

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Jekaterina BULE

**MODEĻU KOPA ADAPTĪVĀS
DATORIZĒTĀS MĀCĪŠANĀS
PĀRVALDĪBAI**

Promocijas darba kopsavilkums

Rīga 2011

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultāte
Lietišķo datorsistēmu institūts

Jekaterina BULE
Datorsistēmas doktora programma

**MODEĻU KOPA ADAPTĪVĀS
DATORIZĒTĀS MĀCĪŠANĀS
PĀRVALDĪBAI**

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskā vadītāja
Dr.sc.ing., profesore
L. ZAICEVA

Rīga 2011

UDK 004.89:37(043.2)
Bu 283 m

Bule J. Modeļu kopa adaptīvās datorizētās
mācīšanās pārvaldībai. Promocijas darba
kopsavilkums.-R.:RTU, 2011.-41 lpp.

Iespiests saskaņā ar LDI institūta 2011.gada 14.
februāra lēmumu, protokols Nr. 69

ISBN 

**PROMOCIJAS DARBS
IZVIRZĪTS RĪGAS TEHNISKĀS UNIVERSITĀTES
INŽENIERZINĀTŅU
DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI**

OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesors, Dr.habil.sc.ing. Leonīds Novickis
Rīgas Tehniskā universitāte

Profesors, Dr.sc.ing. Boriss Mišņevs
Transporta un sakaru institūts

Asoc. Profesors, Dr.sc.ing. Demetrios Sampson
University of Piraeus

APSTIPRINĀJUMS

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

Jekaterina Bule (Paraksts)

Datums:

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, satur ievadu, 5 nodaļas, nobeigumu, bibliogrāfisko sarakstu, 7 pielikumus, 43 attēlus, 33 tabulas, kopā 197 lappuses. Bibliogrāfiskajā sarakstā ir 182 nosaukumi.

ANOTĀCIJA

Promocijas darbs veltīts adaptīvu datorizētās mācīšanās sistēmu izpētei un analīzei, kā arī to projektēšanas un izveides vispārīgo principu izstrādei, balstoties uz studenta modeli un adaptīvās mācīšanās organizēšanas metodēm.

Galvenā uzmanība pievērsta šādu uzdevumu risināšanai: datorizētās mācīšanās sistēmu un adaptācijas metožu pētīšana; modeļu kopas, kas ir nepieciešama adaptīvā dialoga nodrošināšanai starp studentu un mācīšanās sistēmu, noteikšana, balstoties uz mācīšanās procesa analīzi; mācību vielas modeļa izstrāde, ievērojot mācību objektu atkārtotās lietošanas iespējas; eksperta modeļa sastādīšana programmēšanas inženiera specialitātei; studenta modeļa izstrāde, kas ļauj nodrošināt dažādus adaptivitātes līmeņus; adaptivitātes un adaptējamības problēmas pētīšana; adaptīvās mācīšanās algoritma izstrāde; adaptīvā e-mācīšanās kursa izveide un tā lietošanas efektivitātes novērtēšana.

SATURS

1. VISPĀRĒJS DARBA RAKSTUROJUMS	6
1.1. TĒMAS AKTUALITĀTE	6
1.2. PROMOCIJAS DARBA MĒRĶIS UN UZDEVUMI.....	7
1.3. PĒTĪJUMU METODIKA, ZINĀTNISKĀ NOVITĀTE, DARBA PRAKTISKĀ NOZĪME.....	8
1.4. PROMOCIJAS DARBA STRUKTŪRA.....	8
2. PROMOCIJAS DARBA SATURS	10
2.1. DATORIZĒTĀ MĀCĪŠANĀS UN TĀS ORGANIZĀCIJA	10
2.2. MODEĻI DATORIZĒTĀS MĀCĪŠANĀS SISTĒMĀS	13
2.2.1. <i>Priekšmeta modelis</i>	13
2.2.2. <i>Eksperta modelis</i>	19
2.2.3. <i>Studenta modelis</i>	21
2.3. E-KURSA MĀCĪŠANĀS ADAPTĪVĀS METODES	25
2.4. E-KURSU IZSTRĀDE UN LIETOŠANA	29
3. DARBA REZULTĀTI	34
4. DARBA APROBĀCIJA	36
4.1. UZSTĀŠANĀS KONFERENCĒS.....	36
4.2. PUBLIKĀCIJAS.....	37

1. VISPĀRĒJS DARBA RAKSTUROJUMS

1.1. Tēmas aktualitāte

Mūsdienās, attīstoties jaunām tehnoloģijām un virzieniem visdažādākajās nozarēs, augsti kvalificētu speciālistu sagatavošana, profesionālā pārorientēšanās, un citi izglītības veidi ir aktuālākās problēmas. Eiropas un visas pasaules darba tirgū ir pieprasīti, galvenokārt, izglītotie cilvēki, tāpēc arī strauji pieaug apmācības nozīme cilvēka dzīvē. Tādēļ palielinās arī nepieciešamība pārejai pie progresīviem mācīšanas veidiem, kas dod iespēju uzlabot zināšanu, iemaņu un prasmju iegūšanas procesu, lietojot modernās tehnoloģijas. Šī iemesla dēļ attīstās tādi apmācības paveidi, kā tālmācība, mūžizglītība, e-mācīšanās un citi.

Pēdējos gados vairākās augstākās izglītības iestādēs tiek izstrādātas un plaši izmantotas dažādas datorizētās mācīšanās programmas un sistēmas, kuras ļauj optimizēt vairākas mācību procesa organizēšanas stratēģijas. Viena no galvenajām e-mācīšanās sistēmu priekšrocībām, ir tāda, kā tās ir pieejamas jebkurā laikā jebkurā vietā, kur ir piekļuve globālajam tīmeklim.

E-kursu izstrādes laikā ir jāpievērš uzmanība mācīšanas procesa nodrošināšanas problēmai. Kurša apgūšanas efektivitāte ir atkarīga no tā, kā tas ir organizēts. Datorizētās apmācības sistēmai jārikojas tuvu mācībspēkam, kad tiek ņemti vērā vairāki faktori.

Efektīvu datorizēto kursu izstrādes laikā jāpievērš uzmanība tā strukturēšanai, kas nodrošina labāku informācijas uztveri. Tātad ir jāizstrādā mācību moduļu secības pārvaldības līdzekļi, kas var būt izmantoti kā vienas tēmas modeļa ietvaros (piemēram, jēdzienu secības noteikšana), tā arī visa priekšmeta modeļa ietvaros (tēmu secība, informācijas kadri un kontrole).

Dažādu sistēmu pētīšanas laikā bija konstatēts, ka tās neievēro studenta sagatavotības līmeni, psiholoģiskās īpašības un citus faktoros, kas ietekmē rezultātu. Viena no svarīgākajām prasībām mācīšanās kursiem ir tā adaptējamība. Pielāgošana var būt realizēta, izmantojot dažādus līdzekļus informācijas uzskatāmai attēlošanai, ievērojot apmācāma sagatavotības līmeni variēt sniedzamas informācijas apjomu, sarežģītību un saturu. Tādējādi, lielāka uzmanība darbā ir pievērsta datorizēto kursu mācīšanas nodrošināšanai, ievērojot studenta īpašības un adaptivitātes principus.

Vairākas organizācijas visā pasaulē nodarbojas ar datorizētās mācīšanas problēmas pētīšanu un apmācības sistēmu izstrādi. Var minēt tādas institūcijas, kā Rīgas Tehniskās Universitātes Tālmācību studiju centrs; Latvijas Tālmācības centrs; INTERLABS pētīšanas institūts (Interlabs Research institute); Starptautisks izglītības tehnoloģiju un sabiedrības forums (International Forum of Educational Technology & Society); Datortehnikas izglītībā

attīstības asociācija (Association for Advancement of Computing in Education); Starptautisks Pētīšanas un trenēšanas centrs (International Research and Training center); Kauņas Reģionāls Tālmācības centrs (Kaunas Regional Distance Education Study Centre); IT-STUDY.ru un citas.

Dažādas datorizētas mācīšanas problēmas, jautājumi un to risinājumi tiek izskatīti ikgadējās konferencēs: IEEE ICALT (www.ieee.org), ED-MEDIA (www.aace.org/conf/edmedia/), IASTED CATE un WEB (www.iasted.org), IADIS e-Learning (www.elearning-conf.org), ICCMS (www.iccms.org/index.htm), SITE (site.aace.org/conf/), IMCL (www.imcl-conference.org/) un daudzās citās.

Eksistējošo kursu pētīšanas laikā, tika secināts, ka mācīšanās sistēmu pārvaldības problēmai nebija pievērsta pietiekoša uzmanība, bet tai ir liela nozīme kursu izstrādes un ieviešanas procesā, tādēļ promocijas darbā tiek izskatīts mācību priekšmeta mācīšanās pārvaldības jautājums, balstoties uz mūsdienas tehnoloģijām un standartiem.

1.2. Promocijas darba mērķis un uzdevumi

Promocijas darba mērķis ir pamatojoties uz mācīšanas procesa, studenta modeļu, adaptācijas metožu un modeļu, kas tiek lietotas datorizētās mācīšanas sistēmās (DMS), pētījumu rezultātiem izstrādāt metodes un modeļus, kas ļaus īstenot adaptivitātes un adaptējamības principus mācību kursa mācīšanā.

Izvirzītā mērķa sasniegšanai ir jāizpilda šādi uzdevumi:

- izpētīt datorizētās mācīšanas sistēmas un izmantojamās tajās adaptācijas metodes;
- pamatojoties uz mācīšanas procesa analīzi, noteikt modeļu kopu, kas ir nepieciešama adaptīvā dialoga nodrošināšanai starp studentu un mācīšanas sistēmu, un to savstarpējas saites;
- izstrādāt mācību vielas modeli kursa mācīšanai, ievērojot mācību objektu atkārtotās lietošanas iespējas;
- balstoties uz izmantojamiem datorizētās mācīšanas sistēmās zināšanu modeļiem, izstrādāt eksperta modeli programmēšanas inženiera specialitātei;
- pamatojoties uz modernās DMS lietojamo studenta modeļu pētīšanu, izstrādāt studenta modeli, kas ļaus nodrošināt dažādus adaptivitātes līmeņus;
- izpētīt adaptivitātes un adaptējamības problēmu datorizētās mācīšanas sistēmās un, balstoties uz iegūtiem rezultātiem, izstrādāt mācīšanas algoritmu, kurā tiks realizētas abas īpašības;

- izstrādāt adaptīvu e-mācīšanās kursu, ieviest to mācību procesā un novērtēt e-kursu lietošanas efektivitāti.

1.3. Pētījumu metodika, zinātniskā novitāte, darba praktiskā nozīme

Pētījumu nozare: datorsistēmas, kas ir paredzētas adaptīvai apmācībai.

Pētījumu priekšmets: adaptīvās datorizētās mācīšanās sistēmu modeļi un metodes.

Pētījumu metodika: ekspertu vērtējumu un matemātiskās statistikas metodes.

Zinātniskā novitāte. Pie jauniegūtiem rezultātiem pieder:

- piedāvātais mācību vielas modeļa attēlošanas veids, kas balstās uz hiperteksta matemātisko pierakstu, kā arī atkārtoti lietojamo mācību objektu struktūras, kas paredzētas zināšanu iesniegšanai, iemaņu un prasmju formēšanai;
- izstrādātais studenta modelis, kas ļauj nodrošināt individuālo pieeju katram apmācāmajam, ievērojot īpašības, kas ietekmē mācību procesu;
- izveidotais adaptīvās mācīšanās algoritms, kas balstās uz priekšmeta un studenta modeļiem.

Darba praktiskā nozīme.

Izstrādātais studenta modelis un adaptīvās mācīšanās algoritms var būt lietderīgs datorizētās mācīšanās sistēmu projektēšanā un izveidē, jo dod iespēju nodrošināt individuālo pieeju katram studentam apmācības laikā, kas paaugstina mācīšanās efektivitāti. Izstrādāti e-mācīšanās kursi ir iekļauti datorizētajā apmācības sistēmā, kas sekmīgi tiek lietota RTU mācību procesā. E-kurss „Study HTML from zero”, kura mācību vielas izveidē piedalījās promocijas darba autore, ir izvietots Virtuālā Eiropas Datorzinātnes departamenta virtuālajā bibliotēkā.

1.4. Promocijas darba struktūra

Promocijas darbs sastāv no piecām nodaļām un nobeiguma. Pirmajā nodaļā (ievads) aprakstīta tēmas aktualitāte, formulēts darba mērķis un uzdevumi.

Otrajā nodaļā izpētīts datorizētās mācīšanās process, dota datorizētās mācīšanās sistēmu klasifikācija pēc vairākiem kritērijiem, kā arī izskatīts datorizētās mācīšanās modelis.

Trešā nodaļa satur datorizētās mācīšanās sistēmu modeļu pētījumu rezultātus: parādīta modeļu savstarpējā mijiedarbība, izskatīti priekšmeta modeļu attēlošanas veidi, izstrādāti mācību objektu modeļi, izveidots eksperta modelis programmēšanas inženierim, dota studenta modeļu klasifikācija un apraksti, kā arī izveidots studenta modelis adaptīvai mācīšanai.

Ceturtnā nodaļa veltīta adaptīvās e-kursa mācīšanās metožu izpētei, ir izskatīti e-kursa mācīšanās pamatprincipi, aprakstītas adaptivitātes un adaptējamības nodrošināšanas problēmas, dots adaptīvās e-kursa mācīšanās algoritms, kas balstās uz studenta modeli.

Piektajā nodaļā ir parādīta adaptīvo e-mācīšanās kursu izstrāde un to lietošana mācību procesā, kā arī novērtēta e-kursu lietošanas efektivitāte, izmantojot divas matemātiskās statistikas metodes, un ievērojot studentu aptaujas rezultātus.

Darbā: 197 lpp. teksta, 43 attēli, 33 tabulas un 182 bibliogrāfijas avoti.

2. PROMOCIJAS DARBA SATURS

2.1. Datorizētā mācīšanās un tās organizācija

Datorizētā apmācība (computer-assisted learning) ir “apmācības veids, ko veic ar attiecīgi programmēta datora, datoru sistēmas vai datoru tīkla palīdzību, kas apmācāmo apgādā ar nepieciešamo informāciju, pārbauda tā zināšanas, analizē pārbaudes rezultātus un izstrādā rekomendācijas mācību procesa pilnveidošanai”.

Mūsdienās datorizētās mācīšanās sistēmas (DMS) lieto daudzas izglītības institūcijas, kā arī tās ir sastopamas globālajā tīmeklī. Promocijas darba izstrādes gaitā tika izpētītas 150 DMS un klasificētas pēc 4 kritērijiem: funkcionālā nozīme, atgriezeniskas saites nodrošināšana, lietotāju kategoriju skaits, kursa adaptīvas mācīšanās organizēšana.

Pēc funkcionālās nozīmes visas sistēmas ir iedalāmas 7 grupās:

- 1) testēšanas programmas;
- 2) enciklopēdijas un vārdnīcas;
- 3) apmācības spēles;
- 4) universālas apmācības sistēmas;
- 5) specializētas apmācības sistēmas;
- 6) Interneta universitātes un koledžas;
- 7) virtuālās pasaules.

Pētījumu rezultāti parāda, ka pašlaik izplatītākas joprojām paliek testēšanas programmas (42%) un ir pietiekami bieži sastopamas dažādas enciklopēdijas un vārdnīcas, ieskaitot skaidrojošās (20%).

Atgriezeniskās saites nodrošināšanai izmanto šādas iespējas:

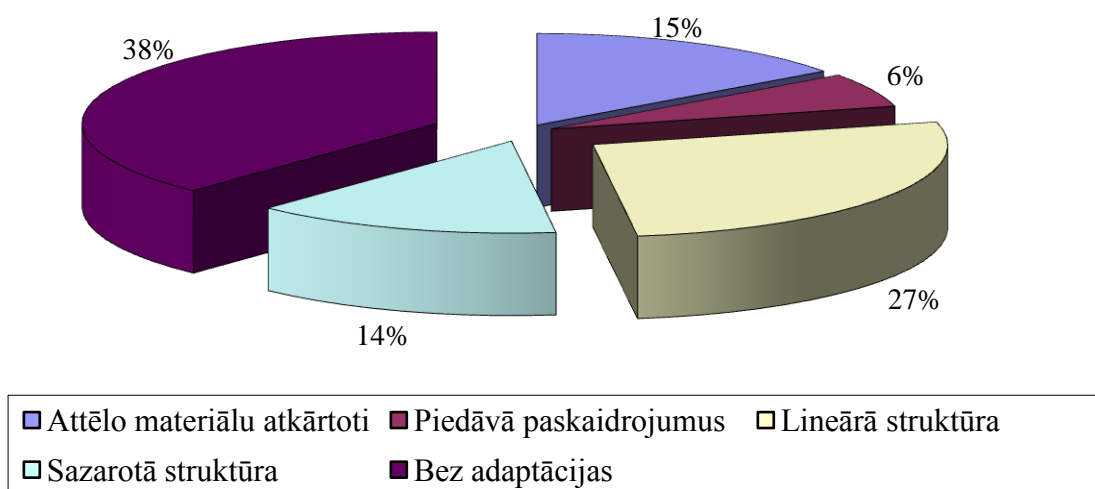
- e-pasts;
- tērzēšana (chat), forumi, debates;
- videokonferences;
- virtuālās klases.

E-pasts un tērzēšana (forumi, debates) ir populārākie atgriezeniskās saites nodrošināšanas veidi – 55% un 42% atbilstoši. Videokonferencēm un it īpaši virtuālajām klasēm ir sarežģītāka realizācija un tās pieprasa papildus resursu un ierīču izmantošanu, līdz ar to joprojām paliek maz lietojamas.

Galvenās DMS lietotāju kategorijas ir students, mācībspēks, mācību vielas autors, administrators un operators. Visām kategorijām ir savas iespējas, taču pētāmajās sistēmās lielākoties bija divas vai trīs klases: students un mācībspēks, kurš apvienoja sevī gan

mācībspēka, gan mācību vielas, kā arī administratora un operatora funkcijas. Dažās sistēmās (ap 56%) mācībspēks bija izdalīts atsevišķi, bet administratora un operatora iespējas apvienotas.

Pētot DMS, tika konstatēts, ka lielāka daļa no tām nenodrošina mācīšanās procesa adaptāciju studentam (38%). Visbiežāk apmācība tiek organizēta lineāri, neņemot vērā apmācāmā darbu ar kursu (27%), dažās sistēmās tiek realizēta sazarota struktūra (14%) vai atkārtota materiāla attēlošana (15%), nesniedzot nekādus paskaidrojumus un/vai piemērus (2.1. att.).



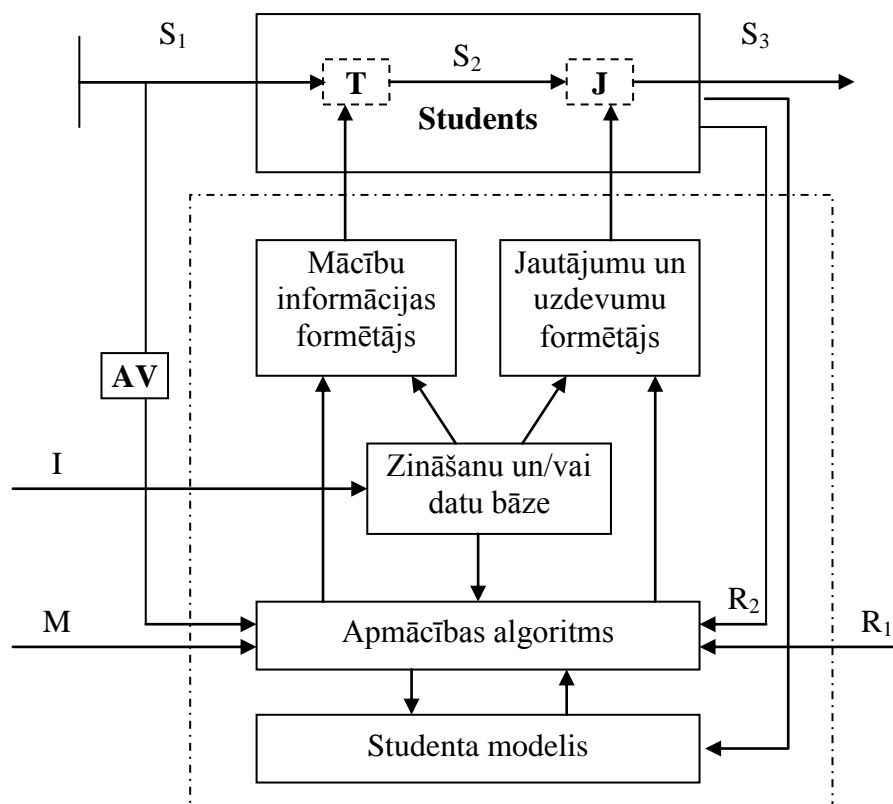
2.1. att. Datorizētā kursa mācīšanās organizēšana

Mācīšanās procesu ietekmē vairāki faktori gan ārējie (apkārtējā vide, kurā strādā students, papildus informācija ārpus sistēmas, mērķi utt.), gan iekšējie (sistēmā esošā informācija, realizēti algoritmi un metodes, citi pieejamie sistēmas resursi).

Vairāki zinātnieki, aprakstot mācīšanās procesu, izmantoja L. Rastrigina modeli, kas vispilnīgāk atspoguļo datorizētās mācīšanās procesu, balstoties uz studenta modeli (2.2. att.).

- Students, kurš pirms apmācības atrodas stāvoklī S_1 . Pēc mācīšanās informācijas T saņemšanas un apgūšanas students nonāk stāvoklī S_2 . Atrodoties tajā, studentam tiek iesniegts uzdevums vai uzdots jautājums J , lai noskaidrotu vai iepriekš dota mācību viela ir apgūta. Pēc uzdevuma izpildes students nonāk stāvoklī S_3 . Pēc katras tādas soļu kopas tiek izmainīts studenta modelis.
- Mācību informācijas formētājs griežas pie apmācības algoritma, kas nosaka kāda konkrēti mācību vielas daļa T ir jāņem no Zināšanu un datu bāzēm;

- Jautājumu un uzdevumu formētājs ģenerē uzdevumus J tēmas apgūšanas pārbaudei, ņemot vērā studenta darbu ar kursu līdz uzdevuma izpildes brīdim, kā arī pārējo informāciju, kas tiek glabāta studenta modelī;
- Datu bāze satur vispārējo informāciju par lietotājiem (studentiem, mācību spēkiem utt.), esošiem kursiem u.tml.;
- Zināšanu bāzē tiek glabāts modeļu kopums (priekšmeta modelis, tēmas modelis, dialoga scenāriji, zināšanu/eksperta modelis, studenta modelis). Tā var būt papildināta no ārējiem informācijas avotiem I;
- Apmācības algoritms sastāv no divām daļām – atbilžu analizators un pārvaldības modulis. Balstoties uz iepriekš uzstādītiem mērķiem M, apkārtējās vides stāvokļiem AV, kā arī iekšējiem R₂ un ārējiem R₁ resursiem, algoritms nodod nepieciešamo informāciju Mācību informācijas un Jautājumu un uzdevumu formētājiem. Atbilžu analizators apstrādā ne tikai tās atbildes, kas bija sniegtas uz konkrētu uzdevumu vai uzdevumu kopu, bet arī studenta darbību, ko viņš/-a veica pēc informācijas apgūšanas. Pārvaldības modulis pēc apstrādes rezultātiem nosaka, kam un kādā veidā jāseko pēc apskatāma soļa.



2.2. att. Mācīšanās procesa modelis

Kā redzams, datorizētās mācīšanās process balstās uz vairākiem modeļiem, galvenais no kuriem ir studenta modelis.

2.2. Modeļi datorizētās mācīšanās sistēmās

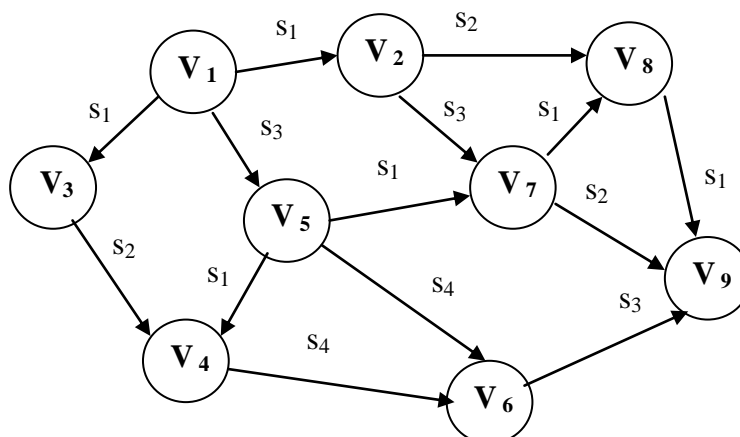
2.2.1. Priekšmeta modelis

Priekšmeta modeli var uzskatīt par apmācības procesa pamatu, jo tas nosaka “ko mācīt?”, kas ir viens no didaktikas bāzes jautājumiem. Tās ietver sevī visu teorētisko informāciju un zināšanu pārbaudes uzdevumus, kas ir paredzēti konkrētajā kursā.

Izstrādājot priekšmeta modeli, ir jāņem vērā mērķa rādītāji, kas var būt iedalīti divās grupās: kvantitatīvie un kvalitatīvie rādītāji. Kvantitatīvie ietver sevī mācību vielas apguves līmeni, mācību vielas reprezentēšanas līmeni, apgūšanas automatizācijas pakāpi un izpratni. Savukārt, kvalitatīvie ir mācību vielas sarežģītība un grūtība.

Priekšmets sastāv no vairākām tēmām, kas savā starpā ir savienotas. Tēmu saitēm ir svars, kas parāda katras tēmas apgūšanas līmeni, t.i., cik detalizēti tā jāzina. Tādējādi, priekšmeta modelis ir orientēts grafs ar svērtiem lokiem $G(V, S)$. Grafa virsotnes attēlo mācību objektus (MO) un loki parāda saites starp tiem (2.3. att.). Saitēm var būt četri tipi:

- s_1 – tekoša MO apgūšanai ir nepieciešamas pamatzināšanas par iepriekšējo/-iem;
- s_2 – strādājot ar tekošo MO ir daudz jāgriežas pie iepriekšēja/-u objektu informācijas;
- s_3 – lai apgūtu tekošo MO ir nepieciešamas speciālas zināšanas no iepriekšēja/-iem;
- s_4 – lai apgūtu tekošo MO un lietotu praktiski iegūtu informāciju ir nepieciešamas labas zināšanas par iepriekšējo/-iem objektiem.



2.3. att. Grafa veida priekšmeta modelis

Mācību objekts (MO) var būt izskatīts divos līmeņos: makro (tēma, sadaļa) un mikro (mācību vielas kvants). MO ir jebkurš digitāls avots, kas var būt atkārtoti lietots mācīšanas atbalstīšanai.

Veidojot mikro līmeņa mācību objektu, ir jānodrošina šādas galvenās īpašības:

- ✓ tie ir mazi mācību vielas kvanti, kas ilgst no 2 līdz 15 minūtēm;
- ✓ tie ir noslēgušies, t.i., var būt izmantoti atsevišķi, kas nodrošina atkārtoto lietošanu;
- ✓ var būt apkopoti vienā grupā (piemēram, tēmā, kursa sadaļā);
- ✓ apzīmēti ar metadatiem (katrs MO ir aprakstīts, lai to varētu viegli atrast).

Mācību objekti var būt iedalīti divās lielās grupās: mācību objekts teorētiskā informācija (MOI) un mācību objekts uzdevums (MOU).

Tādējādi, izmantojot Bekusa notācību

$$\langle \text{MO} \rangle ::= \langle \text{MOI} \rangle \mid \langle \text{MOU} \rangle.$$

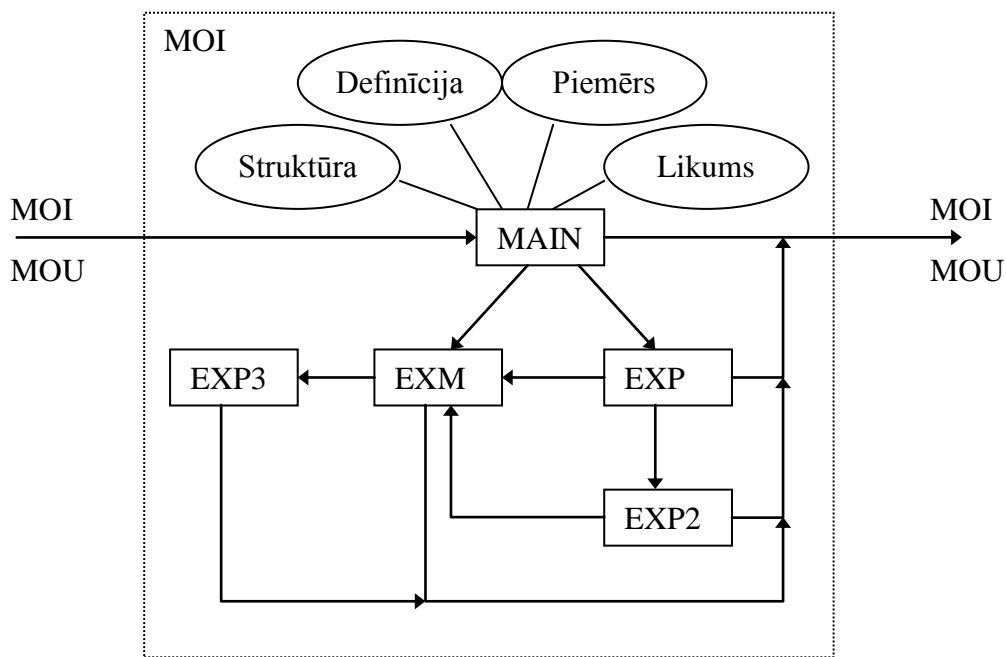
MO informācija paredzēts mācību vielas apgūšanai un var iekļaut sevī vairākus informācijas veidus, kas apzīmē dažādu detalizācijas pakāpju aprakstus:

- ✓ MAIN – galvenais MOI, kas ir īsa informācija par apgūstamo priekšmeta (tēmas) jēdzienu;
- ✓ EXM – piemērs, kas paskaidro MAIN;
- ✓ EXP – detalizētāka informācija par apgūstamo jēdzienu;
- ✓ EXP2 – vairāk detalizēta un izsmeļoša informācija par apgūstamo jēdzienu;
- ✓ EXP3 – detalizēts piemēra izskaidrojums.

Tādējādi, pēc Bekusa notācijas MOI var būt attēlots šādi:

$$\begin{aligned} \langle \text{MOI} \rangle ::= & \langle \text{MAIN} \rangle \mid \langle \text{MAIN} \rangle \langle \text{EXM} \rangle \mid \langle \text{MAIN} \rangle \langle \text{EXP} \rangle \mid \langle \text{MAIN} \rangle \langle \text{EXM} \rangle \langle \text{EXP3} \rangle \\ & \mid \langle \text{MAIN} \rangle \langle \text{EXP} \rangle \langle \text{EXM} \rangle \mid \langle \text{MAIN} \rangle \langle \text{EXP} \rangle \langle \text{EXP2} \rangle \mid \langle \text{MAIN} \rangle \langle \text{EXP} \rangle \langle \text{EXP2} \rangle \\ & \langle \text{EXM} \rangle \mid \langle \text{MAIN} \rangle \langle \text{EXP} \rangle \langle \text{EXM} \rangle \langle \text{EXP3} \rangle \mid \langle \text{MAIN} \rangle \langle \text{EXP} \rangle \langle \text{EXP2} \rangle \langle \text{EXM} \rangle \\ & \langle \text{EXP3} \rangle. \end{aligned}$$

Galvenajam MOI, t.i., MAIN ir četri tipi: Definīcija, Struktūra, Piemērs, Noteikums (Likums). Objekta tips ir atkarīgs no tā, kāda informācija par jēdzienu tajā ir iekļauta. MOI struktūra ir parādīta 2.4. attēlā.



2.4. att. MOI struktūra

MO uzdevums ir paredzēts praktiskai mācību vielas apgūšanai, izpildot kādu uzdevumu. Tas sastāv no divām pamatdaļām: uzdevums vai jautājums (TASK) un komentārs (COMMENT). Savukārt, uzdevuma teksts arī var ietvert divas (vai vairākas) daļas: kopējais uzdevums (G_TASK) un individuāli ģenerēti tā izpildes nosacījumi un noteikumi (I_TASK). Komentāram arī var būt vairāki tipi:

- RIGHT – pareizības komentārs (pareizi, nepareizi, neprecīzi);
- SHORT – īss paskaidrojums;
- FULL – detalizēts izskaidrojums.

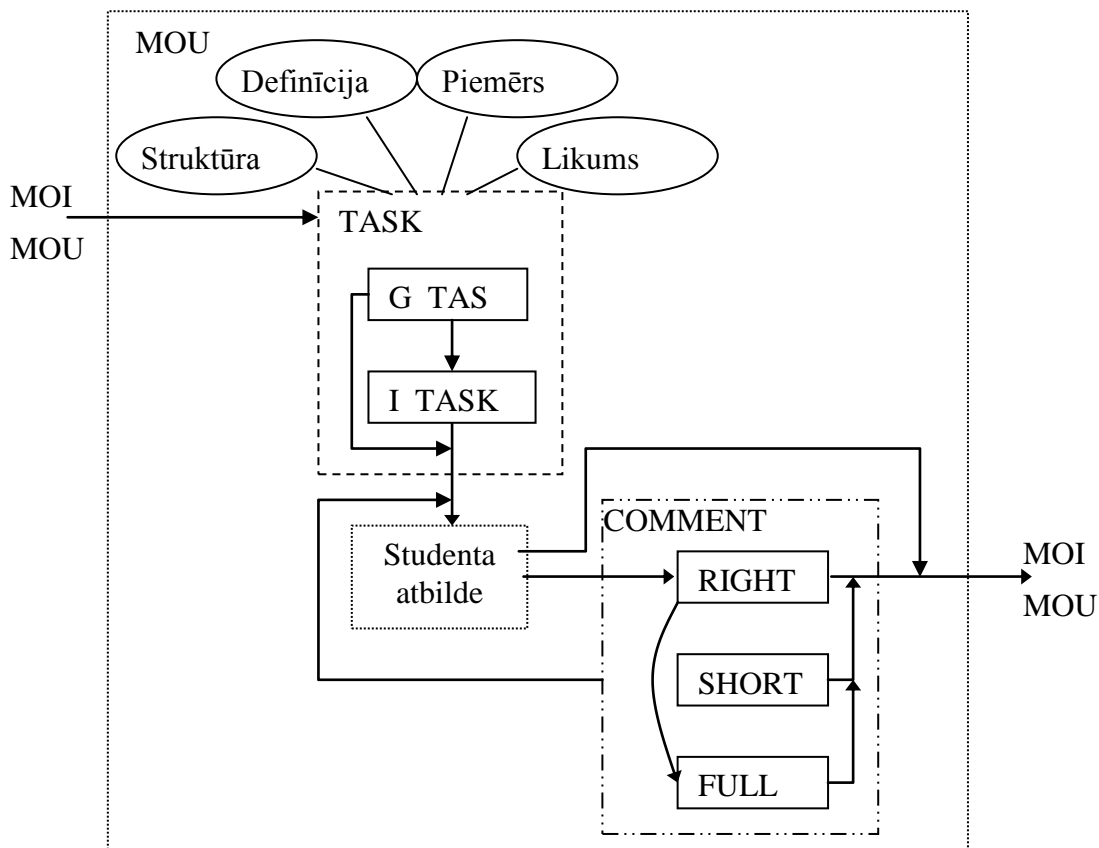
Tad, izmantojot Bekusa notācību, MOU izskatās šādi:

$$\begin{aligned} \langle \text{MOU} \rangle &::= \langle \text{TASK} \rangle \mid \langle \text{TASK} \rangle \langle \text{COMMENT} \rangle, \\ \langle \text{TASK} \rangle &::= \langle \text{G_TASK} \rangle \mid \langle \text{G_TASK} \rangle \langle \text{I_TASK} \rangle, \\ \langle \text{COMMENT} \rangle &::= \langle \text{RIGHT} \rangle \mid \langle \text{RIGHT} \rangle \langle \text{SHORT} \rangle \mid \langle \text{RIGHT} \rangle \langle \text{FULL} \rangle \mid \\ &\quad \langle \text{RIGHT} \rangle \langle \text{SHORT} \rangle \langle \text{FULL} \rangle. \end{aligned}$$

Uzdevuma tips (TASK) atbilst galvenā MOI tipam, pēc kura apgūšanas tas ir paredzēts izpildei. MOU struktūra ir redzama 2.5. attēlā.

Gan MO informācija, gan MO uzdevums var būt iepriekš (pirms kursa mācīšanas sākuma) sagatavoti, apvienoti struktūrā un iekļauti datorizētās mācīšanās sistēmas Zināšanu

bāzē (ZB). Tāpat arī ir iespēja tos ģenerēt mācīšanas procesa gaitā, atkarībā no citiem modeļiem, kas ir iekļauti ZB.



2.5. att. MOU struktūra

Balstoties uz MO piedāvātajām struktūrām, mācību vielas modelis var būt attēlots pārskatāmākajā veidā, lietojot hiperteksta matemātisko pierakstu:

$$MV = (T, I, S, Q),$$

kur

T – priekšmeta tezaurs, kas parāda visu objektu savstarpējas saites;

I – hiperteksta informācijas daļa, kas iekļauj visu mācību objektu saturus $I = \bigcup_i I_i$;

S – visu mācību objektu alfabēta (vai hronoloģiskā) vārdnīca;

Q – galvenās tēmas un problēmas, kas tiek apskatītas mācību objektos.

Lai aprakstītu detalizēti katra MO saiti ar pārējiem, jādefinē MO tezaurs:

$$t_{moi} = \{mo_i, A_{moi}\},$$

kur

mo_i – apskatāmais mācību objekts;

$$A_{moi} = \{R_1(mo_{11}, mo_{12}, \dots, mo_{1a}), R_p(mo_{p1}, mo_{p2}, \dots, mo_{pb})\},$$

kur p – saišu skaits tekošajam mācību objektam;

a – MO skaits, kuriem ir R_1 saites veids ar tekošo objektu;

b – MO skaits, kuriem ir R_p saites veids ar tekošo objektu.

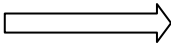

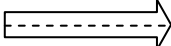
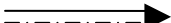
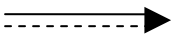
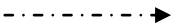
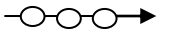

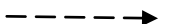
Kopējā tezaura struktūra iekļauj visu objektu tezaurus (n – mācību objektu skaits kursā):

$$T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\} = \{mo_1, mo_2, \dots, mo_n, A_{mo1}, A_{mo2}, \dots, A_{mon}\}.$$

Grafiski modeļa tezaurs var būt attēlots tīkla veidā, kura virsotnēs ir mācību objekti un loki norāda uz eksistējošām attiecībām (saitēm), apzīmējot arī saites veidu. Mācību vielas modeļa iespējami objektu saišu veidi un to grafiskie apzīmējumi ir parādīti 2.1. tabulā.

2.1. tabula

Saišu grafiskais apzīmējums

Nr.	Grafiskais apzīmējums	Apraksts
R ₁		Veids-Tips (piemēram, MOI-GALV, MOI-PIEM)
R ₂		Tips-Veids (atgriezeniskā saite)
R ₃		Daļa-Vesels (jēdziens-tēma, MOU-kontroldarbs)
R ₄		Vesels-Daļa (atgriezeniskā saite)
R ₅		Process-Metaprocess (kontroldarbs-eksāmens)
R ₆		Metaprocess-Process (atgriezeniskā saite)
R ₇		Sekas-Cēlonis (pirmā līmeņa objektu saites, kas nosaka galveno objektu secību)
R ₈		Cēlonis-Sekas (atgriezeniskā saite)
R ₉		Vienādība (viena līmeņa objekti, kas apraksta vienu jēdzienu dažādos veidos – multimedija tehnoloģijas)

Aprakstot e-kursa modeli, ir jāņem vērā, cik tajā ir mācību objektu (gan informācijas – MOI, gan uzdevumu – MOU), kāda tipa un veida MO tiek iekļauti, vai ir paredzēti kontroldarbi, eksāmens vai citi pārbaudes darbi, kā arī, kāda veida saites ir starp visām šīm vienībām.

Zemāk uz piemēra ir parādīta kursa modeļa tezaura sastādīšana pa soļiem:

1. kursā ir 17 mācību objekti, no kuriem 9 ir MOI un 8 MOU;

2. ir paredzēti 2 pārbaudes darbi (PD) ar mērķi noteikt studenta kursa daļas apgūšanas līmeni, kā arī beigās ir paredzēts eksāmens (EKS) par visām tēmām;
3. kursā ir gan MOI-GALV, gan MOI-PIEM un MOI-PASK, kā arī tiek izmantotas dažādas tehnoloģijas mācību vielas attēlošanai (teksts, audio un grafiski);
4. ceļš pa kursa modeli ir atkarīgs no studenta aktivitātēm un raksturīgām īpašībām;
5. katra MO saišu apraksts izskatās šādi:

- a. $A_{MOI1} = \{R_1(MOI_2, MOI_3), R_8(MOI_2, MOI_3, MOI_6), R_9(MOI_4, MOI_5)\}$

- b. $A_{MOI2} = A_{MOI3} = \{R_1(MOI_1), R_7(MOI_6), R_8(MOI_1)\}$

- c. $A_{MOI4} = A_{MOI5} = \{R_1(MOI_2, MOI_3), R_8(MOI_2, MOI_3, MOI_6)\}$

- d. $A_{MOI6} = \{R_8(PD_1, MOI_7)\}$

- e. $A_{MOI7} = \{R_4(MOI_8), R_8(PD_2), R_9(MOI_8, MOI_9)\}$

- f. $A_{MOI8} = A_{MOI9} = \{R_8(PD_2)\}$

- g. $A_{MOU1} = \{R_3(PD_1), R_9(MOU_4, MOU_5)\}$

- h. $A_{MOU2} = \{R_3(PD_1), R_8(MOU_3)\}$

- i. $A_{MOU3} = \{R_3(PD_1)\}$

- j. $A_{MOU4} = A_{MOU5} = \{R_9(MOU_1)\}$

- k. $A_{MOU6} = A_{MOU7} = A_{MOU8} = \{R_3(PD_2)\}$

- l. $A_{PD1} = \{R_4(MOU_1, MOU_2, MOU_3), R_6(EKS), R_7(MOI_6), R_8(MOI_7)\}$

- m. $A_{PD2} = \{R_4(MOU_6, MOU_7, MOU_8), R_6(EKS)\}$

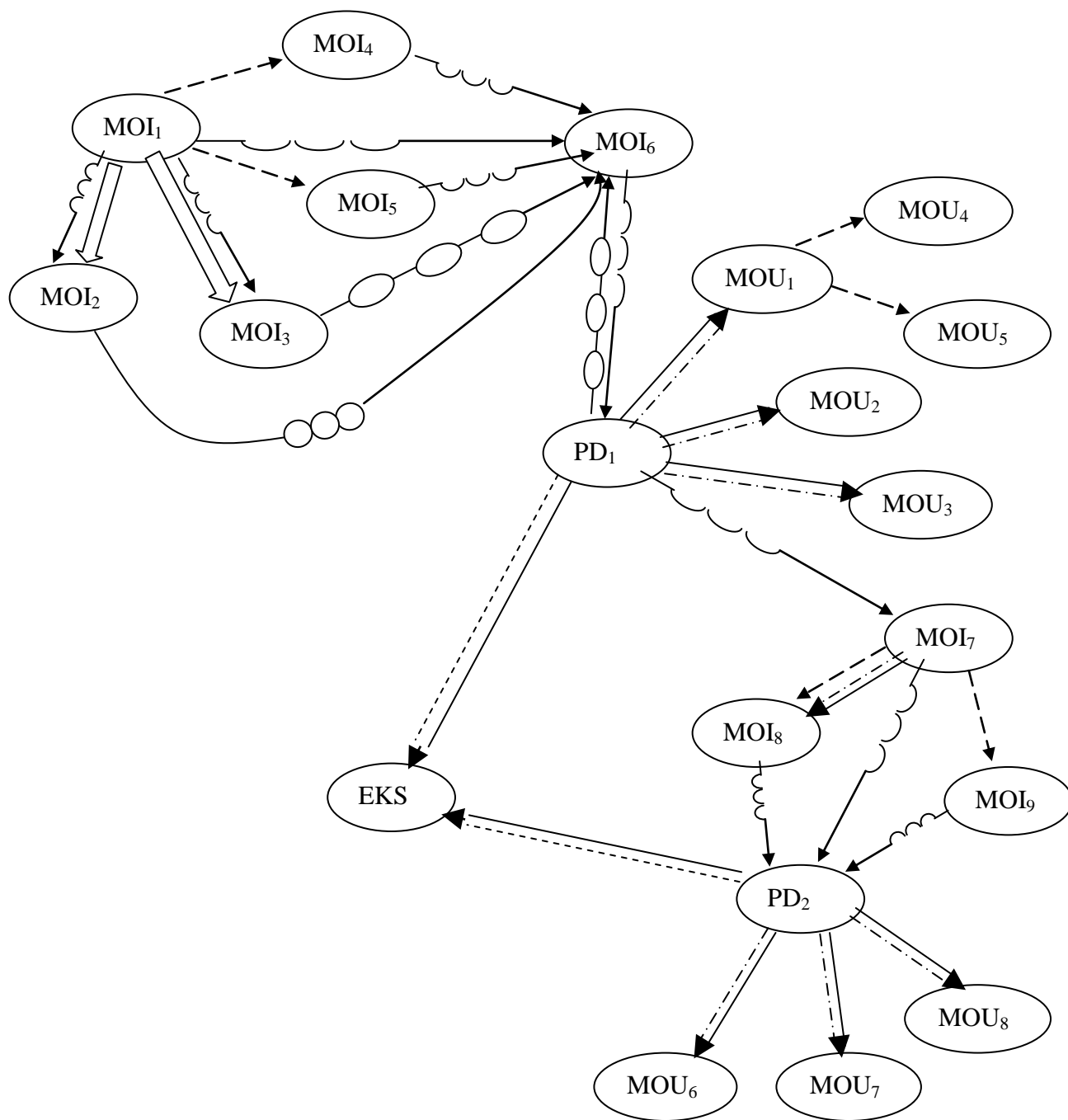
- n. $A_{EKS} = \{R_5(PD_1, PD_2)\}$

6. kopējais kursa tezaurs ir šāds:

$$T = \{MOI_1, MOI_2, MOI_3, MOI_4, MOI_5, MOI_6, MOI_7, MOI_8, MOI_9, MOU_1, MOU_2, MOU_3, MOU_4, MOU_5, MOU_6, MOU_7, MOU_8, PD_1, PD_2, EKS, R_1(MOI_2, MOI_3), R_8(MOI_2, MOI_3, MOI_6), R_9(MOI_4, MOI_5), R_1(MOI_1), R_7(MOI_6), R_8(MOI_1), R_1(MOI_2, MOI_3), R_8(MOI_2, MOI_3, MOI_6), R_8(PD_1, MOI_7), R_4(MOI_8), R_8(PD_2), R_9(MOI_8, MOI_9), R_8(PD_2), R_3(PD_1), R_9(MOU_4, MOU_5), R_3(PD_1), R_8(MOU_3), R_3(PD_1), R_9(MOU_1), R_3(PD_2), R_4(MOU_1, MOU_2, MOU_3), R_6(EKS), R_7(MOI_6), R_8(MOI_7), R_4(MOU_6, MOU_7, MOU_8), R_6(EKS), R_5(PD_1, PD_2)\}$$

Grafiski izveidotais tezaurs ir parādīts 2.6. attēlā.

Saites starp mācību objektiem ir binārās, līdz ar to mainās, mainoties izskatīšanas virzienam, kas nodrošina iespēju noteikt tezaura apstrādes orientāciju.



2.6. att. Mācību vielas modeļa tezaurs

2.2.2. Eksperta modelis

Eksperta modelis attēlo kursa mācīšanas mērķus. Tas nozīmē, ka šis modelis parāda kādam ir jāķļūst studentam pēc konkrēta kursa apguves.

Eksperta modelis ir statisks un mācīšanas beigās ar to tiek salīdzināts studenta modelis, t.i., tiek salīdzināts studenta sasniegtais rezultāts ar atbilstošām eksperta modeļa daļām. Tādējādi eksperta modelim jāsaturs informācija par zināšanām, iemaņām un prasmēm, kā arī par profesionālajām un psiholoģiskām īpašībām, kurām ir jāpiemīt noteiktam speciālistam:

$$M_{\text{eks}} = \{Z, IP, PI\},$$

kur

Z – zināšanas par priekšmetu, t.i., „informācijas kopums, ko cilvēks ieguvis pieredzē, mācoties u.tml.”. Visbiežāk attēlo kā atzīmi, kas ir jāsasniedz kursa veiksmīgai pabeigšanai. Tāpat atzīmes var norādīt arī robežtēmām (vektors) vai visiem mācību objektiem atbilstoši kursa modeļa grafam;

IP – iemaņas („māka, kas iegūta vingrinoties un kļuvusi par ieradumu”) un prasmes („spēja veikt (ko)”). Atspoguļo tāpat, kā zināšanas par priekšmetu, ievērojot MO tipu – atzīme tiek norādīta tikai MOU;

PI – psiholoģiskās īpašības. Nosaka, kādām psiholoģiskajām īpašībām jāpiemīt speciālistam.

Promocijas darbā tika izstrādāts eksperta modelis programmēšanas inženiera specialitātei. Modeļa izveide balstījās uz Latvijas valsts standartā PS0227 iekļautām prasībām profesijai „Programmēšanas inženieris” un anketēšanas rezultātiem, kurā piedalījās Latvijas vadošo kompāniju speciālisti, kas nodarbojas ar programmatūras sistēmu izstrādi. Izveidotajā anketā tika iekļautas septiņas sadaļas ar vairākiem vērtējuma rādītājiem:

- 1) kopīgās prasmes IT nozares speciālistiem – 5 rādītāji;
- 2) profesionālās prasmes un iemaņas – 30 rādītāji;
- 3) profesionālās psiholoģiskās īpašības – 7 rādītāji;
- 4) sociālie faktori – 9 rādītāji;
- 5) programmēšanas valodu zināšanas – 24 rādītāji;
- 6) tehnoloģijas zināšanas – 20 rādītāji;
- 7) operētājsistēmu zināšanas – 8 rādītāji.

Anketēšanas rezultāti parāda, kādas zināšanas, iemaņas un prasmes, kā arī psiholoģiskās un sociālās īpašības ir nepieciešamas mūsdienas programmēšanas inženierim. Vissvarīgākie un vismazāk svarīgākie faktori pēc ekspertu viedokļiem ir parādīti 2.2. tabulā.

Anketēšanas rezultāti

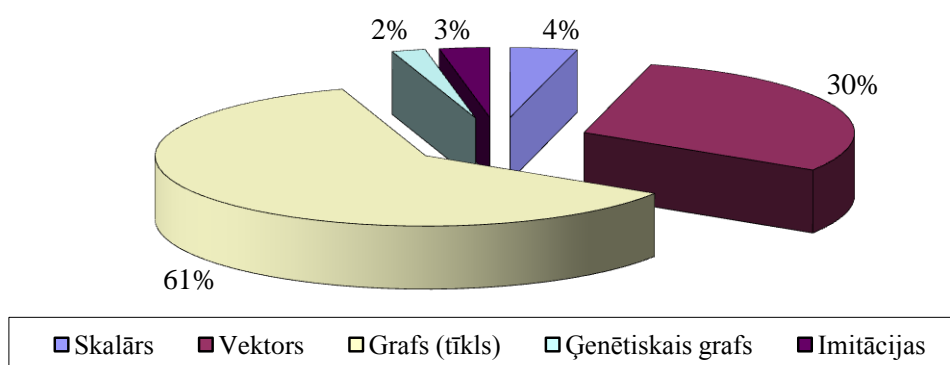
Nr.	Faktoru grupas	Faktors	
		Vissvarīgākais	Vismazāk nozīmīgs
1.	Kopīgās prasmes IT nozarē	Lietot teksta un grafikas redaktorus un citas biroja lietojumprogrammas	Piedalīties projektu vadīšanā
2.	Profesionālās prasmes un iemaņas	Kodēt un atklūdot programmas	Vadīt darbinieku grupu
3.	Profesionālās psiholoģiskās īpašības	Darba spējas (spēja veikt darbu patstāvīgi)	Laba atmiņa
4.	Sociālie faktori	Ievērot profesionālās ētikas principus	Sagatavot prezentācijas materiālus un pasākumus un vadīt tos
5.	Valodu zināšanas	C, C++, Java	Imitācijas valoda GPSS
6.	Tehnoloģiju un specializētas programmatūras zināšanas	DBPS (Oracle, DB2, etc.)	ICE (Integrated Configuration Environment)
7.	Operētājsistēmu zināšanas	MS Windows	MAC OS

2.2.3. Studenta modelis

Studenta modelis iekļauj sevī visdažādāko informāciju, kas attēlo apmācāmā zināšanu, iemaņu un prasmju līmeni, darba ar kursu sekmes, rezultātus, personiskās psiholoģiskās īpašības un citus faktorus. Studenta modelis ir dinamisks un mainās pēc noteiktām darbībām, ko apmācāmais veic, strādājot ar kursu.

Modeļa izstrādes problēma ir aktuāla mūsdienās tāpat, kā bija agrāk, bet tagad ir vairāk iespēju tā realizēšanai, pateicoties modernām tehnoloģijām. Daudzi zinātnieki un datorizētās mācīšanās sistēmu izstrādātāji piedāvā savus studenta modeļus: Shute V., Roselli T., Grasso A., Plantamura P., Kabassi K., Virvou M., Sison R. un citi.

Pētījumu laikā tika izskatīti 16 modeļi un veikta to salīdzinošā analīze atkarībā no attēlošanas veidiem (2.7. att.). Pašreiz izplatītākie veidi ir vektors un grafs – 30% un 61% atbilstoši. Visretāk sastopams ir ģenētiskais grafs – 2%.

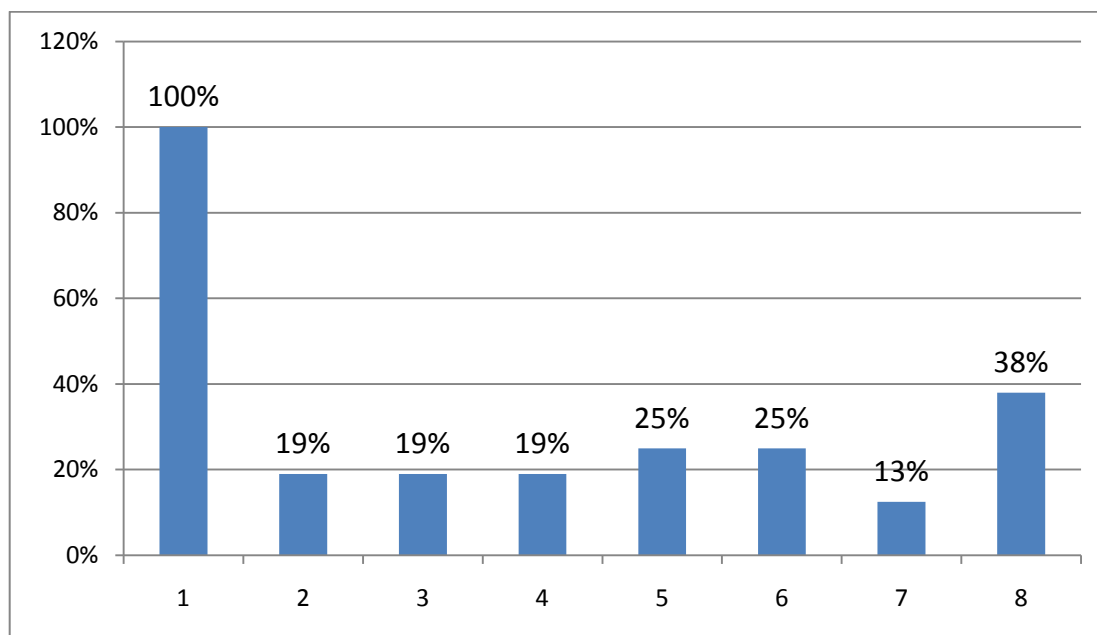


2.7. att. Studenta modeļu tipi

Studenta modeļu pētīšanas laikā arī tika ņemti vērā parametri, kas tajos ir iekļauti

(2.8. att.):

1. zināšanu līmenis;
2. psiholoģiskas īpašības;
3. mācīšanās ātrums;
4. uzdevumu izpildes kvalitāte;
5. mācīšanās spējas;
6. iemaņu un prasmju līmenis;
7. apmācības metode, stratēģija;
8. zināšanu grafs.



2.8. att. Studenta modeļu parametri

Kā var redzēt, visos modeļos ir iekļauts zināšanu līmenis. Tas ir acīmredzami, jo viens no galvenajiem apmācības mērķiem ir dot studentam nepieciešamas zināšanas priekšmetā.

Lielākoties tas apvieno sevī ne tikai zināšanas, bet arī iemaņu un prasmju līmeni un tiek attēlots, kā kopēja atzīme. Toties, tas neļauj precīzi noteikt vai tiešam studentam sasniedzis konkrēta kursa mācīšanas mērķus. Protams, atsevišķi zināšanas, iemaņas un prasmes var noteikt no izpildītājiem uzdevumiem, bet lietderīgāk atdalīt šos parametrus, lai skaidri varētu redzēt studenta līmeņus. Pie tam, zināšanu, iemaņu un prasmju līmenis kaut ir viens no galvenajiem rezultātiem, bet tomēr nav vienīgais faktors, kas ietekmē mācīšanās procesu un tā iznākumu. Mācīšanās rezultātu ietekmē arī psiholoģiskās īpašības un spējas, bet šis parametrs vispār gandrīz nevienā modelī nav iekļauts.

Izstrādātajā studenta modelī adaptīvai mācīšanai ir 6 komponenti ar 19 parametriem (2.3. tab.). Tam ir neviendabīga hierarhiskā struktūra – pirmajā līmenī tas ir vektors, bet otrajā parādās vektori un grafs. Tādējādi, studenta modeļa pirmais līmenis izskatās šādi:

$$M_{st} = \{M_{vi}, M_{am}, M_{sl}, M_{pi}, M_d, M_{pap}\}$$

Vispārējā informācija ir vektors $M_{vi} = \{MP, F, Spec, PS\}$, kur MP – mācību programma, MP = {bakalaurs, inženieris, maģistrs, koledža}; F – fakultāte; Spec – specialitāte; PS – pieredze darbā ar datoru, PS = {augsta, vidēja, zema}.

Apmācības metode M_{am} parāda, kāda apmācības metode AM un/vai mācīšanas stratēģija MS ir jārealizē tekošajā solī. Šis komponents var būt arī attēlots vektora veidā, jo metode un stratēģija tiek izskatītas atsevišķi:

$$M_{am} = \begin{cases} AM, \\ AM, MS \end{cases}$$

Sagatavotības līmenis M_{sl} arī ir vektors $M_{sl} = \{Z, IP, Rang\}$, kur Z – zināšanu līmenis, IP – iemaņu līmenis un prasmju līmenis, Rang – rangs, kas ir atkarīgs no zināšanu, iemaņu un prasmju līmeņa. Z un IP komponenti ir atzīme 10-ballu sistēmā. Ja students uzsāk darbu ar sistēmu pirmo reizi (nav par viņu nekādu ziņu), tad lai noteiktu šī vektora komponentu vērtības ir jāveic iepriekšēja testēšana. Pēc katra kursa apgūšanas sagatavotības līmenis mainās atbilstoši iegūtajiem rezultātiem.

Psiholoģiskās īpašības M_{pi} tiek attēlotas vektora veidā: $M_{pi} = \{UT, O, MVeids\}$, kur UT ir uztveres tips, UT = {audiāls, vizuāls, kinestētiskis}; O – orientācijas veids, O = {uz uzdevumu, uz sevi, uz sadarbību}; MVeids – mācīšanās veids, MVeids = {aktīvistis, domātājs, teorētiskis, pragmatiskis}.

Tekošais darbs ar kursu ir grafs $M_{td} (V, L)$, kas veidojas mācīšanas laikā. Grafa virsotnes, savukārt, ir vektori $V = \{MO_ID, Atk, Pask, Piem, Ātr, KD, UG, MSk, Atz\}$, kur MO_ID ir mācību objekta identifikators; Atk – atkārtotības (cik reizes atkārtoja tekošo

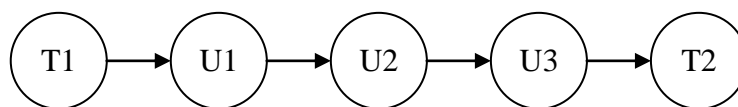
tēmu); Pask – paskaidrojumi (cik reizes izmantoja iespēju gūt paskaidrojumus noteiktiem terminiem, jēdzieniem utt.); Piem – piemēri (cik reizes izmantoja iespēju apskatīties piemērus, kas attēlo noteikta jēdziena lietošanas gadījumus); Ātr – ātrums (cik ilgi strādājis ar tekošo mācīšanās objektu); KD – kļūdu daudzums (cik reizes kļūdījās, izpildot uzdevumu, attiecās tikai uz MOU); UG – uzdevuma MOU grūtība, $UG = \{zema; vidēja; augsta\}$, t.i., zems, vidējais un augsts līmenis; MSk – mēģinājumu skaits, kas parāda, cik reizes students mēģinājis izpildīt uzdevumu MOU; Atz – atzīme (atzīme par izpildīto uzdevumu, kuras izlikšanai tiek ņemti vērā uzdevuma parametri, kā arī kļūdu un mēģinājumu skaits).

2.3. tabula

Studenta modeļa parametri

Komponents	Parametri
Vispārēja informācija M_{vi}	Mācību programma Fakultāte Specialitāte Pieredze darbā ar datora sistēmām
Apmācības metode M_{am}	Metode un/vai stratēģija (var būt apvienojums)
Sagatavotības līmenis M_{sl}	Zināšanu līmenis Iemaņu un prasmju līmenis Rangs
Psiholoģiskās rakstura īpašības M_{pr}	Uztveršanas tips (audiālais, vizuālais, kinestētiskais) Orientācija (uz uzdevumu, uz sevi, uz sadarbību) Mācīšanās veids (aktīvists, domātājs, teorētiķis, pragmatīķis)
Tekošais darbs ar kursu M_d	Ātrums Kļūdu skaits Uzdevuma grūtība Mēģinājumu skaits Atzīme
Papildus informācija par darbu M_{pap}	Paskaidrojumi Piemēri Informācijas meklēšana ārpus sistēmas

Tekošā darba grafs tiek veidots atkarībā no priekšmeta modeļa, dialoga scenārija un studenta darba. Grafa piemērs ir redzams 2.9. attēlā.



2.9. att. Tekošais darbs ar kursu

Virsošnes, kas ir parādītas 2.7. attēlā, ir šādas: {T1; 10; -; -; -; -}, {U1; 15; 2; vidēja; 3; 4}, {U2; 10; 0; zema; 1; 6}, {U3; 7; 0; zema; 1; 8} un {T2; 15; -; -; -}. Tas nozīmē, ka students pēc pirmā mācību objekta T1 apguves (kuram viņš veltīja 10 minūtes) pildīja uzdevumu U1 ar vidējo grūtības līmeni. Šim uzdevumam tika veltītas 15 minūtes, izdarīja divas kļūdas un atbildēja pareizi trešajā reizē, rezultātā iegūstot atzīmi 4. Ņemot vērā, ka students nevarēja izpildīt vidējas grūtības uzdevumu, viņam tika dots vieglāks – U2, kuram viņš veltīja 10 minūtes, atbildēja pareizi no pirmās reizes ar atzīmi 6. Lai nostiprinātu rezultātu, viņam tika piedāvāts vēl viens uzdevums ar zemu grūtību – U3, kuru viņš izpildīja 7 minūšu laikā, uzreiz atbildēja pareizi – atzīme 8. Pēc uzdevumiem students pāriet pie nākamā mācību objekta – T2, ko viņš mācījās 15 minūtes.

Kā redzams 2.7. attēlā, tekošais darbs ar kursu ir lineārs, jo parāda ceļu, kā students iet pa priekšmeta vai tēmas modeli.

Papildus parametri tiek attēloti vektora veidā $M_{\text{pap}} = \{\text{Pask}, \text{Piem}, \text{Mekl}\}$, kur katrs elements parāda, vai students tekošās sesijas laikā izmantoja papildus iespējas apskatīties mācību objektu detalizētus paskaidrojumus (Pask), izpētīt piemērus (Piem), kas ir saistīti ar noteikta jēdziena lietošanas situācijām, un meklēt informāciju ārpus sistēmas (Mekl).

2.3. E-kursa mācīšanās adaptīvās metodes

Efektīva e-kursa organizēšanai ir jānodrošina tā adaptivitātes un adaptējamības īpašības. Adaptivitātes īpašība var būt realizēta trijos līmeņos: lietotāju klasei, grupai lietotāju klases ietvaros un individuāli katram lietotājam (šajā gadījumā studentam). Katrā līmenī tiek izmantotas dažādas adaptivitātes nodrošināšanas metodes (2.4. tab.).

Savukārt, adaptējamība nozīmē, ka students pats var mainīt dažus sistēmas iestatījumus. Tā paredz šādas aktivitātes:

- darba režīma izvēle – ja kurss ir paredzēts apgūšanai vairākos režīmos (apmācība, zināšanu pārbaude, vingrinājumi, tikai informācija) un nav stingri noteikts, kurš no tiem ir obligāts;

- tēmas izvēle apgūšanai un/vai zināšanu pārbaudei – kad kurss iekļauj vairākas lielas tēmas un nav noteikta stingra to mācīšanās (izpildes) secība;
- uzdevumu grūtības līmenis – vingrinājumu režīmā ir atļauts visiem, toties zināšanu pārbaudes režīma var būt kā papildus parametrs tiem, ko norādīja mācībspēks;
- mēģinājumu skaits – tas pats, kā ar uzdevumu grūtību;
- MO izvēle apmācībai – atkarībā no tēmas modeļa augstākā līmeņa/ranga studentiem var tikt piedāvāta iespēja apskatīties paskaidrojumus un/vai piemērus;
- skaņas/video/animācijas/prezentācijas ieslēgšana/atslēgšana – t.i., students izvēlās informācijas reprezentācijas veidu;
- komentāru izvade un detalizēšanas pakāpe – attiecas uz zināšanu pārbaudes un vingrinājumu režīmiem.

2.4. tabula

Adaptācijas nodrošināšana datorizētajā sistēmā

Adaptācijas līmenis	Adaptācijas metodes	Izmantojamie modeļi
Lietotāju klase	Adaptīvas navigācijas atbalsts Adaptīva informācijas reprezentācija Piemēru bāzēta problēmu risināšana	Lietotāju klases modelis Studenta modelis
Grupa klases ietvaros	Mācību vielas secības noteikšana Adaptīva informācijas reprezentācija Adaptīvas navigācijas atbalsts	Mācību vielas modelis Studentu grupas modelis Studenta modelis
Individuāls lietotājs (students)	Mācību vielas secības noteikšana Interaktīvs problēmu risinājumu atbalsts Adaptīva informācijas reprezentācija Adaptīvas navigācijas atbalsts Piemēru bāzēta problēmu risināšana	Studenta modelis

Promocijas darba izstrādes laikā tika izpētītas 150 datorizētās mācīšanās sistēmas un bija konstatēts, ka lielākoties adaptācija tiek organizēta zināšanu pārbaudes līmenī, nosakot pirms pārbaudes studenta sagatavotību un piedāvājot atbilstošus uzdevumus lineārajā secībā (27%), neņemot vērā, kā students tos pilda. Daži izstrādātāji piedāvā sazarotu struktūru, kad nākamā jautājuma/uzdevuma grūtības līmenis ir atkarīgs no tekošā uzdevuma izpildes (14%). Diemžēl vēl ir daudz tādu sistēmu, kur adaptācija vispār nav nodrošināta (38%). Vai arī tas

tiek veikts minimāli, kas paredz materiāla atkārtotu attēlošanu, nesniedzot nekādus paskaidrojumus un/vai piemērus (15%). Toties pastāv arī sistēmas, kurās ir nodrošināta „reakcija” uz studenta darbībām, kas parasti ir kā īss skaidrojums.

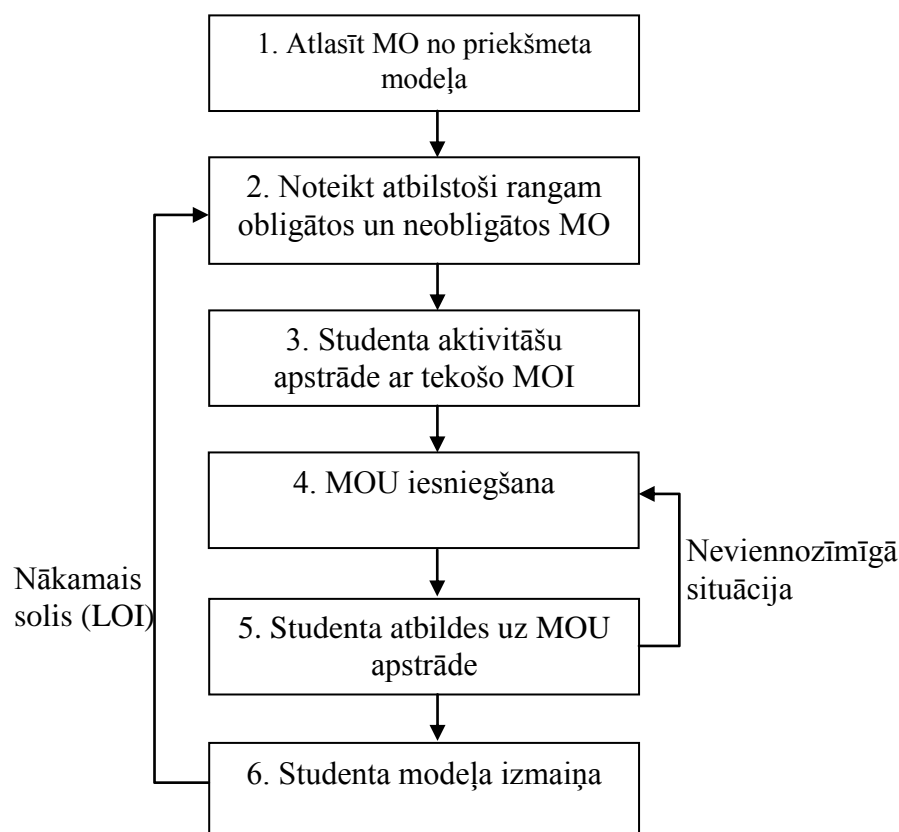
Dialoga scenārija izmantošana ļauj nodrošināt datorizētās mācīšanās sistēmas adaptāciju un adaptējamību. Scenārija veidošanai iespējams izmantot trīs paņēmienus: pilnīgi datorizētā dialoga veidošana, daļēji datorizētā, iepriekš sastādīts dialoga scenārijs.

- I. Pilnīgi datorizētā dialoga veidošana – mācību vielas (MV) autors vai mācībspēks pilnīgi „paļaujas” uz izstrādāto algoritmu, kas nosaka kāda informācija, kādā brīdī un kādā veidā ir jāreprezentē konkrētam studentam. Vienīgais mācībspēka vai mācību vielas autora uzdevums ir izstrādāt mācību objektus MO (informācijas un uzdevumi), kas paredz ne tikai teksta sagatavošanu, bet arī citu parametru ievadi (promocijas darba 3. nodaļa). Kurša mācīšanas algoritms pats izvēlās no MO-u bāzes nepieciešamu informācijas vai uzdevuma objektu atbilstoši strādājoša studenta modelim.
- II. Daļēji datorizētā dialoga veidošana – MV autors/mācībspēks sagatavo priekšmeta (tēmas) mācīšanas karkasu, iekļaujot tajā objektus, kurus viņš/ viņa uzskata par svarīgākiem priekšmeta (tēmas) apgūšanai, un kas ir obligāti visiem studentiem. Algoritms nepieciešamības gadījumā papildina scenāriju atbilstoši studenta modelim.
- III. Iepriekš sastādīts dialoga scenārijs. MV autors/mācībspēks sastāda pilnu dialoga scenāriju. Pie tam var būt izveidoti vairāki scenāriji, kas atbilst konkrētai grupai, specialitātei, zināšanu, prasmju un iemaņu līmenim utt. Algoritms atkarībā no parametriem izvēlās noteiktu scenāriju. Šajā gadījumā adaptivitāte tiek nodrošināta otrajā līmenī (lietotāju grupai klases ietvaros), kā arī individuālam studentam, ņemot vērā studenta reprezentatīvo sistēmu, uzdevuma izpildei paredzēto laiku un citas īpašības. Sastādot dialoga scenāriju, ir jāatceras, ka visiem grupas studentiem tiks rādīti vienādi MOI (var atšķirties tikai to attēlošanas veids, bet būtība tā pati), toties mācību objekti uzdevumi ir dažādi – dialoga scenārijā tiek norādīta uzdevumu grupa, no kuras atbilstoši zināšanu pārbaudes parametriem tiks izvēlēti konkrēti jautājumi.

Balstoties uz iepriekš iegūtiem pētījumu rezultātiem, promocijas darbā tika izstrādāts adaptācijas nodrošināšanas algoritms, kas ievēro visu informāciju no sistēmā pieejamajiem modeļiem mācīšanās procesa organizācijas laikā (2.10. att.):

- 1) no priekšmeta modeļa atbilstoši studenta fakultātei, grupai, specialitātei, rangam un citai informācijai atlasa mācību objektus (MO) – gan informācijas, gan uzdevumus;

- 2) ievērojot studenta sagatavotības līmeni (rangu) nosaka, kādi no objektiem būs obligāti – tikai galvenie, pirmā līmeņa piemēri un paskaidrojumi, vai visi. T.i., nosaka materiāla iesniegšanas detalizācijas pakāpi;
- 3) atkarībā no tā, vai students izmantoja iespēju apskatīties papildus MO – piemērus vai paskaidrojumus (t.i., aplūkot neobligātos) un cik reizes pēc kārtas tas bija izdarīts, mainās rādītāji, kas tiek lietoti detalizācijas pakāpes noteikšanai;
- 4) ja students pie tekošā informācijas MO (MOI) pavadīja vairāk vai mazāk laika, nekā nepieciešams, tad viņam tiek iesniegts uzdevuma MO (MOU) ar mērķi pārbaudīt, kāpēc radusies tāda situācija – viss ir zināms (ja mazāk laika) vai ir grūtības ar materiālu un ir nepieciešamība sniegt papildus informāciju;
- 5) pēc tekošā MOI apguves studentam tiek iesniegti MOU, lai noteiktu vai materiāls ir apgūts un kā jārikojas tālāk.
- 6) studenta atbildes ietekmē modeļa izmaiņas – gan tekošais darbs, gan kopējais sagatavotības līmenis (rangs), gan var būt arī psiholoģiskās īpašības.



2.10. att. Adaptīvās e-kursa mācīšanās organizēšana

Šāds algoritms nodrošina individuālu pieeju katram studentam atbilstoši viņa darbam katrā solī, kas palielina e-kursu lietošanas efektivitāti. Algoritms tiek izmantots e-mācīšanai LDI PIT profesora grupas priekšmetos.

2.4. E-kursu izstrāde un lietošana

Darba ietvaros tika izstrādāts adaptīvais e-mācīšanās kurss tēmā „Programmatūras implementēšana”, kurš sastāv no divu veidu mācību objektiem: mācību objekts informācija MOI un mācību objekts uzdevums MOU (2.5. tab.).

2.5. tabula

Kursa „Programmatūras implementēšana” mācību objekti

Nr.	Veids	Skaitis
1	<i>MOI</i>	<i>15</i>
	main	6
	exm	4
	exp	5
2	<i>MOU</i>	<i>19</i>
	<i>Kopā</i>	<i>34</i>

MOI apraksta kursa jēdzienus, piemērus, utt. Galvenie MOI metadati, kas ir nepieciešami adaptīvai mācīšanai, ir šādi:

- veids (main – galvenais MOI, exm – piemērs, exp – detalizēts paskaidrojums). Pēc adaptīvās mācīšanās algoritma exm un exp var būt pēc izvēles studentiem vai kā obligātie papildus MOI. Šajā kursā ir tikai trīs līmeņi piemēriem un paskaidrojumiem, tādēļ ja studenta rangs ir 1, tad viņam visi exm un exp ir pēc izvēles, ja rangs ir 2, tad pirmā līmeņa exm un exp ir obligāti un otrā līmeņa pēc izvēles, studentiem ar rangu 3 ir obligāti;
- minimālais laiks, kas ir nepieciešams MOI izlasīšanai;
- maksimālais laiks;
- tips (definīcija, piemērs, struktūra, likums);
- specialitāte.

Savukārt, MOU tiek izmantoti zināšanu pārbaudei mācīšanās laikā, kā arī pēc kursa apgūšanas, t.i., robežas un noslēguma kontrolei. MOU metadati ir šādi:

- tips (izvēlne, vārds, skaitlis);

- nozīmība;
- grūtība;
- laiks (ja laiks ir 0, tad MOU izpildei nav laika ierobežojumu);
- mēģinājumu skaits (ja MOU var būt izmantots vingrinājumu režīmā, tad jānorāda konkrēts skaits, zināšanu pārbaudei skaits ir 1);
- lietošanas režīms (zināšanu kontrole un/vai vingrinājumu);
- nolūks (kas tiek vērtēts – zināšanas vai iemaņas un prasmes).

Kursa mācīšanai izmantota daļēji datorizētā dialoga veidošana, t.i., scenārijā tika iekļauti visi MOI, bet MOU objektiem norādītas grupas, no kurām gadījuma secībā tiek ņemti jautājumi/uzdevumi.

Šis kurss un vēl seši ir iekļauti priekšmetu „Programmatūras izstrādes tehnoloģija” (PIT) un „Programmatūras metroloģijas un plānošanas modeļi” (PMPM) mācīšanas procesā. To lietošanas efektivitātes novērtēšanai tika veikts eksperiments.

Eksperimenta mērķis – priekšmetu PIT un PMPM mācīšanās efektivitātes pētīšana, iekļaujot mācību procesā datorizētās mācīšanās kursus (DMK). Salīdzinošā eksperimenta novadīšanas laikā dabīgajos apstākļos tika pārbaudīta zinātniskā hipotēze: DMK lietošana paaugstina mācību procesa efektivitāti, studentu motivāciju un samazina apmācības laiku (pateicoties ārpus nodarbību darbam) salīdzinājumā ar tikai tradicionālo formu.

Eksperimenta nosacījumi.

Eksperiments tika veikts no 2004. līdz 2008. gadam 28 studentu grupās, kas mācījās (mācās) studiju programmā „Datorsistēmas”. Tajā piedalījās 373 studenti – 3. kursa bakalaurantūras un 1. kursa maģistrantūras. Kursu iekļaušanai mācību procesā tika izmantotas divas stratēģijas:

- kā izvēles papildus rīks. Studenti pēc savas izvēles varēja strādāt ar kursiem. Šo iespēju kopsummā izmantoja aptuveni 54% studentu;
- kā apmācības daļa (pamatrīks), kurā ir izskatītas konkrētas tēmas un kas ir jāapgūst, patstāvīgi strādājot ar kursu. Toties arī šajā gadījumā studentiem bija brīvā izvēle darboties ar to un šo iespēju izmantoja jau 72% studentu.

Priekšmeta „Programmatūras izstrādes tehnoloģija” (kas ir iedalīts divās daļās: Programmatūras izstrādes tehnoloģija – bakalaurantūras 3. kursa studentiem, Programmatūras metroloģija un plānošana – maģistrantūras 1. kursa studentiem) apgūšanas laikā studentiem ir jāizpilda septiņi vienādas grūtības praktiskie uzdevumi, no tiem seši laboratorijas darbi un viens studiju darbs iemaņu un prasmju formēšanai, kā arī mācīšanas beigās ir paredzēts eksāmens zināšanu un prasmju pārbaudei.

Tādējādi, pielīdzinošie eksperimenta nosacījumi ir šādi: priekšmeta programma; kontroldarbi, laboratorijas darbi, studiju darbs un eksāmens; kontroldarbu novadīšanas laiks; nodarbību dienas un pasniedzējs. Savukārt, mainīgie nosacījumi ir studentu sastāvs (saraksts) un priekšmeta mācīšanas metode (ar DMK vai bez).

Eksperimenta metodika.

Viens no pamata kritērijiem, pēc kura var to noteikt, ir atzīme. Pie tam jāņem vērā gan eksāmena atzīme, kas parāda priekšmeta apgūšanu (zināšanu par tēmu iegūšana), tā arī atzīmes par praktiskajiem darbiem, kas ir jāpilda visa kursa mācīšanās laikā un kas attēlo iegūtas iemaņas un prasmes. Tādēļ efektivitātes novērtēšanai tika izvēlēti šādi kritēriji:

- 1) eksāmena atzīme;
- 2) praktiskā darba atzīme.

E-kursu izmantošanas rezultāti pēc izvēlētajiem kritērijiem ir parādīti 2.6. tabulā, kur Grupa A ir studenti, kas strādāja ar e-kursiem, un Grupa B, kas mācījās pēc tradicionālās metodes (stratēģijas).

2.6. tabula

E-kursu lietošanas rezultāti

Kritērijs Gads	1		2	
	Grupa A	Grupa B	Grupa A	Grupa B
2005	6.56	4.7	7.4	4.63
2006	7.124	5.21	7.38	4
2007	6.0	5.05	6.97	5.75
2008	6.15	5.42	7	4
Kopā	6.46	5.1	7.18	4.6

No 2.6. tabulas var secināt, ka e-kursu izmantošana uzlabo rezultātus. Bet precīzai efektivitātes novērtēšanai ir jālieto matemātiskās statistikas metodes. Pie tam, tika ievērotas arī studentu iepriekš iegūtas atzīmes specialitātei atbilstošos priekšmetos.

E-mācīšanās kursa lietošanas novērtēšana, izmantojot Stjudenta t-kritēriju.

Ņemot vērā, ka atzīmes ir diskrētas vērtības, tika izmantots Stjudenta t-kritērijs divu vidējo vērtību salīdzināšanai. Tā lietošanas algoritms ir šāds:

1. Noteikt X (Y), kas atbilst Grupas A (B) rezultātiem pēc katra kritērija;
2. Atrast izlases vidējās vērtības katrai grupai;

3. Izskaitļot izlases dispersijas $S_X^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} (X_i - X_V)^2}{n_1 - 1}$ un $S_Y^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_2} (Y_i - Y_V)^2}{n_2 - 1}$

4. Izrēķināt empīrisko kritiskās statistikas vērtību

$$|t_{emp}| = \frac{|X_V - Y_V|}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1) * S_X^2 + (n_2 - 1) * S_Y^2}{n_1 + n_2 - 2}}} * \sqrt{\frac{n_1 * n_2}{n_1 + n_2}}$$

5. Noteikt kritisko vērtību $t_{kr}(\alpha, n_1 + n_2 - 2)$ atbilstošam nozīmības līmenim α un dotajam brīvības pakāpes skaitam $r = n_1 + n_2 - 2$.

6. Salīdzināt t_{emp} un t_{kr} . Ja $t_{emp} \geq t_{kr}$, tad atšķirība starp grupu vidējām vērtībām ir būtiska dotajā nozīmības līmenī.

Ņemot vērā, ka grupu sastāvs nav vienmērīgs, aprēķinos tika izmantots atzīmes pieaugums:

$$X_{ij} = M_{ij} - M_{ijp}, Y_{il} = N_{il} - N_{ilp},$$

kur

X_{ij} (Y_{il}) – j-tā (l-tā) studenta i-tā kritērija pieaugums Grupā A (B);

M_{ij} (N_{il}) – j-tā (l-tā) studenta vidējā i-tā kritērija vērtība Grupā A (B);

M_{ijp} (N_{ilp}) – j-tā (l-tā) studenta vidējā i-tā kritērija vērtība specialitātei atbilstošos priekšmetos Grupā A (B);

i – kritērija numurs un $i = 1, \dots, ks$, kur ks – kritēriju skaits (šeit 2);

j (l) – studenta numurs un Grupā A (B) $j = 1, \dots, n_1$, ($l = 1, \dots, n_2$) kur n_1 (n_2) ir studentu skaits;

p – priekšmeta numurs un $p = 1, \dots, ps$, kur ps ir priekšmetu skaits.

Jāpārbauda hipotēze $H_0: X_V = Y_V$ pie konkurējošās $H_1: X_V > Y_V$. Ja algoritma 7. soļa rezultāts ir pozitīvs, t.i., $t_{emp} > t_{kr}$, tad par patieso tiek pieņemta H_1 .

Vērtība t_{emp} pie patiesās H_0 ir sadalīta pēc Stjudenta likuma ar $r = n_1 + n_2 - 2$ brīvības pakāpēm. Šādā gadījumā aplūko labo kritisko apgabalu. Būtiskuma līmenis ir pieņemts $\alpha=0.05$ un, tādējādi, t_{kr} pie $r = 213$ ir vienāda ar 1.64. Eksperimenta datu apstrādes rezultāti ir parādīti 2.6. tabulā.

E-mācīšanās kursa lietošanas novērtēšana, izmantojot Laplasa funkciju.

Ja neatkarīgo izlašu apjoms ir liels (vairāk par 30), tad izlases vidējie ir sadalīti tuvināti normāli, bet izlases dispersijas ir pietiekoši labas ģenerālo dispersiju vērtības un var būt uzskatītas par tuvināti zināmām.

Šajā gadījumā par hipotēzes $H_0: X_V = Y_V$ pārbaudes kritēriju izvēlās gadījuma vērtību:

$$Z = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{S_X^2}{n} + \frac{S_Y^2}{m}}}$$

kur \bar{X} un \bar{Y} ir vidējās vērtības studentu atzīmēm no Grupas A (izmantoja e-kursus) un Grupas B atbilstoši;

$n = 93$, $m = 120$ – studentu skaits Grupā A un Grupā B;

S_X^2 un S_Y^2 – izlases dispersijas Grupai A un Grupai B,

$$S_X^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} (X_i - X_V)^2}{n_1 - 1}, S_Y^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_2} (Y_i - Y_V)^2}{n_2 - 1}$$

Konkurējošā hipotēze ir tāda pati, kā iepriekšējā gadījumā – $H_1: X_V > Y_V$, tādēļ izskata labo kritisko apgabalu. Būtiskuma līmenis ir pieņemts $\alpha=0.05$, tad kritiskais punkts ir

$$\Phi(t_{kr}) = \frac{1 - 2\alpha}{2} = 0,45.$$

Pēc Laplasa funkcijas tabulas $t_{kr} = 1,64$. Eksperimenta datu apstrādes rezultāti ir redzami 2.7. tabulā.

2.7. tabula

Eksperimenta datu apstrādes rezultāti

Rādītājs	$X_V - Y_V$	S_X^2	S_Y^2	$t_{emp} (Z)$
<i>Pēc Stjudenta t-kritērija</i>				
1	0.4	1.08	1.02	2.84
2	1.11	13.6	23.5	1.83
<i>Pēc Laplasa funkcijas</i>				
1	0.4	1.08	1.02	2.88
2	1.11	13.6	23.5	1.85

Tādējādi, pēc 2.7. tabulas var redzēt, ka visiem rādītājiem t_{emp} ir lielāks par t_{kr} , kas nozīmē, ka par patieso tiek pieņemta hipotēze H_1 , kas, savukārt, parāda, ka Grupas A, kas lietoja datorizētās mācīšanās kursus, rezultāti ir daudz labāki ar būtiskuma līmeni 0.05 par Grupas B, kas neizmantoja piedāvāto iespēju.

Abiem rādītājiem $Z > t_{kr}$, tādējādi, par patieso tiek pieņemta konkurējošā hipotēze $H_1: X_V > Y_V$, t.i., izlases vidējās vērtības atšķiras zīmīgi. Tādējādi, e-kursu lietošana mācību procesā nozīmīgi uzlabo rezultātus pie būtiskuma līmeņa 0.05.

3. DARBA REZULTĀTI

Promocijas darba mērķis bija izpētīt un izstrādāt adaptīvas datorizētās mācīšanas metodes, balstoties uz modernām datora tehnoloģijām un studenta modeli. Darbā ir aprakstīts datorizētās mācīšanas process un tā organizācija, izmantojot dažādus modeļus.

Promocijas darba rezultāti ir šādi:

1. Izpētītas un klasificētas pēc 4 kritērijiem 150 datorizētās mācīšanas sistēmas. Pētījuma rezultāti parādīja, ka adaptācija sistēmās pārsvarā nav nodrošināta (38%) vai realizēta tikai MO atkārtota izvade (15%). Par datorizētās mācīšanās procesa modeli ir pieņemts ir modificēts profesora L. Rastrigina modelis sarežģīto sistēmu pārvaldībai.
2. Izanalizēti modeļi, kas tiek lietoti datorizētās mācīšanas organizēšanai: priekšmeta modelis, eksperta (zināšanu) modelis un studenta modelis. Detalizēti aprakstīta to mijiedarbība efektīvai mācīšanas procesa nodrošināšanai.
3. Izskatīts priekšmeta modeļa veidošanas process, kvalitatīvie un kvantitatīvie raksturlielumi un attēlošanas veidi, kā arī izpētīti atkārtoti lietojamo mācību objektu izstrādes principi un piedāvāta informācijas mācību objekta un uzdevumu mācību objekta struktūra. Piedāvāta mācību vielas modeļa attēlošana ar hiperteksta matemātisko pierakstu, kas iekļauj sevī mācību objektus un parāda dažāda veida saites starp tiem.
4. Izstrādāts eksperta (zināšanu) modelis. To var uzskatīt par noteiktā kursa mācīšanas mērķi, jo tas attēlo kādas zināšanas, iemaņas un prasmes un kādā līmenī jāiegūst studentam. Pēc veiktās Latvijas ekspertu anketēšanas tika noskaidrots, ka programmēšanas inženierim svarīgākās kopīgās prasmes IT nozarē ir lietot teksta un grafikas redaktorus un citas biroja lietojumprogrammas, profesionālās prasmes un iemaņas – kodēt un atklūdot programmas, profesionālās psiholoģiskās īpašības – darba spējas, sociālais faktors – ievērot profesionālās ētikas principus, valodu zināšanas – C, C++ un Java, tehnoloģiju un specializētās programmatūras zināšanas – DBPS, operētājsistēmu zināšanas – MS Windows.
5. Aplūkoti studenta modeļi un tajos iekļautie parametri, dota modeļu klasifikācija pēc to tipiem, veikta to salīdzinošā analīze pēc tipa (vispopulārākie ir vektors – 30% un grafs – 61%) un parametriem (lielākajā modeļu daļā – 42% ir paredzēts zināšanu līmenis, kā arī pietiekoši populārs ir zināšanu grafs 16%). Darbā arī ir piedāvāts studenta modelis adaptīvai mācīšanai, kas ietver piecus komponentus ar 20 parametriem: vispārējā

informācija, sagatavotības līmenis, tekošais darbs ar kursu, mācīšanas metode, psiholoģiskās īpašības.

6. Piedāvāts adaptīvās mācīšanās algoritms, kas ņem vērā studenta modelī iekļauto informāciju. Aplūkota adaptējamības īpašība, kas dod studentam iespēju mainīt dažus kursa mācīšanās parametrus – komentāru izvide, uzdevumu grūtība, mēģinājumu skaits, mācību objektu izvēle, informācijas reprezentēšanas veids
7. Parādīta e-mācīšanās kursa izstrādes un tā lietošanas iespējas mācību procesā, kā arī veikta e-kursu lietošanas efektivitātes novērtēšana, izmantojot matemātiskās statistikas Stjudenta t-kritērija un Laplasa funkcijas metodes un studentu anketēšanu.

Galvenais darba rezultāts ir tas, ka tiek piedāvāta modeļu kopa, uz kuras pamata ir iespējams organizēt adaptīvu un adaptējamu mācīšanu. Modeļu kopa iekļauj sevī studenta modeli, kas satur izsmeļošu informāciju par apmācāmo; priekšmeta modeli, kas sastāv no atkārtoti lietojamiem mācību objektiem ar teorētisko informāciju un praktiskiem uzdevumiem, kā arī parāda saites starp tiem; zināšanu/eksperta modelis, kas parāda priekšmeta mācīšanas mērķus.

4. DARBA APROBĀCIJA

Promocijas darbs tika prezentēts Ukrainas Nacionālās zinātnes akadēmijas un Ukrainas izglītības un zinātnes ministrijas Starptautiskā zinātniskā un mācību informācijas tehnoloģiju un sistēmu centra seminārā, kā rezultātā tika saņemta rekomendācija aizstāvēšanai.

4.1. Uzstāšanās konferencēs

1. Advanced Learning technologies and Applications ALTA'03. Kaunas, Lithuania. September 11 – 12, 2003
2. Advances in Databases and Information Systems: 13th East-European Conference, ADBIS 2009. Riga, Latvia. 7 – 9 September, 2009
3. E-learning conference'06 Computer Science Education. Coimbra, Portugal. September 7-8, 2006
4. IADIS International Conference e-Learning 2007. Lisabon, Portugal. July 6-8, 2007
5. IADIS International Conference Mobile Learning 2005. Qawra, Malta. June 28 - 30, 2005
6. IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education. Rhodes, Greece. June 30 – July 2, 2003
7. International Conference “Knowledge Society Challenges for E-Learning”. Kaunas, Lithuania. May 26-27, 2005
8. International Workshop Telematics and Life-Long Learning TLLL-2001. Kiev, Ukraine. October 15 – 17, 2001
9. RTU 42. starptautiskā zinātniskā konference. Rīga, Latvija. 11. – 13. oktobris, 2001
10. Starpaugstskolu Zinātniski praktiskā un mācību metodiskā konference “Izglītības problēmas mūsdienu apstākļos”. Rīga, Latvija. 24.-25. februāris, 2005
11. Starpaugstskolu Zinātniski praktiskā un mācību metodiskā konference “Izglītības problēmas mūsdienu apstākļos”. Rīga, Latvija. 23.-24. Februāris, 2006
12. The 10th IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education. Beijing, China. October 8-10, 2007
13. The 11th IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education. Crete, Greece. September 29 - October 1, 2008.
14. The 11th international conference on information systems development (Methods & Tools. Theory & Practice) ISD 2002. Doctoral Consortium. Riga, Latvia. September 12 – 14, 2002

15. The 18th International Conference on Systems for Automation of Engineering and Research SAER-2004. Varna, Bulgaria. September 24 – 26, 2004
16. The 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies ICALT'03. Athens, Greece. July 9 – 11, 2003
17. The 6th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2006). Kerkrade, Netherlands. July 5-7, 2006
18. The 8th IASTED International Conference on Computers And Advanced Technology In Education. Oranjestad, Aruba. August 29 - 31, 2005
19. The 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2008). Santander, Cantabria, Spain. July 1-5, 2008.
20. The First International Conference “Information Technologies in Education for All” (ITEA - 2006). Kiev, Ukraine. May 29 – 31, 2006.
21. VII International Scientific Conference "Innovative technologies in pedagogics of higher education" - Yekaterinburg, Russia. October 11-13, 2010
22. World Conference in Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications ED-MEDIA. Lugano, Switzerland. June 21 – 26, 2004
23. X Научно-методическая конференция Телематика 2003. Ст.-Петербург, Россия. 14 – 17 апреля, 2003
24. Вторая международная конференция "Стратегия качества в промышленности и образовании ". Варна, Болгария. 2- 9 июня 2006 г.
25. Международная конференция Образование и виртуальность – 2001. Ялта, Украина. 19 – 21 сентября, 2001

4.2. Publikācijas

1. Boule C., Zaiceva L. Learning objects for mobile learning // Proceedings of IADIS International Conference Mobile Learning 2005 Qawra, Malta 28-30 June 2005, p. 189 - 193
2. Bule J. Adaptacija kompjuternih obučajuših sistem na osnove modeli studenta (krievu val.). // II starptautiskās konferences "Kvalitāte stratēģija tautsaimniecībā un izglītībā" materiāli, 2. sējums - Varna, Bulgaria, Juny 2 - 9, 2006, p. 204 - 207
3. Bule J. Adaptive Computer-aided Teaching Methods based on Student Model // Proceedings of First International Conference “Information Technologies in Education for All” (ITEA - 2006), Ukraine, IRTC - Kiev 2006. – p. 221 – 230

4. Bule J. Adaptive E-Learning Courses at Riga Technical University Software Engineering Department // Proceedings of Advances in Databases and Information Systems: 13th East-European Conference, ADBIS 2009. Riga, Latvia. 7 – 9 September, 2009. pp. 238-245.
5. Bule J. Interneta Tehnoloģiju Lietojums Apmācībā. // RTU zinātniskie raksti. Sērija 5, sējums 8. 2001, - lpp. 150-156.
6. Bule J. Mācīšanās kursu pārvaldības problēmas. // 43. studentu zinātniskās un tehniskās konferences materiāli. - Rīga: RTU, 2002, - lpp. 31.
7. Bule J. Management of teaching course using multimedia and web technologies. // ISD 2002. Eleventh international conference on information systems development (Methods & Tools. Theory & Practice). Doctoral Consortium Proceedings. Rīga: RTU, 2002, - lpp. 6.-14.
8. Bule J. Obzor modelej studenta dlja kompjuternih system obuchenija. // Educational Technology & Society 6(4) 2003 ISSN 1436-4522 (starptautiskais elektroniskais žurnāls)
9. Bule J. Sravnitel'nij analiz modelej obučajemogo. // Trudi X Naučno-metodičeskoj konferencii Telematika'2003. Tom 2. Sekcii D, E. - Sankt-Peterburg, 2003, - s. 364 - 366.
10. Bule J. The e-Learning Course: „Software Implementation" Development // Proceedings of the 11th IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education. Crete, Greece. September 29 - October 1, 2008, - pp. 126 - 129.
11. Bule J., Zaiceva L. Expert Model Development in E-Learning Systems // Proceedings of the 10th IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education. Beijing, China. October 8-10, 2007, - pp. 81 - 84.
12. Bule J., Zaiceva L. Multimedia in Education // Telematics and Life-Long Learning. Proceedings of the International Workshop. TLLL-2001. October 15-17, 2001, Kyiv, Ukraine: IRTC UNESCO, IEEE Learning Technology Task, Force 2001, - p. 51 - 53 (Ukrainas ZA V.Gluškova kibernetikas institūts)
13. Bule J., Zaiceva L. Razrabotka uchebnych kursov na baze multimedia // Obrazovanie I virtual'nostj - 2001. Sbornik naučnih trudov 5 meždunarodnoj konferencii. - Harkov-Jalta, 2001, - s. 145 - 152
14. Bule J., Zaitseva L. Computer-based learning process organization. – Proceedings of International Conference “Knowledge Society Challenges for E-Learning”. Kaunas, Lithuania. 26-27 May 2005. 185 - 189 pp.
15. Bule J., Zaitseva L. Student Model Development for E-learning Systems // Proceedings of the IADIS International Conference e-Learning 2007. Lisabon, Portugal. July 6-8, 2007, - pp. 343 – 345.

16. Zaiceva L., Bule J. Adaptacija v kompjuternih sistemah na baze strukturizacii objektov obucenija (krievu val.) // Educational Technology & Society 9(1) 2006 ISSN 1436-4522 (starptautiskais elektroniskais žurnāls). / Internets. - http://ifets.ieee.org/russian/periodical/V_91_2006EE.html, p. 422 –427
17. Zaiceva L., Bule J. E-courses Using Pedagogical Strategies and Evaluation (krievu val.) // Proceeding of the V International Scientific Conference "Innovative technologies in pedagogics of higher education" -Yekaterinburg, Russia. October 27-29, 2008, - pp. 191 - 197.
18. Zaiceva L., Bule J. Priekšmeta “Programmatūras plānošana un metroloģija” mācīšanas metodika. // Starpaugstskolu Zinātniski praktiskās un mācību metodiskās konferences “Izglītības problēmas mūsdienu apstākļos”, 2005. gada 24. februārī, programma un tēzes. Rīga: TSI, 2005, - 132.-134. lpp.
19. Zaiceva L., Bule J., Kuplis U. Advanced e-learning system development. // Proceedings of Advanced Learning technologies and Applications (ALTA'03). 11-12 September 2003. Kaunas, Lithuania. – 14-18 pp.
20. Zaiceva L., Matisons G., Bule J. Opredeļenije trebovanij k podgotovke inženerov-programmistov (krievu val.). // II starptautiskās konferences "Kvalitāte stratēģija tautsaimniecībā un izglītībā" materiāli, 2. sējums - Varna, Bulgaria, Juny 2 - 9, 2006, p. 99 - 103
21. Zaiceva L., Matisons G., Bule J. Prasības studentu sagatavošanai programmēšanas inženiera profesijā. // Starpaugstskolu Zinātniski praktiskās un mācību metodiskās konferences “Mūsdienu izglītības problēmas” raksti, Rīga: TSI, 2006, - 123.-127. lpp.
22. Zaiceva L., Rusakovs P., Matisons G., Bule J. Profesionālo studiju prakses aspekti izglītības kvalitātes skatījumā // RTU zinātniskie raksti. 5. sērija. Datorzinātne. Lietišķās datorsistēmas. 30. sējums. Rīga: RTU, 2007. – 160. – 171. lpp.
23. Zaitseva L., Boule C. Adaptation in WBE Systems Based on Student Model. - Proceedings of the IASTED International Conference COMPUTERS AND ADVANCED TECHNOLOGY IN EDUCATION, June 30- July 2, 2003, Rhodes, Greece. 161-163 pp.
24. Zaitseva L., Boule C. Learning program on “Software Process Models”. – Proceedings of 18th International Conference on Systems for Automation of Engineering and Research, SAER-2004. Varna, Bulgaria. 24-26 September 2004. 175-177 pp.
25. Zaitseva L., Boule C., Prokofyeva N. Knowledge control approaches in computer-assisted education // Proceeding of The Eighth IASTED International Conference on Computers

- And Advanced Technology In Education ~CATE 2005~ August 29-31, 2005 Oranjestad, Aruba, p. 453 - 456
26. Zaitseva L., BouleC. Student Models in Computer-Based education. - The 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT'03. Athens, Greece. 9-11 July 2003. 451.p.
 27. Zaitseva L., Bule J. Adaptation in computer-based education // ED-MEDIA World Conference in Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications – Lugano, Šveice, 2004. gada 21.-26. jūnijā, - 3527 – 3529 p.
 28. Zaitseva L., Bule J. E-learning courses use and evaluation in Riga Technical University // Proceedings of 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2008). Santander, Cantabria, Spain. 1-5 July, 2008. pp. 1057-1058.
 29. Zaitseva L., Bule J. Electronic Textbook and E-Learning System in Teaching Process// Proceedings of E-learning conference'06 Computer Science Education, 7-8 September 2006, Coimbra, Portugal / Internets. - <http://elconf06.dei.uc.pt/proceedings.htm>, p. 189 – 192
 30. Zaitseva L., Bule J. Learning Systems in Higher Education // Proceedings of Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2006) – Kerkrade, Netherlands, 5-7 July, 2006, p. 674 - 676