificēšanu, pašas EIMS emociju izrādīšanu un mācību procesa pielāgošanu. Nodaļā ir apskatītas un analizētas 17 EIMS matemātikas, fizikas, bioloģijas, medicīnas, valodu un citu problēmsfēru apgūvei. Detalizēti analīzes rezultāti attiecībā uz emociju identificēšanu (izmantotajiem sensoriem, nolasītajām iezīmēm un klasifikācijas metodēm) ir atspoguļoti 2.1. tabulā [41].

2.1. tabula

Apkopojums par emociju identificēšanu eksistējošās EIMS

Sensori	Emocijas raksturojošās iezīmes	Klasificēšanai izmantotās metodes	Identificētās emocijas
Fizioloģiskie sensori <ul style="list-style-type: none"> • ādas vadītspējas sensori • sirdsdarbības sensori • elektromiogrāfs Taustes/spiediena sensori <ul style="list-style-type: none"> • sensori uz peles • sensori uz krēsla Novērošanas sensori <ul style="list-style-type: none"> • videokamera • acu izsekotāji • mikrofons Bez sensoriem <ul style="list-style-type: none"> • emociju prognozēšana • pašnovērtējums • mijiedarbības/uzvedības analīze 	<ul style="list-style-type: none"> • sejas iezīmes vai apgabali • ķermeņa valoda • fizioloģiskie signāli (muskulu kustības, smadzeņu aktivitāte) • ievadītais teksts • runa • ievades ierīču izmantošana • mijiedarbība ar sistēmu • studenta uzvedības paraugi 	<ul style="list-style-type: none"> • neironu tīkli • naivais Baijess • dinamiskais Baijesa tīkls • loģistiskā regresija • lineārā regresija • soļu regresija • atbalsta vektoru mašīnas • tuvāka kaimiņa metode • lēmumu koki • nestriktā loģika • neuzraudzītā klasterēšana • diskriminanta funkcija 	<ul style="list-style-type: none"> • dusmas • riebums • bailes • prieks • skumjas (bēdas) • izbrīns (pārsteigums) • ieinteresētība (plūsma) • apmulsums • garlaicotība • neapmierinātība • uztraukums • neitrālas emocijas • pārliecinātība • kauns • lepnums • vilšanās

Lai izprastu līdzšinējo situāciju attiecībā uz mācību procesa un mācību aktivitāšu pielāgošanu studenta emocijām, nodaļā ir izveidots apkopojums (2.2. tab.), kurā ir iekļauta informācija par studenta emocijām pielāgotajām mācību aktivitātēm katrā no apskatītajām EIMS. Kopumā ir izdalītas septiņas aktivitātes, kas ietver pašu mācību procesa sākotnējo plānošanu, visus trīs mācību procesa soļus un trīs aktivitātes, kas izkristalizējās, pētot sistēmas.

2.3. Emocionāli intelektuālo mācību sistēmu analīzes rezultātu apkopojums

Stiprās puses

Attiecībā uz mācību procesam raksturīgo emociju noteikšanu jāsecina, ka, ja sākotnēji izstrādātajās EIMS tika identificētas pamata emocijas, kuru atpazīšana ir salīdzinoši vienkārša, balstoties uz sejas iezīmju klasificēšanu, tad tagad EIMS izstrādātāji tomēr koncentrējas uz emocijām, kas var ietekmēt studenta mācīšanos [41]. Lielākā daļa EIMS izmanto pedagoģiskos aģentus, kas imitē cilvēkus-skolotājus, viņu uzvedību un emocijas. Aģenti ļauj paaugstināt EIMS komunikācijas spējas un izrādīt pašas EIMS emocijas, kā arī veicināt studenta iesaistīšanos mācību procesā un uzlabot viņa/viņas motivāciju mācīties.

Attiecībā uz mācību stratēģiju realizāciju eksistējošās EIMS jāsecina, ka vairums sistēmu īsteno vairāk nekā vienu mācību stratēģiju (galvenokārt izmanto 2–3 mācību stratēģijas), no

kurām lielākoties viena ir tieši atbalsta sniegšana. Līdz ar to atgriezeniskās saites nodrošināšana ir biežāk pielāgotā aktivitāte studenta emocijām, jo to ir iespējams realizēt salīdzinoši ātri un vienkārši, piešķirot atgriezeniskai saitei emocionālu raksturu. Šīs aktivitātes īstenošanā liela loma parasti ir tieši pedagoģiskajiem aģentiem, kas šādā veidā pauž pašas EIMS emocijas, reaģējot uz studenta darbībām vai rezultātiem. Nākamās biežāk sastopamās stratēģijas ir Sokrātiskā metode (jautājumu uzdošana un pareizās atbildes izvilināšana) un vadītā mācīšanās, atklājot, kad students pats apgūst zināšanas, meklējot atbildes un mācoties no pieļautajām kļūdām.

Teorijas mācīšanās galvenokārt tiek ņemts vērā mācīšanās stils, veicinot mācību satura uztveršanu. Mācīšanās stils ir būtisks faktors EIMS efektivitātes uzlabošanā, jo neatbilstoši izvēlēts mācību satura atspoguļošanas veids var būt negatīvu emociju iemesls. Praktisko uzdevumu un to grūtības pakāpes izvēle vairumā EIMS tiek balstīta uz tuvākās attīstības zonas ideju, izvēloties studentu zināšanām piemērotu vai nedaudz grūtāku uzdevumu, lai noturētu viņu interesi mācību procesā un panāktu “plūsmas” iestāšanos [42].

Dialoga uzturēšana kā aktivitāte ir uzskatāma par vienu no emociju regulēšanas stratēģijām un noder uzmanības pārorientēšanai. Šādā veidā ar komunikācijas palīdzību ir iespējams novērst uzmanību no emocijas izraisošās situācijas.

Konstatētie trūkumi un nepilnības

Kopumā jāsecina, ka vairumā gadījumu izstrādātās emociju identificēšanas metodes paredz dažādu sensoru (piemēram, fizioloģisko sensoru) izmantošanu, kas neapšaubāmi nodrošina augstu precizitāti ar emocijām saistīto iezīmju izgūšanai un klasificēšanai, tomēr reālos apstākļos, piemēram, datorklasēs, nemaz nav pieejami. Tāpēc kā iespējama risinājuma šādai problēmai ir reālos apstākļos pieejamo sensoru (piemēram, kameru vai mikrofonu) izmantošana, kad tas ir iespējams, apvienojot ar sensorus neizmantojošām pieejām (piemēram, studenta mācīšanās uzvedības paraugu sasaistīšanu ar emocijām), kuru precizitāte šobrīd nav tik augsta.

Pedagoģisko aģentu izmantošana EIMS un to ietekme uz mācīšanos joprojām netiek uzskatīta par pārliecinošu, kā arī dažādi faktori, piemēram, pedagoģisko aģentu vizuālais tēls, uzvedība un klātbūtnes esamība var ietekmēt aģentu projektēšanu un izstrādi, kā arī to efektivitāti attiecībā uz daļu no studentiem.

Mācību procesa plānošanā emocijas lielākoties tiek ietvertas tikai EIMS, kas paredzētas matemātikas apguvei. Tomēr jebkuras problēmsfēras mācīšana ir jāplāno, tāpēc liela nozīme ir mācību stratēģijām un to pielāgošanai dažādiem studenta raksturojumiem, t. sk. emocijām.

Praktisko iemaņu mācīšana ir viena no vismazāk atbalstītajām mācību procesa aktivitātēm, ja runa ir par tās pielāgošanu emocijām. Vairums problēmsfēru ir vērstas uz teorētisko zināšanu lietošanu praksē, tāpēc ir svarīgi iemaņu apguvē ietvert ne tikai uzdevumu vai problēmu risināšanas gaitas apguvi, bet arī paredzēt emociju identificēšanu šīs mācību aktivitātes laikā. Tas sasauca arī ar emociju pārvarēšanas stratēģiju ideju, ka nepieciešams risināt gan emocionālo situāciju ietekmējošos faktorus, gan mazināt negatīvo emociju intensitāti, lai students spētu turpināt prasmju apguvi. Līdz ar to šobrīd izstrādātajās EIMS šī mācību procesa aktivitāte savā ziņā saņem tādu pašu atbalstu, kāds ir īstenots tradicionālajās IMS.

Dažādu mācību procesa aktivitāšu pielāgošana studenta emocionālajam stāvoklim

Mācību procesa aktivitātes	Mācību procesa plānošana, mācību darbību secības definēšana	Teorijas mācīšana, mācību satura izvēle, mācīšanas metodes izvēle	Atgriezeniskās saites, palīdzības, mājienu un skaidrojumu nodrošināšana	Prakse, piemēru izvadīšana un uzdevumu risināšanas gaitas skaidrošana	Praktisko uzdevumu izvēle un grūtības pakāpes pielāgošana	Dialogs ar studentu sarunas uzturēšanai mācību procesā	Zināšanu vērtēšana (konkrētā tēmā)
EITS							
<i>Auto Tutor</i> [42]			+/+			+/+	
<i>Cognitive Tutor Algebra I</i> [43]	+/+		+/+		+/+		
<i>Crystal Island</i> [44]		+/-	+/+			+/+	
<i>Easy with Eve</i> [39]	+/+		+/+		+/-	+/+	
<i>EER-Tutor</i> [45]			+/+		+/+		
<i>EMASPEL</i> [46]	+/+		+/+		+/+	+/+	
<i>FERMAT</i> [47]	+/-		+/+		+/+		
<i>GURU Gaze Tutor</i> [48]		+/-	+/+			+/+	
<i>Inq-ITS</i> [49]		+/-	+/+				+/-
<i>INES</i> [50]			+/+	+/+	+/+	+/+	
<i>ITSCOPE</i> [51]		+/-	+/+			+/+	
<i>MathSpring</i> [19]	+/+		+/+	+/+	+/+	+/+	
<i>MetaTutor</i> [52]	+/+		+/+				
<i>PAT2Math</i> [53]	+/+		+/+		+/+		
<i>PRIME CLIMB</i> [54]			+/-				
<i>VALERIE</i> [55]			+/+			+/+	
<i>WALLIS</i> [56]			+/-	+/+		+/+	

Tukša aile – neatbalsta attiecīgās mācību procesa aktivitātes pielāgošanu, ņemot vērā studenta emocionālo stāvokli;
 +/- – daļēji atbalsta attiecīgās mācību procesa aktivitātes pielāgošanu;

+/+ – pilnībā atbalsta attiecīgās mācību procesa aktivitātes pielāgošanu studenta emocionālajam stāvoklim.

Zināšanu vērtēšana kā mācību procesa aktivitāte parasti tiek ignorēta, ja runa ir par emociju iekļaušanu tās norises pielāgošanā. Tomēr šī ir neatņemama mācību procesa daļa, kas vairumam studentu rada pamatu negatīvām emocijām, kas ietekmē ne tikai studenta domāšanas un spriešanas procesus, bet arī pašnovērtējumu un pārliecību par savām zināšanām un prasmēm.

Darba turpinājumā uzsvērtā identificēto trūkumu novēršana, jo īpaši, fokusējoties uz zināšanu vērtēšanu, kurā students biežāk ir pakļauts negatīvām emocijām. Turklāt eksistējošo EIMS izpēte ļāva secināt, ka zināšanu vērtēšanai un tās īstenošanai kopumā tiek pievērsta vismazākā uzmanība, runājot par studenta emociju izvērtēšanu un pielāgošanos tām. Lai iekļautu emocijas zināšanu vērtēšanā un izmantotu tās studenta mācību rezultātu uzlabošanā, darbā ir lietota viena no EIMS izmantotajām mācību stratēģijām – spēlēs balstīta mācīšanās zināšanu vērtēšanas kontekstā. Spēlēm līdzīgas aktivitātes mācību procesā ir tā mācību stratēģija, kuras mērķis ir panākt mācību procesā visvēlamākās emocijas – prieku un interesi, samazinot negatīvo emociju ietekmi uz mācību rezultātiem. Turklāt spēļu izmantošana EIMS realizācijā sasauca arī ar iepriekš izstrādātajām prasībām emocijās balstīta mācību procesa nodrošināšanai [58].

2.4. Kopsavilkums

Šajā nodaļā ir veikta emociju un to ietekmes uz mācību procesu analīze, apskatītas eksistējošās teorijas un pieejas, kas sasaista emocijas ar mācīšanos, lai identificētu mācību procesam raksturīgās emocijas un definētu prasības emocijās balstīta mācību procesa nodrošināšanai. Šajā nodaļā ir veikta arī EIMS izpēte, identificējot to raksturojumus un galvenās atšķirības no tradicionālajām IMS. Turklāt tiek analizētas eksistējošās EIMS ar mērķi izpētīt pašreizējo situāciju un identificēt būtiskākās problēmas saistībā ar EIMS izstrādi.

Nodaļā ir izpildīti šādi uzdevumi:

- analizēta emociju ietekme uz dažādiem ar mācīšanos saistītiem kognitīvajiem procesiem un izdalītas emociju funkcijas mācību procesā;
- veikta dažādu emociju un mācīšanos sasaistošu teoriju izpēte, lai identificētu būtiskākās mācīšanos iespaidojošās emocijas, kas būtu jāiekļauj IMS izstrādē;
- īstenota emocijās balstītu mācību stratēģiju izpēte, lai formulētu prasības emocijās balstīta mācību procesa īstenošanai IMS;
- veikta EIMS jēdziena, būtības un attīstības izpēte ar mērķi raksturot šāda veida sistēmas un to darbības principus, kā arī identificēt galvenās atšķirības no tradicionālajām IMS;
- īstenota eksistējošo EIMS izpēte, analizējot to spējas noteikt mācību procesam raksturīgās emocijas, pielāgot atbilstoši mācību procesu un izrādīt sistēmas emocijas;
- identificētas un analizētas ar EIMS izstrādi un emocijām pielāgota mācību procesa nodrošināšanu saistītās problēmas.

Nodaļā ir sasniegti šādi rezultāti:

- izdalītas trīs galvenās emociju funkcijas attiecībā uz mācību procesu un identificēta pozitīvu un negatīvu emociju ietekme uz mācīšanos;
- identificētas mācību procesam raksturīgākās emocijas;
- formulētas prasības emocijās balstīta mācību procesa un stratēģiju īstenošanai IMS;

- definēti dažādi mērķi IMS funkcionalitātes paplašināšanai, iekļaujot emociju noteikšanu un mācību procesa pielāgošanu emocijām;
- definēts jēdziens “Emocionāli intelektuāla mācību sistēma” un identificētas EIMS raksturojošas īpašības un darbības principi, ļaujot tās atšķirt no tradicionālajām IMS;
- apkopotas EIMS arhitektūru veidojošās papildu komponentes, kas veido EIMS emocionālās uzvedības modeli;
- konstatētas būtiskākās problēmas saistībā ar studenta emociju noteikšanu;
- identificētas pedagoģisko aģentu izmantošanas priekšrocības un trūkumi, kā arī analizētas to iespējas atspoguļot EIMS emocijas;
- izdalītas dažādas mācību procesā ietilpstošas aktivitātes un veikta to analīze saistībā ar to pielāgošanu studenta emocijām, identificējot būtiskākos trūkumus pielāgošanā.

Svarīgākie šīs nodaļas teorētiskie rezultāti ir izvirzītās prasības emocijās balstīta mācību procesa īstenošanai mācību sistēmās, kura mērķis ir paaugstināt studenta motivāciju un veicināt pozitīvās emocijas. Papildus tam ir piedāvāta EIMS definīcija un identificētas šādu sistēmu raksturojošās īpašības. Turklāt viens no būtiskākajiem šīs nodaļas sasniegumiem ir eksistējošo EIMS analīzes rezultāti un identificētās problēmas saistībā ar šādu sistēmu izstrādi.

3. ZINĀŠANĀS, SPĒLĒS UN EMOCIJĀS BALSTĪTA INTELEKTUĀLA MĀCĪBU SISTĒMA

Šajā nodaļā ir veikta izglītojošo spēļu un to adaptācijas spēju analīze, kā arī piedāvāta spēlēs balstītas zināšanu vērtēšanas integrēšana EIMS. Nodaļā ir īstenots arī EIMS pedagoģiskā moduļa un tā sekmīgas darbības nodrošināšanai nepieciešamo aktivitāšu un darbības principu projektējums, piedāvājot divu līmeņu mācību procesa pielāgošanās pieeju.

3.1. Spēle kā daļa no emocionāli intelektuālas mācību sistēmas

Šobrīd aktuāls pētījumu virziens ir izglītojošo spēļu apvienošana ar EIMS, jo tiek uzskatīts, ka šāda kombinācija var uzlabot studentu motivāciju un attieksmi pret mācīšanos [59]. Vispārīgi tiek atzīts, ka izglītojošās spēles ir ideālas mācību vides, jo tās ļauj mazināt garlaikošanos, uzlabot iesaistīšanos mācībās, piedāvāt dažādus izaicinājumus un noturēt studentu tuvākās attīstības zonā [31]. Analizējot literatūru saistībā ar izglītojošām spēlēm, ir izveidots izglītojošo spēļu pamatelementu un īpašību apkopojums, kas ietver skaidrus mērķus un noteikumus, spēju pielāgoties, izaicinājumu, apbalvojumus un tūlītēju atgriezenisko saiti, iespēju spēlētājam mācīties no kļūdām, izjust kontroli pār spēles vidi, mijiedarboties un sadarboties ar citiem spēlētājiem [58]. Spēļu spēlēšana ir vairāk emocionāls nekā racionāls process, tāpēc, izstrādājot izglītojošās spēles, šis aspekts arī būtu jāņem vērā [31].

Šobrīd tikai neliels skaits EIMS ir izstrādātas kā spēlēs balstītas vides, kas īsteno pedagoģiskās darbības kā saistošas un spēlēm līdzīgas aktivitātes, tomēr uzsvars galvenokārt tiek likts uz zināšanu un praktisko iemaņu attīstīšanu, ignorējot spēļu potenciālu attiecībā uz zināšanu un prasmju vērtēšanu [58]. Patiesībā tiek uzskatīts, ka zināšanu vērtēšanai būs būtiska ietekme uz nākamās paaudzes izglītojošām spēlēm, jo tās var nodrošināt autentiskas zināšanu vērtēšanas aktivitātes un zināšanu pārbaudei atbilstošus uzdevumus [60].

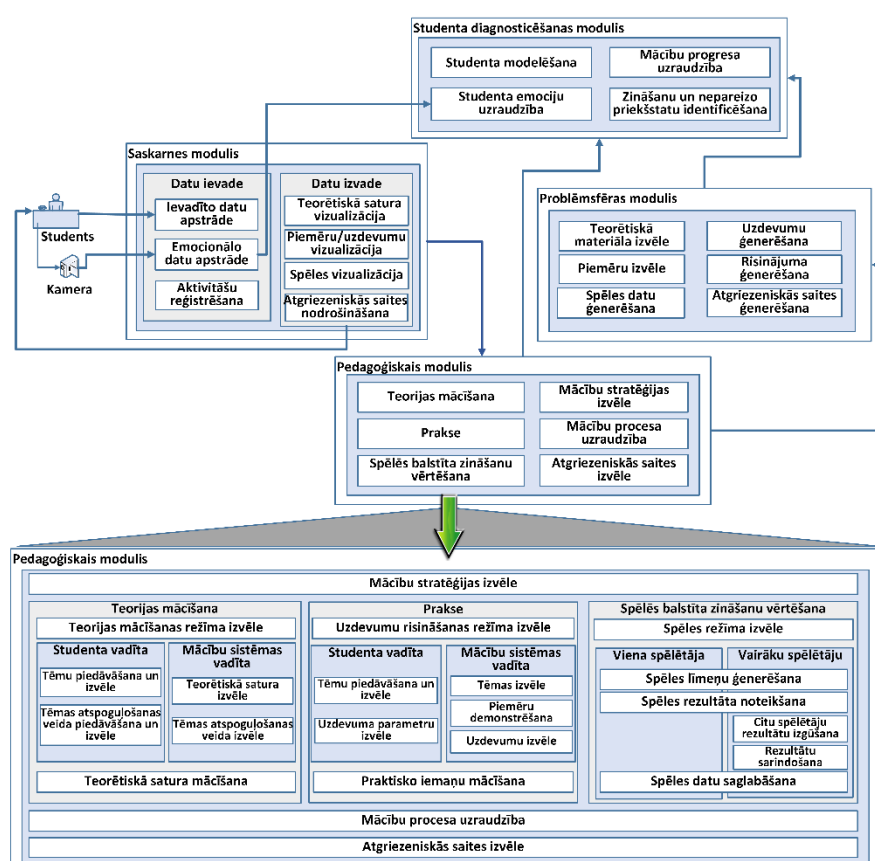
Neskatoties uz dažādiem ieguvumiem, ko var piedāvāt spēles, to efektivitāte attiecībā uz uzlabojumiem mācību procesā, studentu motivācijā un mācību rezultātos joprojām ir neskaidra, jo, izstrādājot izglītojošās spēles, lielākoties netiek ņemti vērā mācību procesa izstrādes principi vai spēlētāju individuālās atšķirības [61], [62]. Analizējot veiktos pētījumus saistībā ar spēļu adaptāciju, jāsecina, ka pielāgošanās pati par sevi kā fenomens spēlēs ir reti sastopama, kā arī bieži vien netiek mērīts vai analizēts, kā atsevišķu spēļu elementu pielāgošana ietekmē (uzlabo vai pasliktina) mācību rezultātus. Papildus tam, pētot eksistējošās izglītojošās spēles, kurās tiek identificētas spēlētāju emocijas, jāuzsver, ka tikai atsevišķos gadījumos emocijas tiek izmantotas spēles elementu pielāgošanai [63]. Vispārīgi emocijās balstīta pielāgošanās var tikt īstenota ar mērķi nodrošināt dinamisku specifisku spēles elementu (piemēram, spēles grūtības līmeņa, audiovizuālo efektu) pielāgošanu un tiešu, netiešu vai uz spēlētāju vērstu uzdevumu pielāgošanu un to pārvaldītu parādīšanos spēlē, lai uzlabotu spēlētāja iesaistīšanos spēlē un izvairītos no nevēlamām spēlētāja emocijām, piemēram, garlaikošanās [31].

Lai risinātu iepriekš identificēto problēmu saistībā ar mācību procesa izstrādes principu ignorēšanu izglītojošās spēlēs, promocijas darbā ir analizēts apkopojošs pētījums par labajām

praksēm pedagogijā un to izmantošanu spēlēs [64], izvēloties amerikāņu izglītības psihologa Roberta Gaņjē deviņu mācību procesa notikumu pieeju veiksmīgai mācību procesa norisei.

Darbā ir apkopoti arī parametri (gan spēlētāja, gan spēlēšanas), kas var tikt izmantoti adaptācijas realizēšanai spēlēs. Parametri ir iedalīti divās kategorijās atkarībā no to izmantošanas brīža atbilstoši mācību stratēģiju pielāgošanas līmeņiem (makro un mikro), paredzot adaptācijas īstenošanu gan pirms spēlēšanas (ņemot vērā, piemēram, studenta iepriekšējās zināšanas, mācīšanās stilu, spēlēšanas prasmes, personību u. c.), gan spēles laikā (balstoties, piemēram, uz studenta emocijām, reakcijas laiku, mēģinājumu skaitu, izpildes ātrumu, palīdzības pieprasījumiem u. c.).

Balstoties uz veikto teorētisko izpēti, promocijas darbā ir izstrādāta EIMS arhitektūra, kas ietver studenta emocionālā stāvokļa modelēšanu kā daļu no studenta diagnosticēšanas moduļa un īsteno spēlēs balstītu zināšanu vērtēšanu kā daļu no pedagogiskā moduļa (3.1. att.).



3.1. att. Zināšanās, spēlēs un emocijās balstītas EIMS uzbūve.

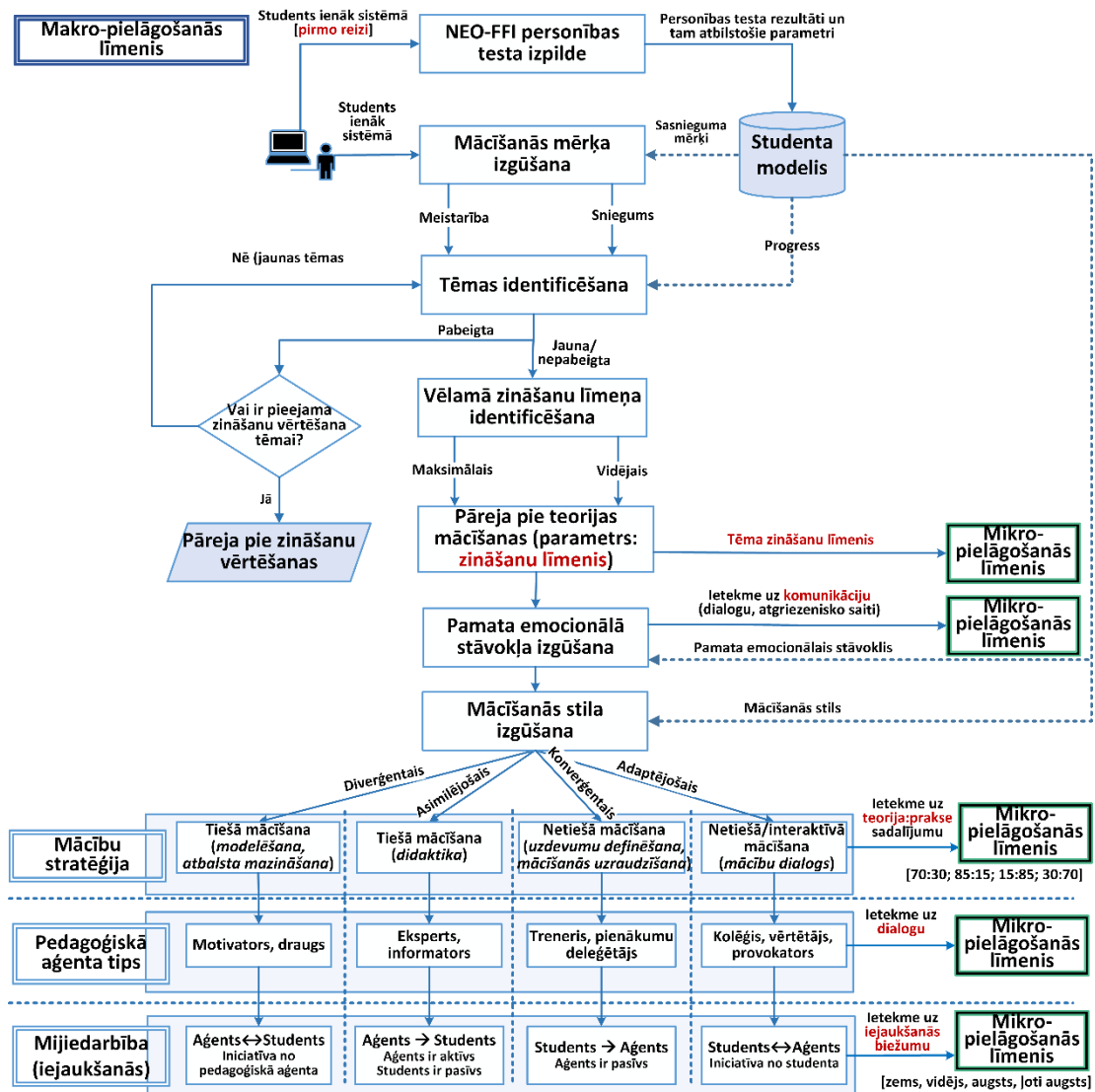
3.2. Spēlēs un emocijās balstīta mācību procesa pielāgošana

Darba turpinājumā ir izstrādāta divu līmeņu pielāgošanās pieeja, kas nosaka pedagogiskā moduļa darbības principus. To veido divi galvenie mācību stratēģiju līmeņi:

- makropielāgošanās līmenis (makrostratēģijas), kas tiek īstenots pirms mācību procesa uzsākšanas un balstās uz statistiskiem datiem par studentu un mācību situāciju;
- mikropielāgošanās līmenis (mikrostratēģijas), kas tiek realizēts mācīšanās laikā un pamatojas uz dinamiskiem datiem par studentu un mācību situāciju.

Makropielāgošanās līmenis

Makropielāgošanās līmenis tiek realizēts, ņemot vērā parametrus, kas ir pieejami EIMS pirms mācību procesa uzsākšanas. Šajā gadījumā par pamatu kalpo jau iepriekš pieminētā studenta personība, kā arī tiek īstenota tai saistīto parametru (piemēram, mācīšanās mērķa un mācīšanās stila) izgūšana un atbilstoša pedagoģiskā aģenta tipa un mācību stratēģijas izvēle. Personības dimensijas tiek izmantotas arī studentu klasificēšanai, piesaistot studentam kādu no četriem Kolba mācīšanās stiliem – diverģento, asimilējošo, konverģento vai adaptējošo [31]. Schematiski mācību procesa pielāgošana šajā līmenī ir atspoguļota 3.2. attēlā.



3.2. att. Makropielāgošanās līmenis

Svarīga loma makropielāgošanās īstenošanā ir arī mērķiem, ko students vēlas sasniegt. Sasniegumu mērķu iedalīšanai ir izmantots 2×2 modelis, kurā studenti ar meistarības mērķiem tieksies pēc padziļinātām zināšanām un vēlēsies pilnveidot sevi, salīdzinot ar saviem iepriekšējiem sasniegumiem, savukārt studentiem ar snieguma mērķiem pietiek ar virspusējām zināšanām, bet tai pašā laikā viņi vēlas būt labāki par citiem [65].

Mikropielāgošanās līmenis

Adaptācija mikropielāgošanās līmenī tiek īstenota dinamiski, galvenokārt balstoties uz studenta raksturlielumiem, kas mainās mācību procesā. Lai nodrošinātu dažādu parametru pielāgošanu šajā līmenī katram mācīšanās stilam, promocijas darbā ir apkopoti dažādi laikā mainīgie parametri [66]–[68] (3.1. tab.).

Balstoties uz izveidoto apkopojumu katram no mācīšanās stiliem, ir izstrādāti detalizēti EIMS darbības principi katram mācību procesa posmam – teorijas mācīšanai, praksei un zināšanu vērtēšanai. Turklāt katrs no šiem posmiem ir piedāvāts četriem dažādiem pedagoģiskā aģenta (PA) tipiem: 1) draugam; 2) ekspertam; 3) trenerim; 4) vērtētājam. Līdz ar to kopumā ir izstrādāti 12 atšķirīgi darbības scenāriji, ietverot studenta emociju izgūšanu un sistēmas uzvedības pielāgošanu tām, izmantojot darbā izveidotos reaģēšanas likumus.

Pirmais no posmiem ir teorijas mācīšana (*demo* līmenis ar teoriju/demonstrācijām), kas atkarībā no PA tipa un viņa mācīšanas pieejas (makrostratēģijas), studenta mācīšanās stila un emocijām ir detalizēts četros dažādos veidos. Nodaļā katrs posms ir atspoguļots gan blokslēpās, gan likumos, pēc kuriem jādarbojas EIMS, reaģējot uz studenta emocijām.

Sākot teorijas mācīšanu, tiek noteikts, cik lielā apjomā ir nepieciešams sniegt teorētisko materiālu. Ja tikai minimāli, tad tiek piedāvāts tikai neliels ievads, pretējā gadījumā teorija tiek mācīta, ietverot arī demonstrācijas. Ja students tiek iesaistīts aktivitātēs, tad tiek nodrošināta atgriezeniskā saite par veiktajām darbībām, ņemot vērā gan PA tipu, gan aktivitāšu rezultātus. Paralēli tiek uzraudzītas studenta emocijas un, ja tiek reģistrētas negatīvas emocijas, tad, ņemot vērā to analīzes rezultātus un mācību situāciju, mācīšana vai nu tiek atkārtota, modificēta vai turpināta. Pozitīvas emocijas tiek veicinātas, sniedzot pozitīvu un motivējošu atgriezenisko saiti.

Atkarībā no teorijas mācīšanas posma rezultātiem tālāk seko prakse jeb uzdevumu pastāvīga risināšana kā izaicinājumi spēlē (līmeņi). Atkarībā no uzdevuma un grūtības pakāpes studentam ir pieejamas papildu iespējas, kuru izmantošana ietekmēs gala rezultātu. Prakses laikā tiek analizēts studenta sniegums un darbības (patērētais laiks risināšanai, palīdzības nepieciešamība, risinājuma pareizība u. c.), un atkarībā no PA tipa tiek īstenotas atšķirīgas mācību iejaukšanās. Tiek novērtētas arī emocijas, lai identificētu situācijas vai EIMS darbības, kas izraisīja negatīvo emociju rašanos vai arī veicināja pozitīvas emocijas. Negatīvas emocijas var būt rādītājs iztrūkstošām zināšanām, palīdzības nepieciešamībai vai arī, piemēram, neatbilstoši izvēlētam izaicinājuma līmenim. Piemērs vienam no izstrādātajiem scenārijiem un reaģēšanas likumiem PA-draugam, realizējot praksi, ir atspoguļots 3.3. attēlā.

Pēc prakses seko zināšanu vērtēšana, kas arī tiek realizēta, analizējot studenta emocijas. Būtiskākā atšķirība šajā posmā ir tā, ka, identificējot problemātiskas situācijas (piemēram, negatīvas emocijas), iejaukšanās netiek īstenota zināšanu vērtēšanas laikā, bet tiek pielāgota EIMS darbība pēc tās. Minimāli pašas zināšanu vērtēšanas laikā tiek modificēta PA komunikācija ar studentu. Šādu atšķirību posma realizācijā ir iespējams pamatot ar to, ka studenta zināšanas parasti tiek novērtētas ar eksāmenu vai testu palīdzību, kuros studentam pašam jātiek galā ar uzdevumiem, ļaujoties tikai uz savām zināšanām. Turklāt iejaukšanās (ko var uztvert arī kā sava veida traucējumu) var tikai veicināt negatīvo emociju rašanos.

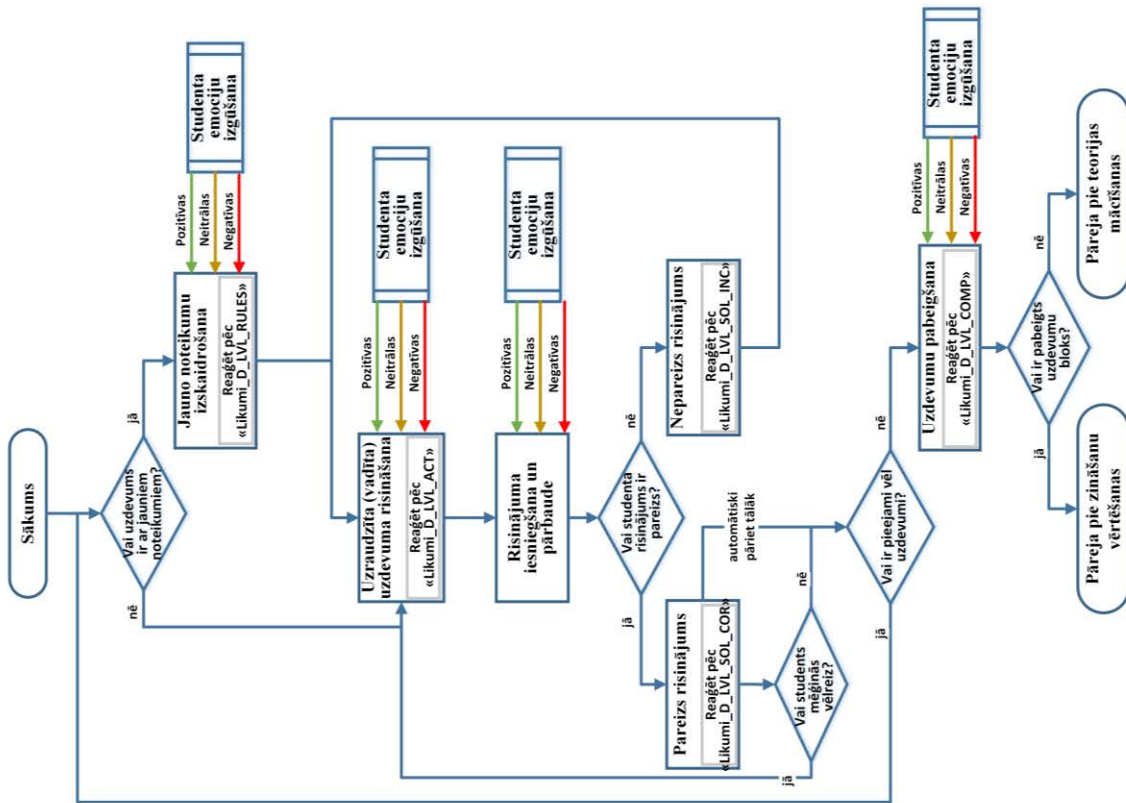
3.1. tabula

Parametri mācību pieeju izvēlei spēles adaptācijā atkarībā no mācīšanās stila

Mācīšanās stili Parametri	Diverģentais	Asimilejošais	Konverģentais	Adaptējošais
Mācību procesa secīgums	Svarīga secība, kārtība un noteikumi ar iespēju kļūdīties un sākt vēlreiz	Svarīga secība, kārtība un noteikumi	Secība nav svarīga, un studentam jābūt iespējai pašam izvēlēties tēmu	Svarīga secība (vajag plānus), bet jābūt arī iespējai studentam pašam izvēlēties tēmu
Mērķi	Skaidri (PA definēti) mērķi, ko sasniegt (parāda kopējo bildi)	Skaidri (PA definēti) mērķi, ko sasniegt (parāda kopējo bildi)	Jābūt mērķim, ko sasniegt	Jābūt mērķim, ko sasniegt
Vēlamās aktivitātes Motivācijas veicināšana (plūsmas stāvokļa nodrošināšanai)	Citu novērošana un novērtēšana; sasaiste ar kopējo saturu. Problēmu risināšana no dažādām perspektīvām, izpēte un analīze. Iespēja brīvi apmainīties ar idejām, nesajūtot sodu par to	Nepieciešama informācija par visu mācību situāciju, patīk abstraktas problēmas un/vai teorija. Problēmu risināšana, kas pieprasa secīgu domāšanu, mērķu uzstādīšanu, plānošanu un metodisku izpēti. Intelektuāli izaicinošs mācību saturs	Svarīgas reālās pasaules problēmas un to sasaiste ar dzīvi. Atdarināšana, imitēšana, praktiski, tehniski uzdevumi, treniņi, teorijas lietojums praksē, spēcīgi lēmumu pieņemšanā	Risku uzņemšanās, pēc iespējas izaicinošāki uzdevumi, kuros var izpaust savas spējas pielāgoties. Svarīga ir sāncensība un aktivitātes, kas dod kādu vērtīgu rezultātu pašiem studentiem
Teorētiski/praktiski	Vairāk teorētiski	Teorētiski	Vairāk praktiski	Praktiski
Demonstrācijas	Jā	Jā	Nē	Nē
Zināšanu vērtēšana	Vēlama ar vairākām iespējamām atbildēm (mazāk iespēju kļūdīties). Galvenais, lai students redz savu personīgo izaugsmi	Nav svarīgs veids, galvenais, ka tā ir (ar skaidru rezultātu), lai students redz savu personīgo izaugsmi	Dod priekšroku testiem ar vienu atbildi. Normatīvi, ko sasniegt, lai redzētu izaugsmi attiecībā pret citiem	Paši grib sasniegt/ mācīties no kļūdām. Normatīvi, ko sasniegt, lai redzētu savu izaugsmi attiecībā pret citiem
Sniegtā informācija	Patiesa	Patiesa	Daļēji patiesa	Daļēji patiesa vai nepatiesa
Emociju iesaiste	Izjūt emocijas un pieņem emocionālus lēmumus	Kontrolē emocijas, bez emocijām	Kontrolē emocijas, bez emocijām	Raksturīgas pozitīvas emocijas; bieži nekontrolē emocijas
Laika ierobežojumi	Vēlams bez laika ierobežojumiem	Vēlams bez laika ierobežojumiem.	Var būt laika ierobežojumi.	Var būt laika ierobežojumi.
Progresā atspoguļošana	Svarīga ir sava personīgā izaugsme, tāpēc ir labi parādīt personīgos sasniegumus un mērķus, uz kuriem tiekiet, salīdzinot ar saviem iepriekšējiem sasniegumiem (vēlams "ne punktu" izteiksmē). [tikai balvas]	Svarīga ir sava personīgā izaugsme, tāpēc ir labi parādīt personīgos sasniegumus un mērķus, uz kuriem tiekiet, salīdzinot ar saviem iepriekšējiem sasniegumiem [balvas un to sasniegšanai nepieciešamais rezultāts]	Svarīga ir sava izaugsme attiecībā pret citiem vai kādiem iepriekš definētiem normatīviem, ko students var redzēt [gan balvas, gan rezultātu tablo]	Svarīga ir sava izaugsme attiecībā pret citiem vai kādiem iepriekš definētiem normatīviem, ko students var redzēt. Sasniegto rezultātu tabula/saraksts, kurā redz citu studentu rezultātus [tikai rezultātu tablo]
Atgriezeniskā saite	Savlaicīga, uzmundrinoša, motivējoša atgriezeniskā saite, salīdzinājums ar studenta iepriekšējiem sasniegumiem	Skaidra atgriezeniskā saite, kas pasaka, kāds ir rezultāts, kas bija vai nebija pareizi, kāpēc utt.	Atgriezeniskā saite, kas liek tikties uz maksimumu, sasniegt vairāk par citiem studentiem vai normatīvu; motivējoša atgriezeniskā saite	Neitrāla vai pozitīva atgriezeniskā saite, jo cilvēki mēdz būt pozitīvi ekspresīvi, kā arī atgriezeniskā saite, kas motivē tikties iegūt vairāk

REAĢĒŠANAS LIKUMI

<p>Likumi_D_LVL_RULES: IF 'priecigs' OR 'ieinterests' OR 'parsteigts' OR 'neitrals' THEN 'pozitivi turpinat skaidrot' IF 'skumjs' OR 'garlaikojas' THEN 'motivjosa fraze' AND 'informet, ka palidziba bus pieejama' IF 'apmuls' THEN 'atkartot skaidrojumus' IF 'satrauks' THEN 'nomierinoša fraze, ka palidziba bus pieejama' AND 'turpinat skaidrot' IF 'neapmierinats' THEN 'nomierinoša fraze' AND 'informet, ka palidziba bus pieejama' AND 'dot iespēju studentam darboties'</p>
<p>Likumi_D_LVL_ACT: IF 'students neaktivs >= 7 sek' THEN 'izget datus par fokusēšanos uzdevumam' IF 'uzmaniba ir uzdevumam' AND 'priecigs' OR 'ieinterests' OR 'parsteigts' OR 'neitrals' THEN 'pozitivi reaģēt' AND 'nejaukities risināšanas laikā' IF 'uzmaniba ir uzdevumam' AND 'grūtbas pakāpe == viegla' AND 'skumjs' OR 'apmuls' OR 'neapmierinats' THEN 'uzmudrinoša, motivjosa fraze' AND 'piedāvāt palidzību kā padomus (teoriju)' IF 'uzmaniba ir uzdevumam' AND 'garlaikojas' THEN 'uzmudrinoša, motivjosa fraze' AND 'informet, ka šis jau ir par vieglu un nākošā reizē būs grūtāks uzdevums' IF 'uzmaniba ir uzdevumam' AND 'grūtbas pakāpe == viegla' AND 'satrauks' THEN 'nomierinoša fraze, ka viss būs labi' AND 'piedāvāt palidzību kā padomus (teoriju)' IF 'uzmaniba ir uzdevumam' AND 'grūtbas pakāpe == vidēja OR grūta' AND 'skumjs' OR 'apmuls' OR 'neapmierinats' THEN 'nogaidīt 5 sek' AND 'uzmudrinoša, motivjosa fraze' AND 'piedāvāt palidzību caur papildspējām' IF 'uzmaniba ir uzdevumam' AND 'grūtbas pakāpe == vidēja OR grūta' AND 'satrauks' THEN 'nogaidīt 5 sek' AND 'nomierinoša fraze, ka viss būs labi' AND 'piedāvāt palidzību caur papildspējām' <u>[piefiksēt, ja būs nepareizi; tad samazināt grūtības pakāpi]</u> IF 'uzmaniba nav uzdevumam' THEN 'pievērst uzmanību uzdevumam' AND 'motivēt darboties'</p>
<p>Likumi_D_LVL_SOL_COR: IF 'priecigs' OR 'ieinterests' OR 'neitrals' OR 'satrauks' AND 'pareizs risinājums ieguts ar L-reizi' AND 'rezultats == max' THEN 'priecigs apsveikums' AND 'motivjosa fraze turpināt' IF 'priecigs' OR 'ieinterests' OR 'neitrals' OR 'satrauks' AND 'pareizs risinājums ieguts ar L-reizi' AND 'rezultats != max' THEN 'priecigs apsveikums' AND 'motivēt mēģināt vēlreiz' IF 'pareizs risinājums ieguts ar >2 reizi' AND 'rezultats == sliktāks OR lāds pats' AND 'skumjs' OR 'satrauks' OR 'neapmierinats' THEN 'teik, ka bijī uvu max rezultātam' AND 'motivēt mēģināt vēlreiz' IF 'parsteigts' OR 'apmuls' AND 'pareizs risinājums ieguts ar L-reizi' THEN 'piedāvāt mēģināt vēlreiz' IF 'garlaikojas' THEN 'informet, ka šis jau ir par vieglu un nākošā reizē būs grūtāks uzdevums' AND 'automātiski pāriet pie grūtāka uzdevuma'</p>
<p>Likumi_D_LVL_SOL_INC: IF 'atlikušie mēģinājumi != 0' AND 'priecigs' OR 'ieinterests' OR 'neitrals' OR 'parsteigts' OR 'apmuls' THEN 'dot mājienu par kļūdām' AND 'motivēt labot risinājumu' IF 'atlikušie mēģinājumi == 0' AND 'priecigs' OR 'ieinterests' OR 'neitrals' THEN 'dot mājienu par kļūdām' AND 'motivēt mēģināt vēlreiz' IF 'atlikušie mēģinājumi != 0' AND 'skumjs' THEN 'uzmudrinoša, motivjosa fraze' AND 'dot mājienu par kļūdām' AND 'motivēt labot risinājumu' IF 'atlikušie mēģinājumi == 0' AND 'skumjs' THEN 'uzmudrinoša, motivjosa fraze' AND 'dot mājienu par kļūdām' AND 'motivēt mēģināt vēlreiz' IF 'atlikušie mēģinājumi != 0' AND 'garlaikojas' THEN 'dot mājienu par kļūdām' AND 'motivēt labot risinājumu' AND 'informet, ka nākošā reizē būs grūtāks uzdevums' IF 'atlikušie mēģinājumi == 0' AND 'garlaikojas' THEN 'dot mājienu par kļūdām' AND 'motivēt mēģināt vēlreiz' AND 'informet, ka nākošā reizē būs grūtāks uzdevums' IF 'atlikušie mēģinājumi != 0' AND 'satrauks' OR 'neapmierinats' THEN 'nomierinoša fraze' AND 'dot mājienu par kļūdām' AND 'motivēt labot risinājumu' IF 'atlikušie mēģinājumi == 0' AND 'satrauks' OR 'neapmierinats' THEN 'nomierinoša fraze' AND 'dot mājienu par kļūdām' AND 'motivēt mēģināt vēlreiz'</p>
<p>Likumi_D_LVL_COMP: IF 'priecigs' OR 'ieinterests' OR 'parsteigts' OR 'neitrals' OR 'apmuls' OR 'garlaikojas' OR 'satrauks' THEN 'priecigs apsveikums ar tēmas apguvi' AND 'pāriet pie nākošā posma' IF 'skumjs' OR 'neapmierinats' THEN 'motivjosa fraze pašam mēģināt risināt uzdevumus vēlreiz' AND 'pāriet pie nākošā posma'</p>



3.3. att. Prakse: PA-draugs.

Zināšanu vērtēšanas posms sākas ar pārbaudi, nosakot, vai tā tiek veikta pirmo reizi. Ja tiek secināts, ka tā tiek īstenota pirmo reizi, tad pirmais solis ir vērtēšanas procesa izskaidrošana, līdz ar to šajā solī iejaucas EIMS, lai pastāstītu noteikumus. Šajā gadījumā tiek sekots līdzī arī studenta emocijām, lai veiktu korekcijas skaidrojumos vai EIMS darbībās. Pēc tam seko jautājumu atlase attiecīgajā tēmu blokā, ar kuru palīdzību tiks pārbaudītas studenta zināšanas. Nākamais solis ir jautājumu piedāvāšana studentam. Šajā aktivitātē nozīmīgs informācijas avots problemātisko jautājumu (PJ) noteikšanai ir studenta emocijas un jautājumam patērētais laiks, piemēram, ja tiek identificēts satraukums, kas nemainās turpmāko 5 s laikā, tad EIMS jau automātiski pievieno šo jautājumu pie problemātiskiem, lai pēc tam nākamā solī analizētu atbildes pareizību. Emociju mērīšanas laiks ir izvēlēts, ņemot vērā literatūrā aprakstīto laiku, kas nepieciešams cilvēkam stimulu apstrādei un emociju kā reakciju izpaušanai (vidēji emocijas ilgst aptuveni 4 s) [69], [70], paredzot arī nobīdes laikā emociju datu nolasīšanā un apstrādē.

Papildus tam tiek fiksēti arī tie jautājumi, kuros students, lai sniegtu atbildi, ir izmantojis papildiespējas. Pēc atbildes iesniegšanas tā tiek pārbaudīta, un studentam tiek izvadīta atgriezeniskā saite, ņemot vērā to, vai jautājums bija pievienots pie PJ, vai tas bija atbildēts pareizi/nepareizi, kā arī analizējot studenta emocijas. Piemērs izstrādātajiem reaģēšanas likumiem zināšanu vērtēšanas laikā PA-draugam ir atspoguļots 3.4. attēlā.

Likumi_KN_AS_RULES (D):

```
IF 'priecīgs' OR 'ieinteresēts' OR 'pārsteigts' OR 'neitrāls' THEN 'pozitīvi turpināt skaidrot'
IF 'skumjš' OR 'garlaikojas' THEN 'motivējoša frāze' AND 'informēt, ka dažādas papildiespējas būs pieejamas kā palīdzība'
IF 'apmulsis' THEN 'atkārtot skaidrojumus'
IF 'satraukums' THEN 'informēt, ka dažādas papildiespējas būs pieejamas kā palīdzība' AND 'turpināt skaidrot'
IF 'neapmierināts' THEN 'nomierinoša frāze' AND 'informēt, ka dažādas papildiespējas būs pieejamas kā palīdzība'
```

Likumi_KN_AS (D):

```
{fiksēt laiku jautājuma atbildēšanai statistikas nolūkiem, kā arī, lai identificētu «problemātiskos jautājumus» (PJ)}
IF 'priecīgs' OR 'ieinteresēts' OR 'neitrāls' THEN 'neiejaukties zināšanu vērtēšanas procesā'
IF 'pārsteigts' OR 'apmulsis' OR 'satraukums' OR 'skumjš' THEN 'nogaidīt 5 sek' AND 'atgādināt par papildiespējām'
AND 'fiksēt jautājumu pie «problēmātiskajiem» tālākai analīzei' {analizēt, kā tika atbildēts (pareizi/nepareizi); dot pēc tam
papildus paskaidrojumus pie šiem jautājumiem teorijas veidā + ja ir laiks patērēts diezgan uz jautājumu <vg>=20sek;
vd>=30sek; gr>=45sek}, tad pievienot pie «PJ»}
IF 'izmantota kāda no papildiespējām' THEN 'fiksēt jautājumu pie «problēmātiskajiem» tālākai analīzei' {analizēt, kā tika
atbildēts (pareizi/nepareizi); dot pēc tam papildus paskaidrojumus pie šiem jautājumiem teorijas veidā + pievienot pie «PJ»}
IF 'garlaikojas' OR 'neapmierināts' THEN 'fiksēt jautājumu pie «problēmātiskajiem» tālākai analīzei' {analizēt, kā tika
atbildēts (pareizi/nepareizi); ja 'nepareizi', tad pēc tam papildus paskaidrojumus pie šiem jautājumiem teorijas veidā +
pievienot pie «PJ»; ja 'pareizi', tad uzskatīt, ka jautājums bija viegls}
```

Likumi_KN_AS_RES (D):

```
IF 'jautājums bija pareizs' AND 'jautājums == PJ' THEN 'izvadīt skaidrojumu par attiecīgo jautājumu'
IF 'jautājums bija pareizs' AND 'priecīgs' OR 'ieinteresēts' OR 'pārsteigts' OR 'neitrāls' OR 'apmulsis' OR 'satraukums' OR
'skumjš' OR 'garlaikojas' OR 'neapmierināts' THEN 'pozitīvs apsveikums'
IF 'jautājums bija nepareizs' AND 'priecīgs' OR 'ieinteresēts' OR 'pārsteigts' OR 'neitrāls' OR 'apmulsis' THEN 'izvadīt
skaidrojumu par attiecīgo jautājumu' AND 'jautājumu pievieno pie PJ'
IF 'jautājums bija nepareizs' AND 'satraukums' OR 'skumjš' OR 'garlaikojas' OR 'neapmierināts' THEN 'motivējoša,
uzmundrinoša frāze' AND 'izvadīt skaidrojumu par attiecīgo jautājumu' AND 'jautājumu pievieno pie PJ'
IF 'rezultāts != min nepieciešamo' THEN 'atkārtot testēšanu'
IF 'rezultāts >= min nepieciešamo' AND 'rezultāts != max iespējamo' THEN 'piedāvāt atkārtot testēšanu'
```

3.4. att. Zināšanu vērtēšana: PA-draugs.

3.3. Kopsavilkums

Šajā nodaļā ir analizētas izglītojošo spēļu priekšrocības, pamatelementi un īpašības. Papildus tam ir pētīta spēļu saistība ar emocijām, analizēta spēļu izmantošana zināšanu vērtēšanā un apkopota informācija par adaptācijas īstenošanu izglītojošās spēlēs. Balstoties uz apkopoto informāciju par IMS, emocijām un izglītojošām spēlēm, ir izstrādāta EIMS arhitektūra un īstenota emocijās balstīta adaptācija, ietverot divu līmeņu pielāgošanos.

Nodaļā ir izpildīti šādi uzdevumi:

- veikta izglītojošo spēļu raksturojumu analīze mācību procesa kontekstā, kā arī pētīta spēļu saistība ar emocijām;
- veikta jēdziena “Spēlēs balstīta zināšanu vērtēšana” izpēte;
- izanalizētas eksistējošās izglītojošās spēles ar mērķi noskaidrot to adaptācijas spējas, ieskaitot adaptāciju studenta emocijām;
- veikta emocijās balstītas pielāgošanās izpēte izglītojošo spēļu kontekstā;
- īstenota dažādu pedagoģisko aktivitāšu izpēte, kuru iekļaušana izglītojošās spēlēs varētu veicināt studenta motivāciju spēlēt un rezultātā uzlabot mācīšanos;
- analizēti dažādi spēlēs izmantotie parametri adaptācijas īstenošanai;
- veikta EIMS arhitektūras izveide, fokusējoties uz pedagoģiskā moduļa izstrādi;
- īstenota pielāgošanās pieejas izstrāde, lai nodrošinātu atbilstošu pedagoģiskā moduļa darbību gan pirms mācību procesa uzsākšanas, gan mācīšanās laikā.

Nodaļā ir sasniegti šādi rezultāti:

- identificēti izglītojošo spēļu pamatelementi un īpašības, kas cieši saistītas ar mācīšanos;
- identificēti mehānismi emocijās balstītas pielāgošanās nodrošināšanai spēļu kontekstā;
- apkopoti pedagoģiskie pamatprincipi, kuru integrēšana izglītojošās spēlēs ļaus veicināt ne tikai studentu vēlmi spēlēt, bet arī ietekmēs viņu mācīšanos;
- identificēti parametri, kas var kalpot par adaptācijas avotu gan pirms spēles, gan spēles laikā, un potenciālie adaptācijā iesaistītie spēles elementi;
- izstrādāta EIMS arhitektūra, kas ietver spēlēs balstītu mācīšanos un zināšanu vērtēšanu;
- izstrādāta mācību procesa pielāgošanās pieeja, ietverot divus (makro un mikro) pielāgošanās līmeņus, atbildīgus par pedagoģiskā moduļa darbības principiem;
- izstrādāti kopumā 12 darbības scenāriji četriem dažādiem PA tipiem visos trīs mācību procesa posmos.

Svarīgākie šīs nodaļas praktiskie rezultāti ir izstrādātā EIMS arhitektūra un divu līmeņu pielāgošanās pieeja, detalizēti atspoguļojot visas aktivitātes gan makropielāgošanās, gan mikropielāgošanās līmenī. Adaptācija makropielāgošanās līmenī tiek īstenota, izmantojot studenta personību, mācīšanās stilu un sasnieguma mērķus un inicializējot atbilstošu PA tipu un mācību stratēģiju. Adaptācija mikropielāgošanās līmenī tiek nodrošināta, ņemot vērā katra studenta veiktās aktivitātes mācīšanās laikā un emocionālo stāvokli.

4. PEDAGOĢISKĀ MODUĻA REALIZĀCIJA UN TĀ DARBĪBAS EMPĪRISKĀ ANALĪZE

Šajā nodaļā ir veikta EIMS izstrāde, lai novērtētu piedāvāto divu līmeņu pielāgošanās pieeju, ietverot EIMS četrus PA tipus. Būtisks uzsvars ir likts tieši uz zināšanu vērtēšanas posma detalizētu izstrādi, paredzot studenta emociju novērtēšanu. Lai novērtētu izstrādātās EIMS ietekmi uz zināšanu vērtēšanas procesu un studenta emocijām, šajā nodaļā ir aprakstīts arī īstenotais empīriskais pētījums ar 244 studentu piedalīšanos.

4.1. Emocionāli intelektuālas mācību sistēmas realizācija

Promocijas darbā ir izstrādāta tīmeklī balstīta sistēma *ELIA (Emotions for Learning and Intelligent Assessment)*¹ divās valodās (latviešu un angļu) ar piekļuvi divām dažādām lietotāju grupām – studentiem un mācībspēkiem.

Emociju noteikšana

Emociju atpazīšanai tiek izmantots gatavs risinājums *Emotion API*², ko iespējams integrēt kā daļu no tīmekļa lietojuma [31], [63]. Pēc noklusējuma tas ļauj atpazīt pamata emocijas, kas nav raksturīgas mācību procesam, bet rīks dod informāciju arī par aktīvajām sejas iezīmēm, ko pēc tam iespējams izmantot nepieciešamo emociju atpazīšanā. Lai iegūtu informāciju par mācību procesam raksturīgajām emocijām atbilstošajām sejas darbību vienībām, tika veikta eksistējošo pētījumu analīze [71], [72] un izveidots katrai emocijai raksturīgo sejas darbību vienību saraksts, piemēram, neapmierinātību raksturo pacelta uzacs iekšējā un ārējā daļa, uz sāniem pavilki lūpu kaktiņi un negatīva valence. Lai pilnveidotu esošā rīka funkcionalitāti ar mācību procesam raksturīgo emociju atpazīšanu, ir realizēts neironu tīkls ar *JavaScript* bibliotēku *brain.js*³. Darbā izstrādātajam neironu tīklam tika sasniegta 74,4 % emociju atpazīšanas precizitāte, kas, salīdzinot ar šī brīža sasniegto precizitāti (60–85 % [73]), ir diezgan augsta.

Studenta statisko raksturlielumu identificēšana

Studenta statisko raksturlielumu (šajā gadījumā studenta personības, mācīšanās stila un sasnieguma mērķu) identificēšana galvenokārt ir saistīta ar adaptācijas nodrošināšanu makropielāgošanās līmenī, izvēloties studentam atbilstošu PA tipu un mācību stratēģiju. Lai iegūtu precīzākus datus par konkrētā studenta raksturlielumiem, tika veikta studentu anketēšana. Anketu rezultāti ir izmantoti diviem mērķiem: 1) tiešā veidā mācību sistēmā adaptācijas nodrošināšanai makropielāgošanās līmenī; 2) personības modeļa izstrādei automatiska mācīšanās stila un sasnieguma mērķa identificēšanai [63]. Promocijas darbā personības iegūšanai ārzemju studentiem ir izmantota visā pasaulē plaši lietotā standartizētā personības aptauja *NEO-FFI* ar 60 apgalvojumiem [74], savukārt latviešu studentiem tika piedāvāta pielāgotā versija latviešu valodā *NEO-FFI-L* [75]. Sasniegumu mērķu identificēšanai tika izmantota 2 × 2 sasniegumu mērķu

¹ *ELIA* sistēma – <https://eliasystem.lv/>

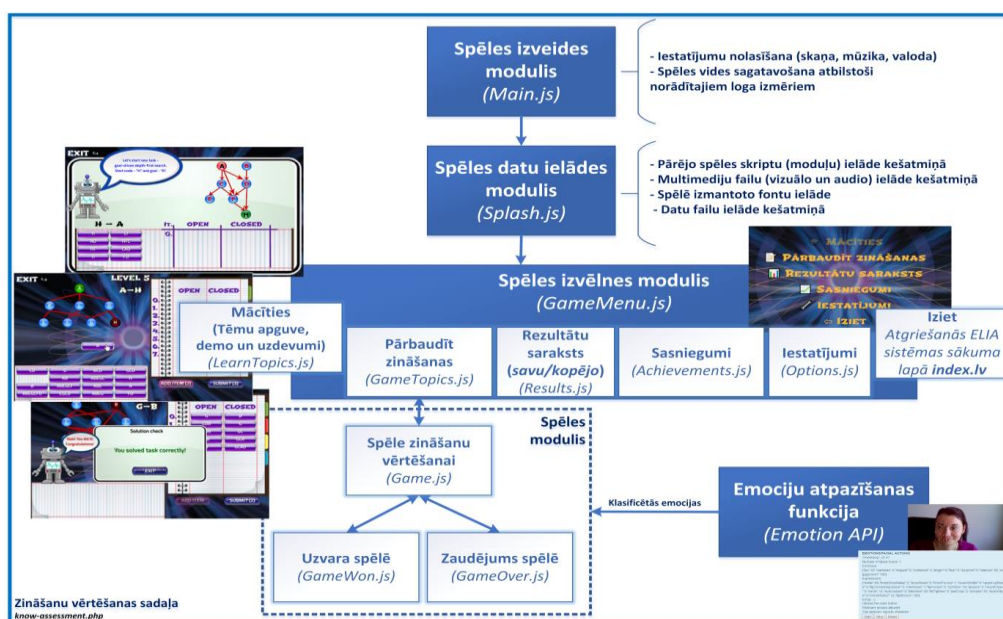
² <https://knowledge.affective.com/docs/getting-started-with-the-emotion-sdk-for-javascript>

³ <https://github.com/harthur-org/brain.js>

aptauja [65], savukārt mācīšanās stila identificēšanai tika izmantota asoc. profesores *Dr. paed.* L. Mackēvičas piedāvātā latviskotā mācīšanās stilu anketa [76].

Adaptīvas izglītojošas spēles izstrāde

Spēles veidošanai ir izmantots spēļu izstrādes ietvars *Phaser*⁴. Pirmajā solī tika izveidota tīmekļa lapa, kurā tika integrēta gan spēles vide, gan emociju datu izgūšana un atpazīšana, izmantojot *Emotion API*, nodrošinot piekļuvi emociju datiem pašā spēlē. Papildus tam tiek izgūti arī studenta statistiskie raksturlielumi (zināšanu līmenis, mācīšanās stils un sasniegumu mērķis) kā globāli parametri to tālākai izmantošanai spēlē. Visi spēles iespējamie stāvokļi ir parādīti 4.1. attēlā, kopumā atspoguļojot pašas spēles arhitektūru.



4.1. att. Spēles moduļu shematiskais atspoguļojums.

Spēles inicializēšana ir realizēta ar skriptu (*Main.js*), kas atbild par spēles vides sagatavošanu un galveno iestatījumu nolasišanu. Tālāk tiek palaists skripts (*Splash.js*), kas atbild par spēles visu iespējamo stāvokļu (moduļu), multimediju un citu nepieciešamo failu ielādi kešatmiņā. Pēc tam notiek automātiska pāreja uz galveno izvēlni (*GameMenu.js*). No spēles izvēlnes students var pāriet uz mācīšanās režīmu “Mācīties” (*LearnTopics.js*), kas tika izstrādāts daļēji, nerealizējot emociju analīzi un adaptāciju, līdz ar to šis režīms tika atslēgts mācību sistēmas eksperimentālās pārbaudes laikā. Sadaļā “Pārbaudīt zināšanas” (*GameTopics.js*) studentam ir iespēja pārbaudīt zināšanas, izmantojot spēli, kas balstās uz vienu no pasaulēm populārākajām spēlēm “Gribi būt miljonārs?”. Spēlētājiem jāatbild uz 15 jautājumiem ar pieaugošu grūtības pakāpi, lai iegūtu spēles galveno balvu \$ 1 000 000. Pēc būtības jautājumi ir līdzīgi daudzizvēļu testam, kur nepieciešams izvēlēties pareizo atbildi no piedāvātajiem atbilžu variantiem. Nākamais stāvoklis ir “Rezultātu saraksts” (*Results.js*), kurā tiek atspoguļoti studentu rezultāti spēlē (savi vai kopējie). Students var apskatīt arī savus iegūtos “Sasniegumus”

⁴ <http://phaser.io/>

(*Achievements.js*). Šī sadaļa spēlē tika veidota ar domu veicināt motivāciju spēlēt un ne tikai iegūt labākus rezultātus punktu dēļ, bet arī nopelnīt “nozīmītes” par izpildītām misijām. Pēdējā sadaļa izvēlnē ir saistīta ar spēles “Iestatījumiem” (*Options.js*).

Sasnieguma mērķa pielāgošana

Sasnieguma mērķi ir izstrādāti tādā veidā, ka, pat sasniedzot pēdējo mērķi, visu procesu var atkārtot tikai jau grūtākā līmenī. Meistarības mērķos ir ieviests mainīgais *laiks*, kas atspoguļo studenta labāko laiku attiecīgajā tēmā un tiek sistēmā automātiski iegūts no datubāzes, izpildot atbilstošos *SQL* vaicājumus (piemēram, atbildēt uz visiem jautājumiem ātrāk par [*laiks*], lai uzlabotu savu pēdējo rezultātu). Savukārt snieguma mērķu definēšanai ir ieviesti divi mainīgie – studenta *vārds* un *laiks*, ko ir nepieciešams apsteigt, lai iegūtu augstāku vietu rezultātu tabulā (piemēram, atbildēt uz visiem 15 jautājumiem ātrāk par [*laiks*], lai iegūtu augstāku vietu kā [*vārds*]). Dati mainīgo aizstāšanai tiek iegūti, izmantojot izstrādātos *SQL* vaicājumus.

Studenta emociju analīze un sistēmas adaptācija

Lai veiktu studenta emociju analīzi un realizētu EIMS adaptāciju emocijām, ir izstrādātas divas funkcijas: *emotionAnalysis()* un *additionalAnalysis()*. Funkcijas *emotionAnalysis()* mērķis ir trīs vai četros ciklos iegūt divas pēc kārtas dominējošas emocijas ar vienādu valenci (pozitīvas, neitrālas vai negatīvas). Lai emociju uzskatītu par dominējošu, tai jābūt reģistrētai viena cikla ietvaros vismaz 55 % gadījumu. Šāds sliekšnis ir izvēlēts, ņemot vērā gan literatūrā atrastos ieteikumus (50–70 %), gan piedāvātos veidus sliekšņa aprēķinam, ņemot vērā atpazīstamo emociju skaitu [77], [78]. Ja tiek reģistrēta dominējoša emocija, tad tiek izsaukta funkcija *additionalAnalysis()*, kas atbild par adaptāciju un tiek izsaukta tikai tad, ja analīzes rezultātā ir bijušās konstatētas noteiktas emocijas ilgstošākā laika posmā un ir nepieciešams veikt to analīzi un pieņemt lēmumu par sistēmas iejaukšanos.

Funkcija *additionalAnalysis()* atkarībā no reģistrētās emocijas valences darbojas pēc atšķirīga principa, pieņemot, ka sistēmas iejaukšanās biežums tiek diferencēts pie 50 % sliekšņa. Negatīvu emociju gadījumā iejaukšanās biežums ir virs 50 %, savukārt, ja reģistrētas pozitīvas emocijas, tad iejaukšanās notiek mazāk nekā 50 % gadījumu. Katrā no gadījumiem šīs iejaukšanās varbūtības tiek papildus pielāgotas, ņemot vērā arī konkrētam studentam piešķirto PA tipu un tā mijiedarbības biežumu (zems, vidējs, augsts un ļoti augsts) [79], kā arī faktu, ka pārāk bieža iejaukšanās, piemēram, katru reizi, kad tiek identificēta negatīva emocija, mazina PA ticamību [80]. Turklāt jāņem vērā, ka emociju atpazīšanas kopējā precizitāte bija ~75 %, līdz ar to pastāvošās nenoteiktības apstākļos jebkurā gadījumā nedrīkst pieļaut situāciju, ka EIMS vispār neiejaucas vai iejaucas katru reizi, kad konstatēta kāda emocija. Negatīvu emociju gadījumā īstenotā iejaukšanās visiem četriem studenta mācīšanās stiliem ir atspoguļota 4.2. attēlā.

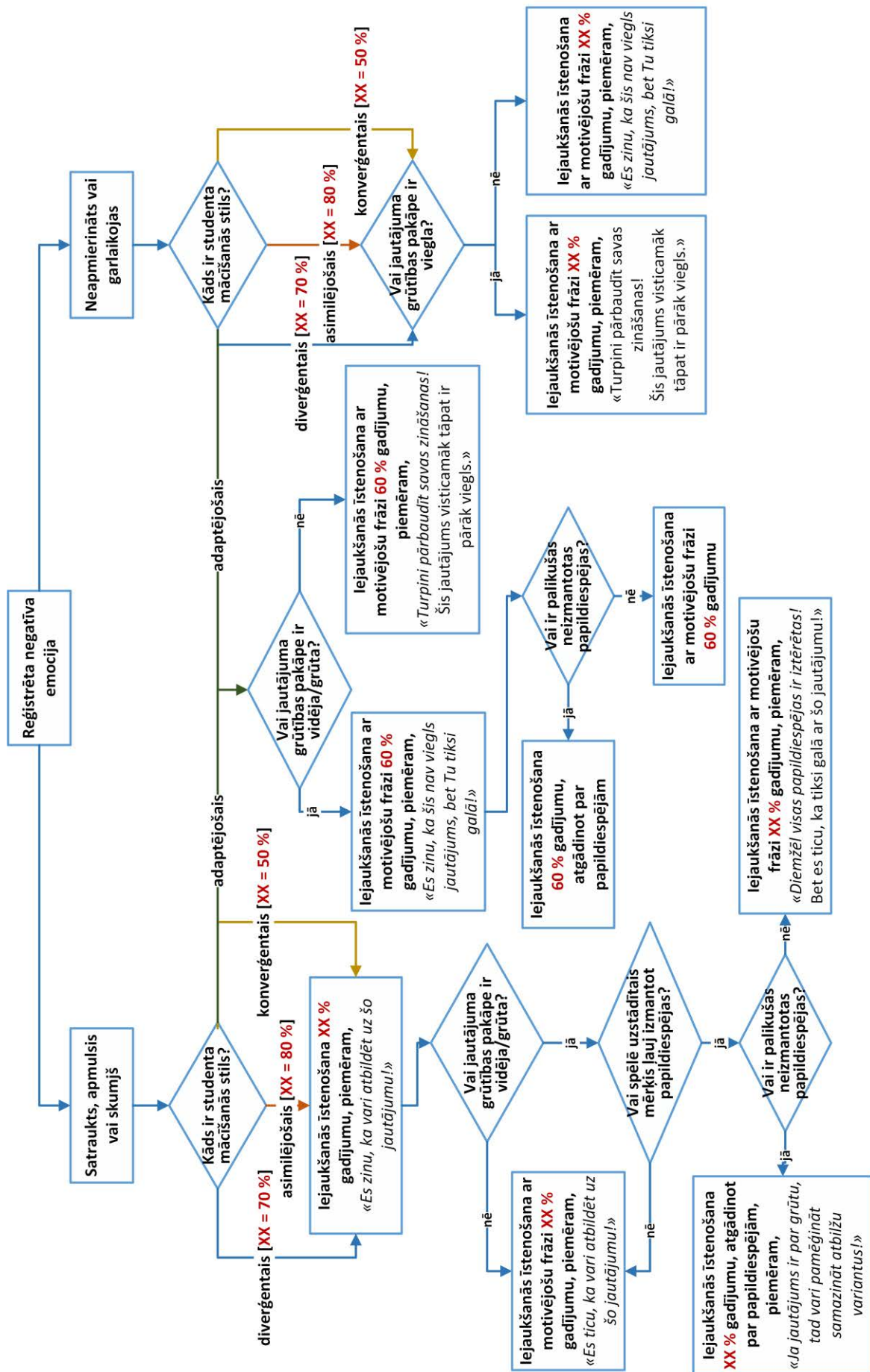
Lai novērtētu studenta uzmanības noturību, spēles laikā tiek palaista izstrādātā funkcija *attentionAnalysis()* ar nosacījumu, ka ir nodrošināta piekļuve kamerai. Šī funkcija katras 0,25 s iegūst jaunākos datus no *Emotion API* rīka, kas bez sejas darbību vienībām automātiski izgūst datus par uzmanību procentu veidā [0–100 %]. Tas ļauj nodrošināt savlaicīgu PA iejaukšanos brīdī, kad students nekoncentrējas uz zināšanu vērtēšanu, bet ir pievērsies kādai citai aktivitātei. PA mērķis ir atjaunot studenta uzmanību spēlei šādās situācijās.

Spēles realizācija

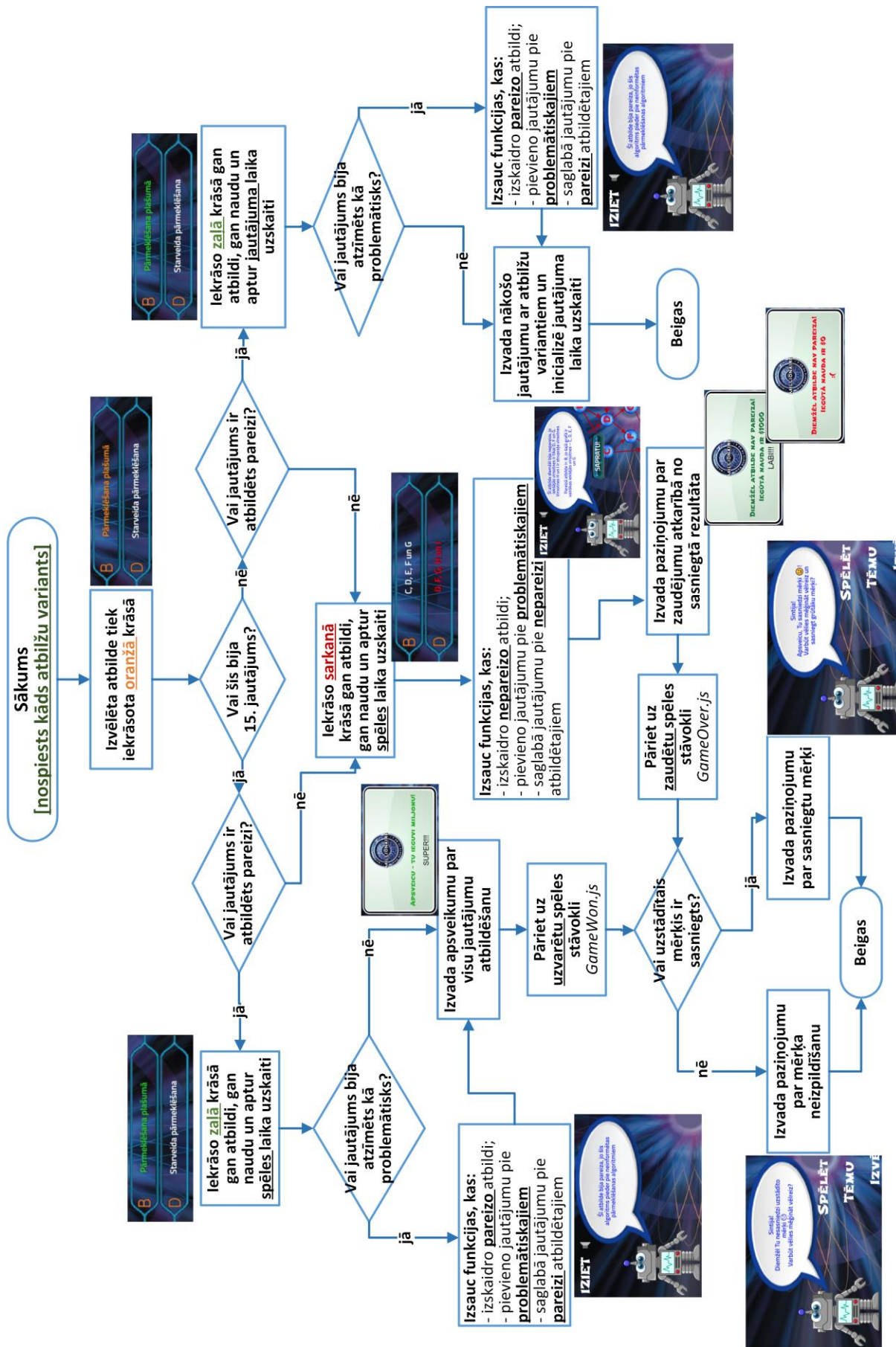
Ja spēles izvēlnē tiek nospiesta sadaļa “Pārbaudīt zināšanas”, studentam tiek piedāvāts to tēmu saraksts, kurām ir pieejama zināšanu vērtēšana. Pēc vēlamās tēmas izvēles tiek palaists skripts *Game.js*, kas pāriet uz spēles palaišanas stāvokli. Spēles darbība ir realizēta šādi:

- 1) mainīgo inicializēšana;
 - 2) jautājumu izgūšana no datubāzes, atlasot konkrētam studentam atbilstošus jautājumus attiecīgajā tēmā, ņemot vērā jautājumu grūtības pakāpi un šādus nosacījumus:
 - 2.1) izvēlas pēc nejaušības ar *RANDOM()* funkcijas palīdzību maksimums trīs iepriekš neredzētus vieglas grūtības pakāpes jautājumus no obligātajiem jautājumiem;
 - 2.2) izvēlas vienu vieglo jautājumu, kas bija pēdējais pievienotais pie problemātiskajiem jautājumiem, un to pievieno iepriekšējā solī atlasītajiem;
 - 2.3) izvēlas visus (t. sk. obligātos) nepareizi atbildētos vieglos jautājumus un ar *RANDOM()* palīdzību izvēlas tikai vienu un pievieno izveidotajam sarakstam;
 - 2.4) ar *RANDOM()* funkcijas palīdzību atlasa vēl piecus vieglos jautājumus;
 - 2.5) no visa saraksta paņem pirmos piecus jautājumus;
 - 2.6) atgriežas pie 2.1. soļa un izpilda visu atkārtoti vidēji grūtiem un grūtiem jautājumiem.
 - 3) jauna sasniedzamā mērķa uzstādīšana;
 - 4) studenta emociju un uzmanības nolasīšanas ciklu inicializēšana;
 - 5) studenta veikto secību un nospiesto elementu reģistrēšana;
 - 6) laika uzskaites funkcijas inicializēšana;
 - 7) spēles elementu izveide un izvietošana;
 - 8) atbilstošas funkcionalitātes piešķiršana katram spēles elementam;
 - 9) spēles noteikumu paskaidrošana, ja students pirmoreiz ir ienācis spēlē;
 - 10) pirmā jautājuma izvide un taimeru palaišana kopējā spēles laika un jautājuma laika uzskaitē un studenta emociju un uzmanības analīzes veikšanai;
 - 11) funkcijas *actionOnClick()* piesaiste atbilžu variantiem atbildes pareizības noteikšanai.
- Detalizēta funkcijas darbība ir atspoguļota 4.3. attēlā.

Bez pašas spēles vides un iespējas tajā sekot līdz saviem rezultātiem katrs students var pārbaudīt savu progresu arī profilā. Tur ir iespējams redzēt attiecīgās tēmas, kurās ir veikta zināšanu vērtēšana, kā arī dažādus rādītājus (savāktos punktus, atbildētos jautājumus, laiku), ņemot vērā visus veiktos mēģinājumus. Turklāt tiek aprēķināts novērtējums attiecīgajā tēmā.



4.2. att. Funkcijas *additionalAnalysis()* darbības princips negatīvu emociju gadījumā.



4.3. att. Funkcijas *actionOnClick()* darbības princips.

4.2. Pētījuma metodoloģija

Pētījuma mērķis ir izpētīt zināšanu vērtēšanas veida ietekmi uz studenta zināšanu novērtējumu un emocionālo stāvokli. Atbilstoši mērķim ir izvirzīta šāda vispārējā hipotēze: Spēlēs balstīta zināšanu vērtēšana veicina studenta pozitīvas emocijas un noved pie augstākiem zināšanu novērtējumiem.

Lai sasniegtu izvirzīto mērķi, ir definēti šādi pētījuma jautājumi:

- 1) vai studentu pozitīvas emocijas zināšanu vērtēšanas laikā ietekmē studentu zināšanu novērtējumus;
- 2) vai zināšanu vērtēšanas veids ietekmē studentu zināšanu novērtējumus;
- 3) vai eksāmena rezultāti ir augstāki tiem studentiem, kuri izmantoja izstrādāto mācību sistēmu un spēli zināšanu vērtēšanai.

Lai atbildētu uz definētajiem jautājumiem, darbā tika izstrādāts detalizēts pētījuma plāns, veikta dalībnieku atlase, definēti mainīgie, kā arī izvēlētas datu ieguves un apstrādes metodes.

Pētījuma plāns un norise

Pētījuma dalībnieki bija RTU Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultātes 3. kursa studenti. Kopumā eksperiments, kurā tika iesaistīti 244 studenti (gan no Latvijas, gan no ārvalstīm), tika organizēts divos posmos:

- 1) obligāta zināšanu vērtēšana kontrolētos apstākļos tēmā “Neinformēta pārmeklēšana” saistībā ar studiju kursu “Mākslīgā intelekta pamati”;
- 2) brīvprātīga zināšanu vērtēšana (pašvērtēšana) ārpus lekcijām (studentu brīvajā laikā) divās citās kursa tēmās – “Heiristiski informēta pārmeklēšana” un “Zināšanu atspoguļošana”.

Eksperimenta pirmajā posmā katra iesaistītā studentu grupa (kopumā četras grupas) pēc nejaušības principa tika iedalīta divās daļās – studenti, kuri veiks zināšanu vērtēšanu auditorijā rakstiskā veidā, un studenti, kuri pildīs testu datorklasē, lietojot izstrādāto spēli (20–30 studenti atkarībā no grupas lieluma). Kopumā 153 studenti veica zināšanu vērtēšanu rakstiskā veidā, 87 studenti – datorklasē. Eksperimenta mērķis bija novērtēt abu vērtēšanas veidu un emociju izmantošanas/neizmantošanas adaptācijai ietekmi uz studentu emocionālo stāvokli un zināšanu novērtējumiem.

Sākot eksperimentu, visi studenti tika lūgti aizpildīt pirmseksperimenta anketu par atšķirībām un priekšroku konkrētam zināšanu vērtēšanas veidam (rakstiskam vai datorizētam), kā arī izjustajām emocijām zināšanu vērtēšanas laikā un to ietekmi. Pēc anketas aizpildes tie studenti, kas bija izvēlēti zināšanu vērtēšanai datorklasē ar *ELIA* sistēmas palīdzību, devās uz datorklasi. Pārējie studenti palika auditorijā kopā ar vienu/diviem mācībspēkiem un saņēma izdrukātu testu ar 15 jautājumiem. Pabeidzot zināšanu vērtēšanu abos eksperimenta apstākļos, studenti tika lūgti aizpildīt pēceksperimenta anketas saistībā ar viņu emocionālo pieredzi eksperimenta laikā un iespējamām atšķirībām, ja zināšanu vērtēšana būtu veikta citā veidā. Līdz ar to abos zināšanu vērtēšanas veidos tika iegūti dati gan par studenta zināšanu novērtējumiem, gan emocionālo stāvokli, ļaujot veikt salīdzināšanu abos gadījumos.

Eksperimenta otrajā posmā visiem studentiem bija iespēja veikt zināšanu vērtēšanu divās citās studiju kursa tēmās pēc to apguves lekciju laikā. Kopumā šajā posmā piedalījās 84 studenti. Eksperimenta otrajā posmā tika ievākti dati attiecībā uz dažādiem spēlēšanas

parametriem, ieskaitot emocionālos datus (ja bija kamera), mēģinājumu skaitu, pareizās/nepareizās atbildes, iegūtos punktus, laiku jautājuma atbildēšanai un spēlei kopumā, sasnieguma mērķu sasniegšanu un papildiespēju izmantošanu. Eksperimentā iegūto datu apstrāde tika veikta, izmantojot *IBM SPSS Statistics 23* un *MS Excel*.

4.3. Rezultāti un to interpretācija

Dalībnieku raksturojums

Lai raksturotu pētījumā iesaistītos dalībniekus, tika analizēti dati no pirmseksperimenta anketas. Attiecībā uz doto priekšroku zināšanu vērtēšanas veidam jāsecina, ka vidēji studentiem nav izteikta priekšroka konkrētam vērtēšanas veidam. Veiktās anketēšanas rezultāti parādīja, ka zināšanu vērtēšana ir problemātisks posms mācību procesā, ko tiešā veidā ietekmē studentu negatīvās emocijas. Turklāt lielākā daļa (~60 %) studentu apgalvoja, ka parasti ir grūti atcerēties apgūto, pieaug neuzmanība un kļūdu skaits. Salīdzinoši mazāku uztraukuma līmeni studenti saista ar datorizētu zināšanu vērtēšanu. Pie mācībspēka aktivitātēm, kas ļautu mazināt negatīvās emocijas, tika minēts arī humors un pozitīva attieksme, līdz ar to svarīga arī mācībspēka emocionālā attieksme.

Studentu pozitīvu emociju ietekme uz zināšanu novērtējumiem

Lai novērtētu emociju ietekmi uz zināšanu novērtējumiem, tika analizēti ievāktie emociju dati visa eksperimenta gaitā. Darbā tika novērtētas atšķirības starp studentu emocionālajiem stāvokļiem katrā no vērtēšanas veidiem, apkopojot datus par studentu ziņotajām emocijām. Kopumā novērojama tendence, ka emocionālās izpausmes vairāk dominēja tieši datorizētās vērtēšanas gadījumā, jo lielākā daļa studentu šajā vērtēšanas veidā ziņoja gan par pozitīvām, gan negatīvām, gan šo abu emociju kombināciju (jeb jauktām). Attiecībā uz vērtēšanu rakstiskā veidā izteiktāks pārsvars bija tieši neitrālām emocijām. Izmantojot hī kvadrāta testu savstarpējās neatkarības noteikšanai, tika novērtēta vērtēšanas veida ietekme uz studenta ziņotajām emocijām, iegūstot statistiski nozīmīgu mijiedarbību starp vērtēšanas veidu un emocijām ($\chi^2(3) = 38,89, p < 0,001$). Aprēķinot efekta lielumu, kas izteikts kā Krāmra V rādītājs, tika secināts, ka vērtēšanas veidam ir liels efekts uz studenta emocijām ($V = 0,4, df = 3$).

Eksperimenta abos posmos ievāktie dati par studentu emocijām tika analizēti, lai pārbaudītu, vai spēlēs balstīta vērtēšana veicina pozitīvas emocijas, pozitīvi ietekmējot arī mācību rezultātus. Kopumā sistēmā biežāk reģistrētās emocijas bija studenta ieinteresētība jeb plūsma (38 %), satraukums (23 %) un garlaikošanās (15 %), ko ir iespējams izskaidrot ar plūsmas teoriju darbībā. Darbā tika novērtētas atšķirības starp studentu zināšanu novērtējumiem katrā tēmā, ņemot vērā arī emocionālos datus. Aprakstošā statistiska attiecībā uz studentu zināšanu novērtējumiem katrā emociju kategorijā ir atspoguļota 4.1. tabulā.

Vienlīdzīgs izlases apjoms katrā kategorijā bija pieejams pirmajā tēmā, kurā tika arī veikta eksperimentālā zināšanu vērtēšana datorklasē, izmantojot emociju atpazīšanas funkcionalitāti. Rezultātu analīze parāda, ka nedaudz augstāki novērtējumi no maksimums 2,5 punktiem ir studentiem, kuri izjuta pozitīvas emocijas. Savukārt studenti, kuri veica spēlē balstītu vērtēšanu bez adaptācijas emocijām, ieguva nedaudz zemākus novērtējumus. Tomēr, salīdzinot

novērtējumus starp visām grupām, netika iegūtas statistiski nozīmīgas atšķirības. Statistika attiecībā uz pārējām divām tēmām ir diezgan zema attiecībā uz emocionālajiem datiem, jo liela daļa studentu nevēlējās izmantot kameru. Ņemot vērā iegūtos rezultātus, jāsecina, ka pozitīvām emocijām ir potenciāls attiecībā uz mācību rezultātu uzlabošanu, tomēr šos rezultātus negatīvi ietekmē studentu noraidošā attieksme pret kameras lietošanu un emociju datu nodošanu sistēmai.

4.1. tabula

Studentu zināšanu novērtējuma dati katrai emociju kategorijai

Emociju kategorijas		<i>N</i>	Vidējais aritmētiskais	Standartnovirze
Pirmā tēma	Nav emocionālo datu	42	1,70	0,59
	Vairāk negatīvas	44	1,71	0,57
	Vairāk pozitīvas	41	1,73	0,57
Otrā tēma	Nav emocionālo datu	64	3,85	1,23
	Vairāk negatīvas	6	3,92	0,52
	Vairāk pozitīvas	13	3,68	1,57
Trešā tēma	Nav emocionālo datu	54	3,16	1,42
	Vairāk negatīvas	8	4,01	0,89
	Vairāk pozitīvas	9	3,32	1,39

Zināšanu vērtēšanas veida ietekme uz studentu zināšanu novērtējumiem

Statistiskā analīze balstīta uz datiem, kas tika iegūti eksperimenta pirmajā posmā. Kopēja statistika par studentu zināšanu novērtējumiem katrā no vērtēšanas veidiem ir šāda:

- rakstiskā veidā 92,8 % studentu ($N = 142$) nokārtoja testu (ieguva $\geq 1,25$ punktus) un 7,2 % studentu ($N = 11$) nespēja nokārtot testu;
- datorizētā veidā, izmantojot spēli, 82,8 % studentu ($N = 72$) nokārtoja, savukārt 17,2 % studentu ($N = 15$) nespēja sasniegt minimālo nepieciešamo punktu skaitu.

Iegūtie novērtējumi ir augstāki eksperimenta kontrolgrupai ($M = 1,89$, $SD = 0,42$, $Md = 1,95$) jeb studentiem, kas veica zināšanu vērtēšanu rakstiskā veidā, salīdzinot ar eksperimentālo grupu ($M = 1,71$, $SD = 0,58$, $Md = 1,65$). Atšķirību novērtēšanai ir izmantots Manna–Vitnija U tests, iegūstot statistiski nozīmīgas atšķirības starp abām grupām ($U = 5459$, $Z = -2,32$, $p = 0,02$). Tika iegūts neliels efekts ($r = -0,149$), un iegūtā rezultāta negatīvā zīme norāda, ka starp abiem definētajiem mainīgajiem (vērtēšanas veidu un iegūtajiem punktiem) pastāv negatīva korelācija. Kopumā, nosakot vērtēšanas veida ietekmi uz studenta iegūtajiem punktiem, tika iegūti 2,2 %, kas ļāva secināt, ka vērtēšanas veida ietekme ir niecīga, līdz ar to atlikušos 97,8 % ietekmē citi faktori.

Spēles izmantošanas ietekme uz studenta eksāmena rezultātiem

Šajā pētījuma daļā tika salīdzināti dati par studentiem, kuri izmantoja un kuri neizmantoja sistēmu, rakstot eksāmenu studiju kursa noslēgumā. Kopumā 178 studenti no 244, kas piedalījās eksperimentā, kārtoja eksāmenu. Aprakstošā statistika par iegūtajiem studentu novērtējumiem kopumā katrā no moduļiem ($Max = 2$) ir pieejama 4.2. tabulā. Lai salīdzinātu atšķirības eksāmena novērtējumos katrā no grupām gan pirmajā, gan otrajā modulī, tika izmantots Manna–Vitnija U tests, savukārt trešajā modulī tika izmantots T tests divu neatkarīgu izlašu vidējo vērtību salīdzināšanai. Tabulā ir atspoguļoti abu iepriekš minēto testu rezultāti, kā arī aprēķinātais efekta lielums.

Kopumā iegūtie novērtējumi visos trīs moduļos ir augstāki studentiem, kuri izmantoja sistēmu, salīdzinot ar studentiem, kuri to neizmantoja. Pirmajā tēmā tika konstatēts neliels pozitīvs efekts, savukārt otrajā un trešajā tēmā tika iegūts jau vidēji liels efekts uz eksāmena rezultātiem.

4.2. tabula

Iegūtie studentu novērtējumi eksāmenā pa tēmām un to atšķirības, izmantojot sistēmu

Modulis	Izmantoja sistēmu	Neizmantoja sistēmu	Izmantotais tests	Testa rezultāti
Pirmais	$N = 91$ ($M = 1,58$, $SD = 0,39$)	$N = 87$ ($M = 1,44$, $SD = 0,41$)	Manna–Vitnija U tests	$U = 4727$, $Z = 2,26$, $p = 0,024$, $r = 0,17$
	Kopumā ($M = 1,51$, $SD = 0,41$)			
Otrais	$N = 70$ ($M = 1,39$, $SD = 0,44$)	$N = 108$ ($M = 0,99$, $SD = 0,47$)	Manna–Vitnija U tests	$U = 5582,5$, $Z = 5,39$, $p < 0,001$, $r = 0,40$
	Kopumā ($M = 1,15$, $SD = 0,50$)			
Trešais	$N = 57$ ($M = 1,11$, $SD = 0,47$)	$N = 121$ ($M = 0,79$, $SD = 0,48$)	T tests	$t(176) = -4,24$, $p < 0,001$, $d = 0,67$ ($r = 0,30$)
	Kopumā ($M = 0,89$, $SD = 0,50$)			

4.4. Kopsavilkums

Šajā nodaļā ir veikta EIMS realizācija. Galvenais mērķis bija pārbaudīt iepriekšējā nodaļā izstrādāto pielāgošanās pieeju un tās ietekmi uz studentu zināšanu novērtējumiem un emocijām zināšanu vērtēšanas kontekstā. Lai novērtētu izstrādātās mācību sistēmas un tajā integrētās spēles funkcionalitāti un ietekmi uz zināšanu vērtēšanu un studentu emocionālajiem rādītājiem, nodaļā ir detalizēti aprakstīts veiktais pētījums ar 244 studentu iesaisti, kā arī pētījuma rezultāti.

Nodaļā ir izpildīti šādi uzdevumi:

- izveidota detalizēta shēma, kas atspoguļo pedagoģiskā moduļa darbību un adaptācijai nepieciešamo datu iegūšanas avotus;
- īstenota eksistējošo ar emocijām saistīto pētījumu analīze, lai iegūtu informāciju par mācību procesam raksturīgajām emocijām un tām atbilstošajām sejas darbībām;
- veikta emociju klasifikatora izstrāde, apmācot neironu tīklu ar mācību procesam raksturīgo emociju klasēm un tām atbilstošajām sejas darbību vienībām;
- veikta studentu anketēšana ar mērķi iegūt statistiskos raksturlielumus un nodrošināt adaptāciju makropielāgošanās līmenī, kā arī izstrādāt personības modeli;
- veikta tīmeklī balstītas spēles izstrāde, izmantojot spēļu izstrādes ietvaru *Phaser*, integrētu kopā ar emociju datu iegūšanas rīku *Emotion API*;
- īstenota galveno spēles stāvokļu identificēšana ne tikai zināšanu vērtēšanas funkcionalitātes nodrošināšanai, bet arī teorijas un prakses apguvei;
- piedāvāta metode sasnieguma mērķu identificēšanai gan pirmo reizi sākot spēli, gan pašas spēles laikā;
- veikta divu funkciju izstrāde, kas atkarībā no studenta mācīšanās stila veic emociju un uzmanības analīzi, ar mērķi īstenot PA iejaukšanos;
- realizēta funkcija, kas atbild par pedagoģisko lēmumu pieņemšanu un īsteno izmaiņas zināšanu vērtēšanā;

- veikta spēles implementācija, kas izmanto visas iepriekš minētās funkcijas un īsteno adaptīvu zināšanu vērtēšanu;
- veikta rezultātu atspoguļošanas funkcionalitātes izstrāde, ietverot arī zināšanu vērtēšanas rezultātu (iegūto punktu) aprēķinu;
- īstenots eksperimentālais pētījums, lai pārbaudītu izstrādātās EIMS un spēles ietekmi uz zināšanu vērtēšanu un studenta emocionālo stāvokli;
- veikta savākto pētījuma datu apstrāde, iegūto rezultātu analīze un piedāvāta rezultātu interpretācija, beigās sniedzot secinājumus par veikto pētījumu.

Nodaļā ir sasniegti šādi rezultāti:

- izstrādāta tīmeklī balstīta EIMS ar nosaukumu *ELIA*, kas paredzēta lietošanai divām dažādām lietotāju grupām – studentiem un mācībspēkiem;
- realizēts mācību procesam raksturīgo emociju klasificēšanas modelis;
- izveidots personības modelis, kas dod iespēju automātiski identificēt studenta sasnieguma mērķi un mācīšanās stilu;
- realizēta divu uz *JavaScript* bāzētu tehnoloģiju *Phaser* spēļu ietvara un emociju atpazīšanas rīka *Emotion API* integrēšana mācību sistēmā;
- izstrādāta spēles arhitektūra, atspoguļojot visus nepieciešamos spēles moduļus (stāvokļus) spēles darbības un adaptācijas nodrošināšanai;
- izstrādāta metode studenta sasnieguma mērķa pielāgošanai katrā spēles mēģinājumā;
- izstrādāta funkcija, kas nodrošina studenta emociju datu analīzi un nepieciešamības gadījumā izsauc funkciju mācību iejaukšanās realizēšanai;
- izstrādāta funkcija, kas īsteno studenta uzmanības noturības analīzi un atkarībā no uzmanības pakāpes realizē iejaukšanos ar PA palīdzību;
- izstrādāta spēle zināšanu vērtēšanas nodrošināšanai;
- veikts un aprakstīts pētījums, ietverot detalizētu pētījuma plānu, atlasot pētījuma dalībniekus un izvēloties atbilstošas datu ieguves un apstrādes metodes;
- aprakstīta iegūto datu un rezultātu analīze saistībā ar izvirzītajiem pētījuma jautājumiem un hipotēzi.

Svarīgākie šīs nodaļas teorētiski rezultāti ir izveidotais sejas darbību vienību apkopojums mācību procesam raksturīgajām emocijām un to atpazīšanai tieši no sejas izteiksmēm. Svarīgākie šīs nodaļas praktiskie rezultāti ir tieši izstrādātā EIMS, kas ietver iepriekšējā nodaļā piedāvāto divu līmeņu pielāgošanās pieeju un nodrošina spēlēs balstītu zināšanu vērtēšanu. Ir izstrādāts arī personības modelis, kas dod iespēju automātiski identificēt studenta sasnieguma mērķi un mācīšanās stilu, kā arī piedāvāti algoritmi studenta emociju datu un uzmanības līmeņa analīzei un atbilstošai mācību procesa adaptācijai.

5. GALVENIE REZULTĀTI UN SECINĀJUMI

Attīstot IMS spējas atpazīt studentu emocijas, kā nākamais izaicinājums parādījās emociju izmantošana mācību procesa adaptācijā. Līdz ar to promocijas darbā tika izvirzīts mērķis izstrādāt EIMS pedagoģisko moduli, kas pielāgotu mācību procesu ne tikai studenta zināšanām, bet arī viņa/viņas emocijām. Izvirzītā mērķa sasniegšanai tika izpildīti sākotnēji ievadā definētie uzdevumi, iedalot tos vairākos apakšuzdevumos. Saistība starp promocijas darbā iekļautajām nodaļām, definētajām tēzēm, uzdevumiem, izpildītajiem apakšuzdevumiem un sasniegtajiem zinātniskajiem rezultātiem ir atspoguļota 5.1. tabulā. Pamatojoties uz tabulā attēloto informāciju, ir iespējams apgalvot, ka sākotnēji izvirzītais mērķis ir pilnībā sasniegts.

Apkopojot promocijas darbā veiktās teorētiskās analīzes, EIMS praktiskās realizācijas un eksperimentālās pārbaudes rezultātus ir izdarīti vairāki secinājumi.

1. Individualizētas mācīšanas īstenošanā liela nozīme ir IMS spējai pielāgoties katram atsevišķam studentam, tāpēc nepieciešams zināt, kā adaptēt mācību procesu un īstenot mijiedarbību ar studentu, plānojot turpmākās pedagoģiskās aktivitātes. Par šo uzdevumu tiešā veidā atbild pedagoģiskais modulis, kuram jāspēj izvēlēties, kuru no mācību darbībām realizēt kā nākamo. Nozīmīgu lomu šajā gadījumā ieņem mācību stratēģijas. Promocijas darbs bija fokusēts tieši uz mācību stratēģijām (makro un mikro), kas var tikt izmantotas jebkurā IMS, jo nav piesaistītas konkrētai problēmsfērai.
2. Lai pilnveidotu IMS pielāgošanās spējas un padarītu tās līdzvērtīgas cilvēku-skolotāju spējām, būtisks faktors ir emocionālais intelekts, kas līdz šim IMS izstrādē netika ņemts vērā. Kopumā tādi emocionālie stāvokļi kā apjukums, plūsma, prieks, garlaikošanās, satraukums, neapmierinātība un pārsteigums ir mācību procesam raksturīgas emocijas.
3. Lai EIMS spētu atpazīt studenta emocijas un nodrošināt piemērotas atbildes reakcijas, tai nepieciešamas komponentes emociju identificēšanai, atbildes reakciju un mācību procesa pielāgošanai un pašas EIMS emociju izrādīšanai.
4. Liela daļa pētījumu EIMS izstrādē ir orientēti uz emociju noteikšanu, kaut gan joprojām nav vienota viedokļa par piemērotāko emociju noteikšanas metodi EIMS kontekstā, jo dažādu sensoru izmantošana ierobežo šādu sistēmu lietošanu reālos mācību apstākļos.
5. Eksistējošās EIMS emocijās balstītas mācību stratēģijas tiek realizētas tikai daļēji vai netiek ietvertas vispār, mazinot EIMS adaptācijas spējas attiecībā uz studenta emocijām.
6. Zināšanu vērtēšana kā viena no EIMS īstenojamām mācību procesa aktivitātēm parasti tiek ignorēta, ja runa ir par studenta emocionālā stāvokļa novērtēšanu.
7. Viens no EIMS mērķiem ir studenta pozitīvu emociju veicināšana, turklāt spēlēm līdzīgu aktivitāšu ietveršana ļauj sekmēt prieku un interesi, samazinot negatīvo emociju ietekmi uz mācību rezultātiem, tomēr vairums izstrādāto izglītojošo spēļu adaptāciju kā fenomenu, jo īpaši studenta emocionālajam stāvoklim, nodrošina ļoti reti.
8. Spēļu apvienošanai, jo īpaši zināšanu vērtēšanas kontekstā, ar EIMS ir daudzsološa nākotne, tāpēc promocijas darbā ir izstrādāta divu līmeņu mācību procesa pielāgošanās pieeja, liekot uzsvāru uz spēļu izmantošanu un paredzot adaptāciju gan makropielāgošanās, gan mikropielāgošanās līmenī.

9. Empīriskā pētījuma rezultātā tika iegūts daļējs pamatojums sākotnēji izvirzītai hipotēzei, jo mācību sistēmas izmantošana un spēles spēlēšana veicināja studenta ieinteresētību un atrašanos plūsmas stāvoklī, sekmējot pozitīvas emocijas. Turklāt nedaudz augstāki novērtējumi ir studentiem, kuri izjuta tieši pozitīvas emocijas. Spēle ļauj ietekmēt studentu motivāciju, panākot viņos vēlmi sasniegt augstākus rezultātus, un mazina zināšanu nepilnības studentiem ar zemāku zināšanu līmeni.
10. Emociju atšķirību analīze dažādos vērtēšanas veidos ļāva secināt, ka vērtēšanas veidam ir liels efekts uz studenta emocijām, jo plašāku emociju spektru izjuta studenti, kas zināšanu vērtēšanai izmantoja spēli.
11. Spēles izmantošana pozitīvi ietekmēja studentu novērtējumus eksāmenā, ko parādīja arī salīdzinoši augstā korelācija starp sistēmas izmantošanu un eksāmenu rezultātiem.

Šī promocijas darba tēmu turpmākajos pētījumos ir iespējams attīstīt dažādos zinātnisko un praktisko pētījumu virzienos.

1. Citas emociju datu ieguves metodes izmantošana, lai uzlabotu studentu noraidošo attieksmi pret emociju datu nodošanu un sistēmas izmantošanu kopumā, jo šobrīd šī ir aktuāla problēma visa pasaulē (emocionālo datu analīzes ētiskā puse un privātums).
2. Pedagoģiskā aģenta attīstīšana attiecībā uz tā emociju izpaušanu, pilnveidojot EIMS pedagoģiskā tēla ticamību, kā arī tuvinot aģentu cilvēku-skolotāju emocionālajai mijiedarbībai ar studentu un panākot augstāku uzticēšanos šīm sistēmām.
3. Adaptācijas uzlabošana, izmantojot mašīnmācīšanās metodes pedagoģiskā aģenta darbībā un mācību stratēģiju pielāgošanā.

Saistība starp promocijas darba nodalām, definētajām tēzēm, uzdevumiem, izpildītajiem apakšuzdevumiem un sasniegtajiem rezultātiem

Uzdevumi	Izpildītie apakšuzdevumi	Sasniegtie rezultāti
1. Jāidentificē pedagogiskā moduļa nozīme, funkcijas un tā mijiedarbība ar citām IMS komponentēm	<p>1. NODALĀ (1. tēze)</p> <ul style="list-style-type: none"> • veikta IMS izpēte, nosakot to būtiskākos raksturojumus, funkcionalitāti realizējošās pamatkomponentes, to uzdevumus un mijiedarbību, kā arī analizētas komponentēs ietvertās un apstrādātās zināšanas mācību procesa nodrošināšanai; • raksturota individualizēta mācību procesa būtība un analizēta šīs mācīšanas formas realizācija IMS, uzsvāru liekot uz pedagogisko moduli un tā lomu individualizētas mācīšanas īstenošanā; • veikta mācību stratēģiju un ar to saistīto jēdzienu analīze; • veikta studenta personības analīze mācību procesa pielāgošanas kontekstā 	<p>1. NODALĀ (1. tēze)</p> <ul style="list-style-type: none"> • apkopojums par IMS komponentēm, to funkcijām, vajadzīgajām zināšanām un komponentešu mijiedarbību; • pedagogiskā moduļa galvenā mērķa definīcija un moduļa pilnvērtīgai darbībai nepieciešamo zināšanu un to veidu, kā arī pedagogisko lēmumu kategoriju apkopojums; • ar mācību stratēģijām saistīto terminu apkopojums; • studenta personības ietekmēto mācību procesa faktoru un studenta raksturojumu apkopojums
2. Jāanalizē emociju loma mācību procesā un jādefinē prasības emocijās balstīta mācību procesa īstenošanai IMS.	<p>2. NODALĀ (2. un 3. tēze)</p> <ul style="list-style-type: none"> • analizēta emociju ietekme uz dažādiem ar mācīšanas saistītiem kognitīvajiem procesiem un izdalītas emociju funkcijas mācību procesā ar mērķi izprast kāpēc emocijas ir neaņemama mācību procesa sastāvdaļa; • veikta dažādu emociju un mācīšanas saistošu teoriju izpēte, lai identificētu būtiskākās mācīšanas iespaidojošās emocijas, kas būtu jāiekļauj IMS izstrādē; • īstenota emocijās balstītu mācību stratēģiju izpēte, lai formulētu prasības emocijās balstīta mācību procesa īstenošanai IMS; • veikta EIMS jēdziena, būtības un attīstības izpēte un analīze ar mērķi raksturot šāda veida sistēmas un to darbības principus, kā arī identificēt galvenās atšķirības no tradicionālajām IMS gan funkcionālītes, gan arhitektūras ziņā; • īstenota eksistējošo EIMS izpēte, analizējot to spējas noteikt mācību procesam raksturīgās emocijas, pielāgot mācību procesu un izradīt sistēmas emocijas; • identificētas un analizētas ar EIMS izstrādi un emocijām pielāgota mācību procesa nodrošināšanu saistītās problēmas 	<p>2. NODALĀ (2. un 3. tēze)</p> <ul style="list-style-type: none"> • prasības emocijās balstīta mācību procesa un stratēģiju īstenošanai mācību sistēmās, sadalītas pa visu mācību procesu kopumā, kā arī uz stratēģiju pamata esošajiem trīs soļiem – teorijas mācīšanu, prakti uz zināšanu vērtēšanu; • emociju noteikšanas un mācību procesa pielāgošanas emocijām mērķu apkopojums; • EIMS definīcija un EIMS raksturojošo īpašību un darbības principu apkopojums; • apkopojums par EIMS arhitektūru veidojošajām papildu komponentēm; • eksistējošo EIMS salīdzinošās analīzes rezultāti; • apkopojums par eksistējošo EIMS būtiskākajiem trūkumiem mācību procesa pielāgošanā studenta emocijām
3. Jāizstrādā metodes un algoritmi iepriekš identificēto trūkumu novēršanai	<p>3. NODALĀ (4. tēze)</p> <ul style="list-style-type: none"> • veikta izglītojošo spēļu raksturojumu analīze mācību procesa kontekstā, kā arī pēģināta spēļu saistība ar emocijām; • veikta jēdziena “Spēlēs balstīta zināšanu vērtēšana” izpēte, kā arī identificēti biežākie šī tipa vērtēšanas veidi; • izanalizētas eksistējošās izglītojošās spēles ar mērķi noskaidrot to adaptācijas spējas, ieskaitot adaptāciju studenta emocijām; • veikta emocijās balstītas pielāgošanās izpēte izglītojošo spēļu kontekstā; • īstenota dažādu pedagogisko aktivitāšu izpēte, kuru iekļaušana izglītojošās spēlēs varētu veicināt studenta motivāciju spēlēt un rezultātā uzlabot mācīšanos; • analizēti dažādi spēlēs izmantotie parametri adaptācijas īstenošanai; • veikta EIMS arhitektūras izveide, fokusējoties uz pedagogiskā moduļa izstrādi; • īstenota pielāgošanās pieejas izstrāde, lai nodrošinātu atbilstošu pedagogiskā 	<p>3. NODALĀ (4. tēze)</p> <ul style="list-style-type: none"> • ar mācīšanas saistīto izglītojošo spēļu pamatelementu un īpašību apkopojums; • apkopojums par pedagogiskajiem pamatprincipiem, kuru integrēšana izglītojošās spēlēs ļautu ietekmēt viņu emocijas un mācīšanos; • apkopojums par spēlēs parametru, kas var kalpot par adaptācijas avotu gan pirms spēles, gan spēles laikā; • EIMS arhitektūra; • divu līmeņu mācību procesa pielāgošanās pieeja, kas definē pedagogiskā moduļa darbības principus; • 12 darbības scenāriji (mikropielāgošanās līmeņi) četriem dažādiem PA tiptiem visos trīs mācību procesa posmos

5.1. tabula (turpinājums)

Saistība starp promocijas darba nodaļām, definētajām tēzēm, uzdevumiem, izpildītajiem apakšuzdevumiem un sasniegtajiem rezultātiem

Uzdevumi	Izpildītie apakšuzdevumi	Sasniegtie rezultāti
<p>6. Jāveic pedagoģiskā moduļa izstrāde emocionāli intelektuālai mācību sistēmai.</p> <p>7. Jāpārbauda izstrādātā pedagoģiskā moduļa darbība eksperimentālos apstākļos</p>	<p style="text-align: center;">4. NODAĻA (5. tēze)</p> <ul style="list-style-type: none"> • izveidota detalizēta shēma, kas atspoguļo pedagoģiskā moduļa darbību un adaptācijai nepieciešamo datu iegūšanas avotus; • īstenota eksistējošo ar emocijām saistīto pētījumu analīze, lai iegūtu informāciju par mācību procesam raksturīgajām emocijām un tām atbilstošajām sejas darbībām; • veikta emociju klasifikatora izstrāde, apmācot neironu tīklu ar mācību procesam raksturīgo emociju klasēm un tām atbilstošajām sejas darbību vienībām; • veikta fīmeklī balstītas spēles izstrāde, izmantojot spēļu izstrādes ietvaru <i>Phaser</i>, integrētu kopā ar emociju datu iegūšanas rīku <i>Emotion API</i>; • piedāvāta metode sasnieguma mērķu identificēšanai, gan pirmo reizi sākot spēli, gan pašas spēles laikā; • veikta divu funkciju izstrāde, kas atkarībā no studenta mācīšanās stila veic emociju un uzmanības analīzi, ar mērķi īstenot iejaukšanos no PA puses; • realizēta funkcija, kas atbild par pedagoģisko lēmumu pieņemšanu un īsteno izmaiņas zināšanu vērtēšanā; • veikta spēles implementācija, kas izmanto visas iepriekš minētās funkcijas un īsteno adaptīvu zināšanu vērtēšanu; • veikta rezultātu atspoguļošanas funkcionalitātes izstrāde, ietverot arī zināšanu vērtēšanas rezultātu (iegūto punktu) aprēķinu; • īstenots eksperimentālais pētījums, lai pārbaudītu izstrādātās EIMS un spēles ietekmi uz zināšanu vērtēšanu un studenta emocionālo stāvokli; • veikta savāktā pētījuma datu apstrāde, iegūto rezultātu analīze un piedāvāta rezultātu interpretācija, dodot beigas secinājumus par veikto pētījumu 	<ul style="list-style-type: none"> • fīmeklī balstīta EIMS ar nosaukumu <i>EIMA</i>, kas paredzēta lietošanai divām dažādām lietotāju grupām – studentiem un mācītājiem, piedāvājot katrai grupai atšķirīgu funkcionalitāti; • mācību procesam raksturīgo emociju sejas darbību vienību apkopojums un to klasificēšanas modelis; • personības modelis, kas dod iespēju automātiski identificēt studenta sasnieguma mērķi un mācīšanās stilu; • spēles arhitektūra, atspoguļojot visus nepieciešamos spēles moduļus (stavoķļus) spēles darbības un adaptācijas nodrošināšanai; • metode studenta sasnieguma mērķa pielāgošanai katrā spēles mēģinājumā konkrētajam studentam; • funkcija, kas nodrošina studenta emociju datu analīzi; • funkcija, kas pieņem gala lēmumu par sistēmas iejaukšanos mācību procesā, • funkcija, kas īsteno uzmanības noturības analīzi un atkarībā no uzmanības pakāpes realizē mācību iejaukšanos ar PA palīdzību; • spēle zināšanu vērtēšanas nodrošināšanai, kas īsteno izstrādāto divu līmeņu pielāgošanās pieeju; • empirisks pētījums ar 244 studentu piedalīšanos; • eksperimentāli iegūto datu un rezultātu analīzes apkopojums, atbildot uz definētajiem pētījuma jautājumiem un dodot slēdzieni par izvirzīto hipotēzi

BIBLIOGRĀFISKAIS SARAKSTS

- [1] Bonner S. F. (2012). *Education within the Family: (II) Private Tutors from Distant Lands*. *Education in Ancient Rome: From the Elder Cato to the Younger Pliny*, pp. 20–33.
- [2] Bloom B. S. (1984). The 2 sigma problem: The Search for Methods of Group Instruction as Effective as One-to-one Tutoring. *Educational Researcher*, Vol. 13 (6), pp. 4–16.
- [3] Carbonell J. R. (1970). *AI in CAI: Artificial Intelligence Approach to Computer Assisted Instruction*. *IEEE Transactions on Man-Machine Systems*, Vol. 11 (4), pp. 190–202.
- [4] Thompson N., McGill T. J. (2012). *Affective Tutoring Systems: Enhancing e-Learning with the Emotional Awareness of a Human Tutor*. *International Journal of Information and Communication Technology Education*, Vol. 8 (4), pp. 75–89.
- [5] Ochs M., Frasson C. (2004). *Emotionally Intelligent Tutoring System (EITS)*. *Proceedings of the 17th International FLAIRS Conference*, pp. 251–256.
- [6] Schutz P., Lanehart S.J. (2002). *Introduction: Emotions in Education*. *Educational Psychologist*, Vol. 37 (2), pp. 67–68.
- [7] Picard R. W. (1997). *Affective Computing*. MIT Press, Cambridge.
- [8] D'Mello S. K., Calvo R. A. (2012). *Significant Accomplishments, New Challenges, and New Perspectives*. *New Perspectives on Affect and Learning Technologies*, pp. 255–271.
- [9] Lukašenko R. (2012). *Studenta modeļa izstrāde intelektuālo apmācības sistēmu funkciju atbalstam*. Promocijas darbs. Rīga: RTU.
- [10] Rollande R. (2015). *Individualizētas studiju plānošanas kā pedagoģiskā moduļa sastāvdaļas izpēte un realizācija*. Promocijas darbs. Rīga: RTU.
- [11] Petrovica S. (2013). *Adaptation of Tutoring to Students' Emotions in Emotionally Intelligent Tutoring Systems*. *Proceedings of ICEEE 2013*, pp. 131–136.
- [12] Petrovica S. (2014). *Tutoring Process in Emotionally Intelligent Tutoring Systems*. *International Journal of Technology and Educational Marketing*, Vol. 4 (1), pp. 72–85.
- [13] Beal C., Lee H. (2005). *Creating a Pedagogical Model that Uses Student Self Reports of Motivation and Mood to Adapt ITS Instruction*. *Workshop on Motivation and Affect in Educational Software, in Conjunction with AIED 2005*, pp. 39–46.
- [14] Bourdeau J., Grandbastien M. (2010). *Modeling Tutoring Knowledge*. *Advances in Intelligent Tutoring Systems*, pp. 123–144.
- [15] Beck J., Stern M., Haugsjaa E. (1996). *Applications of AI in Education*. *ACM Crossroads (Special Issue on Artificial Intelligence)*, Vol. 3 (1), pp. 11–15.
- [16] du Boulay B., Luckin R. (2001) *Modelling Human Teaching Tactics and Strategies for Tutoring Systems*. *International Journal of AI in Education*, Vol. 12, pp. 235–256.
- [17] Mikic Fonte F. A., Burguillo J. C., Nistal, M. L. (2012). *An Intelligent Tutoring Module Controlled by BDI Agents for an E-Learning Platform*. *Expert Systems with Applications*, Vol. 39 (8), pp. 7546–7554.
- [18] Yang F. J. (2010). *The Ideology of Intelligent Tutoring System*. *ACM Inroads*, pp. 63–65.
- [19] Woolf B. P. (2009). *Building Intelligent Interactive Tutors: Student-Centered Strategies for Revolutionizing E-Learning*. Morgan Kaufmann Publishers.

- [20] Chi M., VanLehn K. (2007). *Porting an Intelligent Tutoring System Across Domains*. Artificial Intelligence in Education, pp. 551–553.
- [21] Crowley R. S., Medvedeva O. (2006). *An Intelligent Tutoring System for Visual Classification Problem Solving*. Artificial Intelligence in Medicine, Vol. 36 (1), pp. 85–117.
- [22] Sedlmeier P. (2001). *Intelligent Tutoring Systems*. International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences, Vol. 11, pp. 7674–7678.
- [23] Sottolare R. A., DeFalco J., Connor J. (2014). *A Guide to Instructional Techniques, Strategies and Tactics to Manage Learner Affect, Engagement, and Grit*. Design Recommendations for Intelligent Tutoring Systems: Vol. 2, pp. 7–33.
- [24] Porayska-Pomsta K., Pain H. (2004). *Providing Cognitive and Affective Scaffolding through Teaching Strategies*. Proceeding of ITS 2004, pp. 77–86.
- [25] Miles D. H. (2002). *The 30-Second Encyclopedia of Learning and Performance*. A Trainer's Guide to Theory, Terminology, and Practice.
- [26] Chi M., et al. (2011). *An Evaluation of Pedagogical Tutorial Tactics for a Natural Language Tutoring System: A Reinforcement Learning Approach*. International Journal of Artificial Intelligence in Education, Vol. 21 (1–2), pp. 83–113.
- [27] Iglesias A., et al. (2009). *Learning Teaching Strategies in an Adaptive and Intelligent Educational System through Reinforcement Learning*. Applied Intelligence, Vol. 31, pp. 89–106.
- [28] Mathews M. (2012). *Framework for Multiple Adaptable Pedagogical Strategies in Intelligent Tutoring Systems*. Doctoral thesis. New Zealand: University of Canterbury.
- [29] Morrison D. M., Rus V. (2014). *Moves, Tactics, Strategies, and Metastrategies: Defining the Nature of Human Pedagogical Interaction*. Design Recommendations for ITSs, pp. 217–223.
- [30] Costa P. T., McCrae R. R. (1992). *Four Ways Five Factors are Basic*. Personality and Individual Differences, Vol. 13(6), pp. 653–665.
- [31] Petrovica S. (2017). *Multi-level Adaptation of an Educational Game to Individual Student's Gameplay, Knowledge and Emotions*. Proceedings of EDULEARN, pp. 2220–2230.
- [32] Petrovica S., Pudane M. (2016). *Simulation of Affective Student-Tutor Interaction for Affective Tutoring Systems: Design of Knowledge Structure*. International Journal of Education and Learning Systems, Vol. 1, pp. 99–108.
- [33] Lehman B., D'Mello S., Person N. (2010). *The Intricate Dance between Cognition and Emotion during Expert Tutoring*. Proceedings of ITS 2010, pp. 433–442.
- [34] Izard C. (2010). *The Many Meanings/Aspects of Emotion: Definitions, Functions, Activation, and Regulation*. Emotion Review, Vol. 2 (4), pp. 363–370.
- [35] Davis E. L., Levine L. J. (2013). *Emotion Regulation Strategies That Promote Learning: Reappraisal Enhances Children's Memory for Educational Information*. Child Development, Vol. 84 (1), pp. 361–374.

- [36] Malekzadeh M., Mustafa M. B., Lahsasna A. (2015). *A Review of Emotion Regulation in Intelligent Tutoring Systems*. Educational Technology & Society, Vol. 18 (4), pp. 435–445.
- [37] Glaser-Zikuda M., et al. (2005). *Promoting Students' Emotions and Achievement – Instructional Design and Evaluation of the ECOLE-approach*. Learning and Instruction, Vol. 15 (5), pp. 481–495.
- [38] Astleitner H. (2000). *Designing Emotionally Sound Instruction: The FEASP-Approach*. Instructional Science, Vol. 28 (3), pp. 169–198.
- [39] Sarrafzadeh A., et al. (2008). *How do you Know that I don't Understand? A Look at the Future of Intelligent Tutoring Systems*. Computers in Human Behavior, Vol. 24, pp. 1342–1363.
- [40] Woolf B. P. et al. (2009). *Affect Aware Tutors: Recognising and Responding to Student Affect*. International Journal of Learning Technology, Vol. 4 (3–4), pp. 129–164.
- [41] Petrovica S., Anohina-Naumeca A., Ekenel H. K. (2017). *Emotion Recognition in Affective Tutoring Systems: Collection of Ground-Truth Data*. Procedia Computer Science, Vol. 104, pp. 437–444.
- [42] Nakamura J., Csikszentmihalyi M. (2009). *The Concept of Flow*. Oxford Handbook of Positive Psychology, pp. 89–105.
- [43] D'Mello S. K., Graesser A. C. (2012). *AutoTutor and Affective AutoTutor: Learning by Talking with Cognitively and Emotionally Intelligent Computers that Talk Back*. ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems, Vol. 2 (4), pp. 23:2–23:39.
- [44] Baker R., et al. (2012). *Towards Sensor-Free Affect Detection in Cognitive Tutor Algebra*. Proceedings of EDM 2012, pp. 126–133.
- [45] Rowe J., et al. (2009). *CRYSTAL ISLAND: A Narrative-Centered Learning Environment for Eighth Grade Microbiology*. Proceedings of AIED 2009, pp. 11–20.
- [46] Suraweera P., Mitrovic A. (2004). *An Intelligent Tutoring System for Entity Relationship Modelling*. International Journal of Artificial Intelligence in Education, Vol. 14, pp. 375–417.
- [47] Ammar M. B., Neji M. (2007). *EMASPEL (Emotional Multi-Agents System for Peer to Peer E-learning)*. Proceedings of the 1st International Conference on ICTA, pp. 201–206.
- [48] Cabada R. Z., et al. (2012). *Fermat: Merging Affective Tutoring Systems with Learning Social Networks*. Proceedings of ICALT 2012, pp. 337–339.
- [49] Olney A., et al. (2012). *Guru: A Computer Tutor that Models Expert Human Tutors*. Proceedings of 11th International Conference on ITS, pp. 256–261.
- [50] Gobert J. D., et al. (2013). *From Log Files to Assessment Metrics: Measuring Students' Science Inquiry Skills Using Educational Data Mining*. Journal of the Learning Sciences, Vol. 22 (4), pp. 521–563.
- [51] Heylen D., Nijholt A., Akker H. J. (2005). *Affect in Tutoring Dialogues*. Journal of Applied Artificial Intelligence, Vol. 19 (3–4), pp. 287–310.

- [52] Forbes-Riley K., Rotaru M., Litman D. J. (2008). *The Relative Impact of Student Affect on Performance Models in a Spoken Dialogue Tutoring System*. UMUAI, Vol. 18 (1–2), pp. 11–43.
- [53] Taub M., et al. (2014). *Can the Use of Cognitive and Metacognitive Self-regulated Learning Strategies be Predicted by Learners' Levels of Prior Knowledge in Hypermedia-learning Environments?* Computers in Human Behavior, Vol. 39, pp. 356–367.
- [54] Jaques P. A., et al. (2013). *Rule-Based Expert Systems to Support step-by-Step Guidance in Algebraic Problem Solving: The Case of the Tutor PAT2Math*. Expert Systems with Applications, Vol. 40 (14), pp. 5456–5465.
- [55] Conati C., Maclaren H. (2009). *Modeling User Affect from Causes and Effects*. Proceedings of UMAP 2009, pp. 4–15.
- [56] Paleari M, Lisetti C, Lethonen M. (2005). *VALERIE: Virtual Agent for Learning Environment Reacting and Interacting Emotionally*. Proceedings of AIED 2005, pp. 53–55.
- [57] Mavrikis M., Maciocia A., Lee J. (2007). *Towards Predictive Modelling of Student Affect from Web-Based Interactions*. Proceedings of AIED 2007, pp. 169–176.
- [58] Petrovica S. (2015). *Tutoring and Assessment through Games and Emotions*. Proceedings of CSEDU 2015, pp. 539–544.
- [59] Novak E., Johnson T. (2012). *Assessment of Student's Emotions in Game-Based Learning*. Assessment in Game Based Learning: Foundations, Innovations, and Perspectives, pp. 379–399.
- [60] Kerfoot B. P. Kissane N. (2014). *The use of Gamification to Boost Residents' Engagement in Simulation Training*. JAMA Surgery, Vol. 149 (11), pp. 1208–1209.
- [61] Plass J. L., Homer B. D., Kinzer C. K. (2015). *Foundations of Game-Based Learning*. Educational Psychologist, Vol. 50 (4), pp. 258–283.
- [62] Tang S., Hanneghan M. (2010). *Designing Educational Games: A Pedagogical Approach*. Design and Implementation of Educational Games, pp. 108–125.
- [63] Petrovica S., Anohina-Naumecca A. (2017). *The Adaptation Approach for Affective Game-Based Assessment*. Applied Computer Systems, Vol. 22, pp. 13–20.
- [64] Becker K. (2007). *Pedagogy in Commercial Video Games*. Games and Simulations in Online Learning. Research and Development Frameworks, pp. 21–47.
- [65] Elliot A. J., McGregor H. A. (2001). *A 2x2 Achievement Goal Framework*. Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 80, pp. 501–519.
- [66] Felicia P., Pitt I. (2009). *Profiling Users in Educational Games*. Game-Based Learning Advancements for Multi-Sensory Human Computer Interfaces, pp. 131–156.
- [67] Larkin-Hein T., Budney D. (2001). *Research on Learning Styles: Applications in the Physics and Engineering Classrooms*. IEEE Transactions on Education, Vol. 44 (3), pp. 276–281.
- [68] Montgomery S. M., Groat L. N. (1998). *Student Learning Styles and Their Implications for Teaching*. CRLT Occasional Papers. University of Michigan.
- [69] Meiselman H. L. (2016). *Emotion Measurement: Integrative Summary*. Emotion Measurement, pp. 645–697.

- [70] Chaffar S., Derbali L., Frasson C. (2009). *Towards Emotional Regulation in Intelligent Tutoring Systems*. Proceedings of E-Learn 2009, pp. 2428–2435.
- [71] D’Mello S. K., Graesser A. C. (2014). *Confusion*. International Handbook of Emotions in Education, pp. 289–310.
- [72] Grafsgaard J. F., et al. (2013). *Automatically Recognizing Facial Indicators of Frustration: A Learning-Centric Analysis*. Proceedings of ACII 2013, pp. 159–165.
- [73] Bosch N., et al. (2016.). *Detecting Student Emotions in Computer-Enabled Classrooms*. Proceedings of the 25th International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 4125–4129.
- [74] Costa P. T., McCrae R. R. (1992). *NEO Five-Factor Inventory*. http://www.maps.org/research-archive/mdma/mt1_docs/neoinventory.pdf, [Skatīts: 08.12.2016.].
- [75] van Skotere L., Perepjolkina V. (2011). *Personības iezīmju piecu faktoru modeļa aptauju NEO-PI-R, NEO-FFI un NEO-FFI-R versijas latviešu valodā – to psihometriskie rādītāji*. Latvijas Universitātes raksti. Psiholoģija. Vol. 768, pp. 57–78.
- [76] Mackēviča L. (2010). *Atbalsta mācību materiāls “Mācīšanās stili”*. E-grāmata: “Novitātes pedagogijā profesionālās izglītības skolotājiem” <http://profizgl.lu.lv/mod/book/view.php?id=12113&chapterid=2763>, [Skatīts: 07.09.2017.].
- [77] Daudelin-Peltier C., et al. (2017). *The Effect of Acute Social Stress on the Recognition of Facial Expression of Emotions*. Scientific Reports, Vol. 7(1), Article number: 1036.
- [78] Landowska A., Brodny G., Wrobel M. R. (2017). *Limitations of Emotion Recognition from Facial Expressions in E-learning Context*. Proceedings of CSEDU 2017, pp. 383–389.
- [79] Kim Y., Baylor A. L. (2016). *Research-Based Design of Pedagogical Agent Roles: A Review, Progress, and Recommendations*. Int. Journal of AI in Education, Vol. 26, pp. 160–169.
- [80] Hospers M., et al. (2003). *An Agent-based Intelligent Tutoring System for Nurse Education*. Applications of Intelligent Agents in Health Care Domain, pp. 143–159.