

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultāte
Lietišķo datorsistēmu institūts

Natālija PROKOFJEVA
Datorsistēmas doktora programma

**DATORIZĒTĀS ZINĀŠANU PĀRBAUDES
MODEĻI UN METODES**

Promocijas darba kopsavilkums

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

Rīga 2007

UDK ...

Prokofjeva N. Datorizētās zināšanu pārbaudes modeļi un metodes. Promocijas darba kopsavilkums.-R.: RTU, 2007. - 26 lpp.

Iespiests saskaņā ar LDI 2007. gada 6.jūnija sēdes lēmumu, protokols Nr.55

ISBN ...

PROMOCIJAS DARBS
IZVIRZĪTS RĪGAS TEHNISKĀS UNIVERSITĀTĒ
INŽENIERZINĀTŅU
DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI

Promocijas darbs inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2007. gada 5. novembrī plkst. 14.30 Rīgas Tehniskās universitātes Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultātē, Rīgā, Meža ielā 1/3, 202. auditorijā.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesors, Dr.habil.sc.ing. Jānis Grundspenķis
Rīgas Tehniskā universitāte

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

Asoc.prof., Dr.sc.ing. Ildars Galejevs (Ildar Kh. Galeev)
Kazaņas valsts tehnoloģijas universitāte, Kazaņa, Krievija

APSTIPRINĀJUMS

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

Natālija Prokofjeva (Paraksts)

Datums:

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, satur ievadu, 6 nodaļas, secinājumus, literatūras sarakstu, 9 pielikumus, 37 zīmējumus, kopā 177 lappuses. Literatūras sarakstā ir 164 nosaukumi.

ANOTĀCIJA

Promocijas darbs veltīts datorizētās zināšanu pārbaudes sistēmu izpētei un analīzei, kā arī tās projektēšanas un izveides vispārīgo principu izstrādei, balstoties uz datorizētās zināšanu pārbaudes novadīšanas metodēm un vērtējuma aprēķināšanas modeļiem.

Galvenā uzmanība pievērsta šādu uzdevumu risināšanai: eksistējošo datorizēto zināšanu pārbaudes sistēmu un programmu analīzei; zināšanu pārbaudes organizēšanas un novadīšanas problēmas pētīšanai; datorizētās zināšanu pārbaudes modeļu un metožu analīzei, sistematizācijai un klasifikācijai; studentu zināšanu pārbaudes modeļu un metožu analīzei ar mērķi izstrādāt ieteikumus to pamatotai izvēlei datorizētās zināšanu pārbaudes sistēmu projektēšanā un izveidē.

SATURS

1.	VISPĀRĒJS DARBA RAKSTUROJUMS	5
1.1.	Tēmas aktualitāte	5
1.2.	Promocijas darba mērķis un uzdevumi	5
1.3.	Pētījumu metodika, zinātniskā novitāte, darba praktiskā nozīme	6
1.4.	Promocijas darba struktūra	6
2.	PROMOCIJAS DARBA SATURS	8
2.1.	Datorizētās sistēmas mācību procesā	8
2.2.	Zināšanu pārbaude un vērtēšana kā pedagogijas uzdevums	8
2.3.	Datorizētā zināšanu pārbaude	9
2.4.	Pārbaudes novadīšanas metodes un zināšanu vērtēšanas modeļi	12
2.5.	Datorizētās zināšanu pārbaudes organizēšana	17
3.	DARBA REZULTĀTI	23
4.	DARBA APROBĀCIJA	25
4.1.	Uzstāšanās konferencēs	25
4.2.	Publikācijas	25

1. VISPĀRĒJS DARBA RAKSTUROJUMS

1.1. Tēmas aktualitāte

Mūsdienās straujajos zinātniskā un tehniskā progresa attīstīšanas apstākļos nepārtraukti palielinās speciālistiem nepieciešamo zināšanu un prasmju apjoms, līdz ar to tiek izvirzītas arvien augstākas prasības viņu sagatavošanas kvalitātei.

Jebkuras izglītojošās darbības svarīgākais aspekts ir zināšanu kvalitātes pārbaudes sistēma. Tomēr pašlaik augstākās izglītības sistēmā ir vairākas problēmas. Viena no tām ir neatbilstība starp zināšanu pārbaudes tradicionālo metožu iespējām un faktisko zināšanu apjomu, ko mūsdienu sabiedrība pieprasa no mācību iestāžu absolventiem.

Tāpēc datorizētās zināšanu pārbaudes jautājumi interesē daudzus zinātniekus: gan pedagogus, gan arī informācijas tehnoloģijas speciālistus.

Datorizētās mācīšanās un zināšanu pārbaudes problēmu pētījumiem ir veltītas daudzas mūsdienu starptautiskās zinātniskās un metodiskās konferences, semināri, elektroniskie žurnāli. Lai arī datorizētās apmācības tehnoloģijas ir stipri attīstījušās, salīdzinot ar 90-to gadu sākumu (personālo datoru lokālo tīklu vietā tiek izmantota attālinātā pieeja Internetam, multimediju līdzekļi, virtuālā realitāte), tomēr globālās problēmas šajā jomā praktiski ir palikušas tās pašas. Šīs problēmas tika apkopotas jau 20. gs. 80. gadu beigās daudzās monogrāfijās, kuru sagatavošanā aktīvi piedalījās arī RTU zinātnieki L. Leontjevs, L. Rastrigins, L. Niceckis, L. Novickis, L. Zaiceva u.c.

Pašlaik datori ir kļuvuši par nepieciešamu rīku ne tikai zinātnē un profesionālajā darbībā, bet arvien biežāk tiek izmantoti arī izglītības iegūšanai un/vai kvalifikācijas celšanai. Praktiski visās augstskolās ir datortehnika, tām ir lokālie tīkli un piekļuve tīmeklim. Tādējādi mācību iestādēm tika radīti priekšnosacījumi studentu zināšanu pārbaudes datorizēto līdzekļu radīšanai un lietošanai visos apmācības posmos.

Datorizētai zināšanu pārbaudei (DZP) ir svarīga nozīme ne tikai sagatavotības līmeņa mērījumu mērķiem, bet arī studenta reitinga noteikšanai, mācību procesa monitoringam, adaptīvās apmācības un zināšanu pārbaudes organizēšanai, kā arī tālmācībai un mūžizglītībai.

Mūsdienās izglītošanas procesā izmanto daudzas datorizētās mācīšanas un zināšanu pārbaudes sistēmas. Piedāvājamo sistēmu daudzveidība prasa pievērst īpašu uzmanību studentu zināšanu un prasmju vērtēšanas uzticamībai un kvalitātei. Tāpēc saistītā ar datorizētās zināšanu pārbaudes sistēmu projektēšanu un izveidi pētījumu tematika ir visai aktuāla.

1.2. Promocijas darba mērķis un uzdevumi

Promocijas darba mērķis ir datorizētās zināšanu pārbaudes sistēmu izpēte un analīze, kā arī tās projektēšanas un izveides vispārīgo principu izstrāde, balstoties uz datorizētās zināšanu pārbaudes novadīšanas metodēm un vērtējuma aprēķināšanas modeļiem.

Izvirzītā mērķa sasniegšanai ir nepieciešams risināt šādus uzdevumus:

- izpētīt un izanalizēt eksistējošās zināšanu pārbaudes datorizētās sistēmas un programmas;

- aplūkot zināšanu pārbaudes uzdevumus pedagogijā, lai noteiktu datorizētās zināšanu pārbaudes sistēmas projektēšanas principus;
- izpētīt datorizētās zināšanu pārbaudes organizēšanas un novadīšanas uzdevumus no metodisko un tehnisko aspektu viedokļa;
- izpētīt, sistematizēt un klasificēt datorizētās zināšanu pārbaudes novadīšanas metodes un vērtēšanas modeļus;
- balstoties uz pārbaudes novadīšanas metožu un vērtēšanas modeļu analīzi, noteikt to lietošanas lietderību datorizētās zināšanu pārbaudes sistēmā dažādiem pārbaudes veidiem;
- izstrādāt ieteikumus pārbaudes metožu un modeļu pamatotai izvēlei datorizētās zināšanu pārbaudes sistēmu projektēšanā un izveidē.

1.3. Pētījumu metodika, zinātniskā novitāte, darba praktiskā nozīme

Pētījumu nozare: datorsistēmas, kas ir paredzētas zināšanu pārbaudei (ZP).

Pētījumu priekšmets: datorizētās zināšanu pārbaudes sistēmu modeļi un metodes.

Pētījumu metodika: kopu teorija, ekspertu vērtējumu un matemātiskās statistikas metodes.

Zinātniskā novitāte. Pie jauniegūtiem rezultātiem pieder:

- piedāvātas datorizētās zināšanu pārbaudes metožu un modeļu klasifikācijas, kā arī izstrādāti un aprakstīti ZP novadīšanas metožu grupu matemātiskie modeļi;
- izstrādāti ieteikumi ZP novadīšanas metožu lietošanai dažādos zināšanu pārbaudes veidos (iepriekšēja, tekošā, robežas, noslēguma);
- izstrādāti ieteikumi pārbaudes metožu un modeļu pamatotai izvēlei datorizētās zināšanu pārbaudes sistēmu projektēšanā un izveidē.

Darba praktiskā nozīme.

Izstrādātie ieteikumi un klasifikācijas var būt lietderīgi datorizētās mācīšanās un zināšanu pārbaudes sistēmu projektēšanā un izveidē, tā ka dod iespēju DZP sistēmu izstrādātājiem un/vai mācībspēkiem pamatoti izvēlēties visvairāk piemērotās metodes un modeļus studentu zināšanu pārbaudes un vērtēšanas kvalitatīvai organizēšanai. Atsevišķas metodes un modeļi realizētas elektroniskajā mācību grāmatā „Iemācies HTML no nulles”, universālajā elektroniskajā mācību grāmatā un datorizētajā apmācības sistēmā, kuras sekmīgi tiek lietotas RTU mācību procesā.

1.4. Promocijas darba struktūra

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

Otrajā nodaļā aprakstīta datorizētās mācīšanās sistēmu attīstības vēsture, kā arī aplūkotas dažāda veida mācību mērķiem paredzētās datorizētās sistēmas.

Trešā nodaļa satur zināšanu pārbaudes īpatnību, posmu, funkciju un metožu pētīšanas rezultātu, tradicionālās zināšanu pārbaudes problēmas analīzi.

Ceturtnā nodaļa veltīta datorizētās zināšanu pārbaudes uzdevumu un problēmu analīzei. Nodaļā ir aplūkoti datorizētās zināšanu pārbaudes (DZP) metodiskie un tehniskie aspekti, proti, datorizētās zināšanu pārbaudes veidi un formas; kontroles

uzdevumi un to raksturojumi; pieejas kontroles uzdevumu kopuma formēšanai; datorizētās zināšanu pārbaudes parametri; kontroles uzdevumu formēšana un izsniegšana zināšanu pārbaudei; kontroles uzdevumu izpildes novērtēšana. Aprakstīti arī DZP sistēmu pētījuma rezultāti.

Piektajā nodaļā, balstoties uz dažādu datorizētās zināšanu pārbaudes modeļu un metožu pētīšanu, izanalizētas vairākas pārbaudes novadīšanas metodes un zināšanu vērtēšanas modeļi, kā arī piedāvātas metožu un modeļu klasifikācijas.

Sestā nodaļa satur datorizētās zināšanu pārbaudes organizēšanas stratēģiju analīzi, kuras rezultātā ir izstrādāti ieteikumi pārbaudes metožu un modeļu pamatotai izvēlei datorizētās zināšanu pārbaudes sistēmu projektēšanā un izveidē.

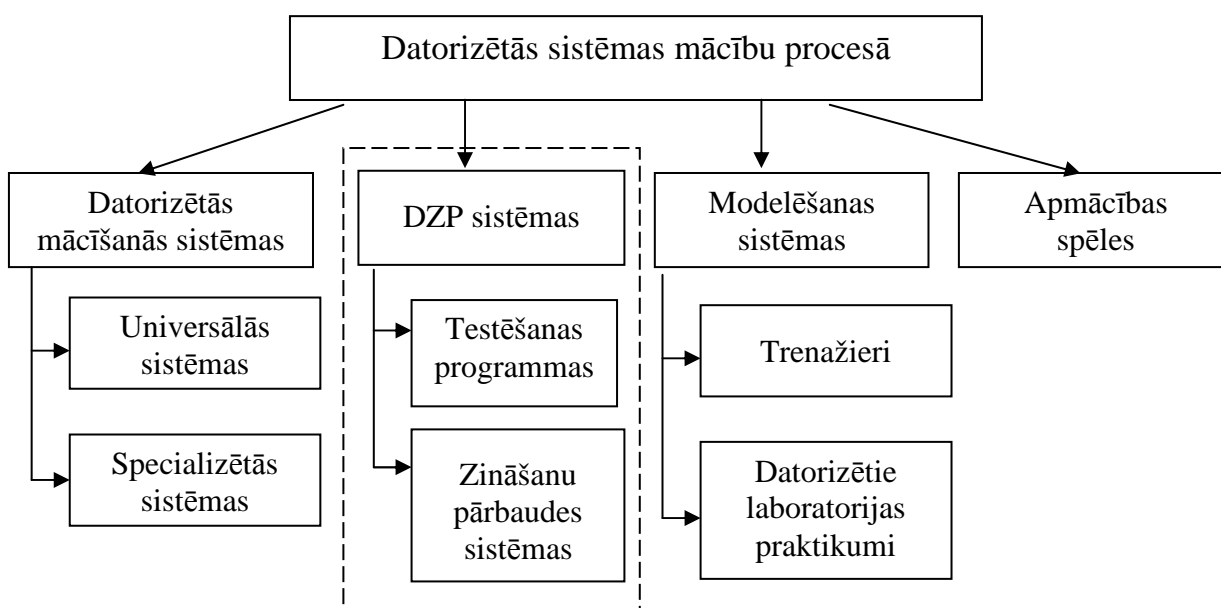
Darbā: 177 lpp. teksta, 37 attēli, 14 tabulas un 164 bibliogrāfijas avoti.

2. PROMOCIJAS DARBA SATURS

2.1. Datorizētās sistēmas mācību procesā

Mācību procesā tiek lietotas dažādas datorizētās sistēmas, kas ir paredzētas studentu apmācības un zināšanu pārbaudes organizēšanai (2.1. att.):

- datorizētās mācīšanās sistēmas;
- datorizētās zināšanu pārbaudes sistēmas;
- modelēšanas sistēmas;
- apmācības spēles.



2.1. att. Mācību mērķiem paredzēto datorizēto sistēmu paveidi

Datorizētās apmācības tehnoloģijas ir stipri attīstījušās, salīdzinot ar 90-to gadu sākumu (pieeja Internetam, multimediju līdzekļi, virtuālā realitāte). Tomēr, balstoties uz eksistējošo datorizētās mācīšanās un ZP sistēmu analīzi, var konstatēt, kā globālās problēmas šajā jomā praktiski ir palikušas tās pašas, proti, vairākas sistēmas bieži ir izveidotas, neievērojot prasības šīs klases sistēmām: vairākas lietotāju kategorijas (apmācāmais, mācībspēks u.c.); adaptācija apmācāmajam, balstoties uz tā modeli; pedagoģisko metožu lietošana sistēmu izstrādē utt.

Tādējādi, lai kvalitatīvi izstrādātu datorizētās zināšanu pārbaudes sistēmu, DZP sistēmu projektēšanā un izveidē ir nepieciešams ievērot ZP īpatnības pedagoģiskajā procesā.

2.2. Zināšanu pārbaude un vērtēšana kā pedagoģijas uzdevums

Zināšanu pārbaude ir pedagoģiskās sistēmas svarīgākā mācību procesa sastāvdaļa. Līdz šim brīdim par ZP rezultātu neapšaubāmi tiek uzskatīts studentu sekmības vērtējums. Vērtējums nosaka studentu darbības atbilstību konkrētās pedagoģiskās sistēmas un visas izglītības sistēmas prasībām.

Svarīgākie studentu sekmības pārbaudes principi kā viena no izglītības kvalitātes galvenajām komponentēm ir: objektivitāte, sistemātiskums, uzskatāmība.

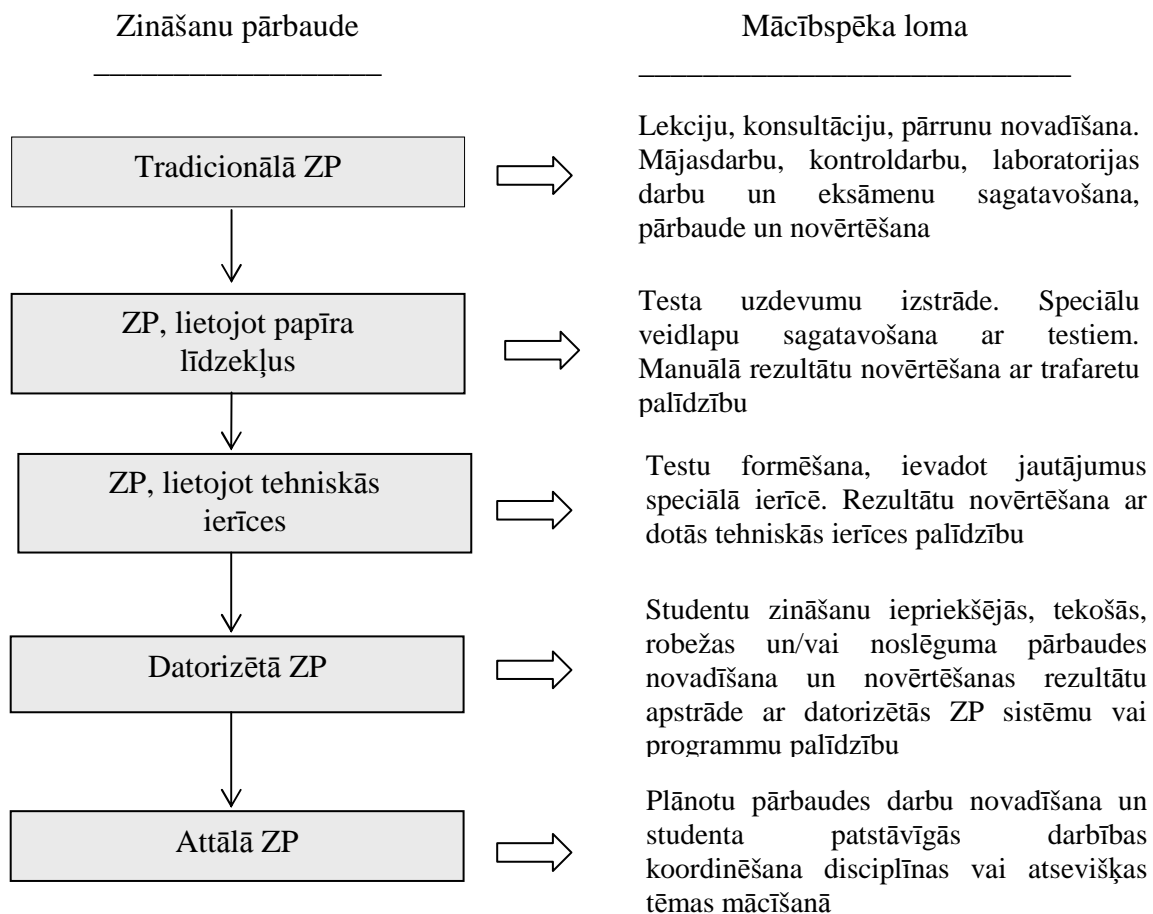
Pedagoģiskajā procesā zināšanu pārbaude pilda pārbaudes (diagnostikas), apmācošo, attīstošo, audzinošo un metodisko funkciju. Vissvarīgākā un specifiskākā ir pārbaudes funkcija. Pārbaudes rādītāji ir galvenais pamats lēmuma pieņemšanai par mācību rezultātiem, t.i., tādu jautājumu risināšanai kā pārcelšana uz nākamo kursu un diploma izsniegšana. Pārbaudes dati atspoguļo ne tikai atsevišķu studentu un mācībspēku mācību darba vērtējumu un rezultātus, bet arī visas mācību iestādes mācību un audzinošā darba stāvokli, norāda, kādi pasākumi jāveic tā uzlabošanai.

Mūsdienās izglītības praksē tiek izmantotas dažādas zināšanu pārbaudes metodes, no kurām galvenās ir mutiskā aptauja, rakstisko un grafisko darbu pārbaude, praktiskā pārbaude. Tomēr, vērtēšana gan mutiskajā aptaujā, gan kontroldarbos nav precīza un galvenais šo metožu trūkums ir vērtējumu subjektivitāte un rezultātu neatjaunošana (neatkārtošanās). Šie trūkumi neļauj mācībspēkam iegūt objektīvu un reālu ainu par mācību procesu.

Pēdējos gados ir aktivizējies pārbaudes līdzekļu un metožu pilnveidošanas darbs. Radošie meklējumi attīstīja daudzās mācību iestādēs dažādu kontrolējošo līdzekļu, kompleksu, datorizētās mācīšanas un zināšanu pārbaudes sistēmu lietošanu.

2.3. Datorizētā zināšanu pārbaude

Zināšanu pārbaude ir mācību procesa neatņemama sastāvdaļa, viena no svarīgākām apmācības komponentēm. Var izdalīt piecus zināšanu pārbaudes evolūcijas posmus (2.2. att.). Attēlā ir arī parādīta mācībspēka loma katrā ZP posmā.



2.2. att. Zināšanu pārbaudes evolūcija

Vienas vai citas pieejas lietošana mācību procesā ir atkarīga no mācību iestādes tehniskā un/vai metodiskā nodrošinājuma, kā arī no mācībspēka iespējas izmantot mūsdienīgās datortehnoloģijas savā darbā.

Datortehnoloģijas lietošana apmācības procesā prasa mainīt mācīšanas tehnoloģiju, balstoties uz mūsdienu pedagoģijas, pedagoģiskās psiholoģijas un citu zinātņu sasniegumiem.

Metodiskie zināšanu pārbaudes aspekti ir saistīti ar pedagoģisko un psiholoģisko jautājumu risināšanu. Uz tiem attiecas tādi jautājumi, kā: kādi uzdevumi jāpiedāvā studējošajam, lai pārbaudītu viņa zināšanas un iemaņas? cik daudz jautājumu un uzdevumu jāiekļauj vienā kontrol darbā? kāda tipa uzdevumiem jābūt kontrol darbā? kādā secībā piedāvāt uzdevumus studējošiem? cik bieži jāpārbauda studējošo zināšanas? u. c.

Tādējādi, datorizētās zināšanu pārbaudes problēma metodiskajā aspektā ir saistīta ar šādu pamatuzdevumu risināšanu:

- zināšanu pārbaudes plānošana (kad kontrolēt?);
- uzdevumu atlase studenta zināšanu un prasmju pārbaudei (ko kontrolēt?);
- prasību noteikšana kontroles uzdevumu kopuma veidošanai, to attēlošanas veidam un uzdevumu izpildes vērtēšanas kritērijiem (kā kontrolēt?).

Atkarībā no ZP laika izšķir četrus zināšanu pārbaudes veidus:

- 1) Iepriekšējā (sākuma) pārbaude, kas notiek tieši pirms apmācības, ļauj vērtēt studenta sākuma zināšanu līmeni un atbilstoši plānot apmācību;
- 2) Tekošā pārbaude, kas tiek realizēta apmācības gaitā, dod iespēju noteikt studenta atsevišķu mācību vielas jēdzienu apgūšanas līmeni, kā arī pielāgot tam tālāko mācību procesa norisi;
- 3) Robežas pārbaude, kas tiek organizēta pēc noteikta apmācības posma beigšanas un ir nepieciešama, lai vērtētu studenta zināšanas par vienu tēmu vai kursa sadaļu;
- 4) Noslēguma (beigu) pārbaude ļauj vērtēt studenta zināšanas un prasmes kopumā par visu kursu.

Datorizētās zināšanu pārbaudes organizēšanā nepieciešams definēt veicamās pārbaudes mērķus katram apmācības procesa posmam. Uztveres, saprašanas, iegaumēšanas posmos tiek vērtēts studenta zināšanu līmenis par priekšmetisko jomu un pamatnoteikumu izpratni. Spēja pielietot iegūtās zināšanas konkrētu uzdevumu risināšanai vai situācijā, kas pieprasa izglītojošo patstāvību, tiek vērtēta kā atbilstība nepieciešamām iemaņām un/vai prasmēm.

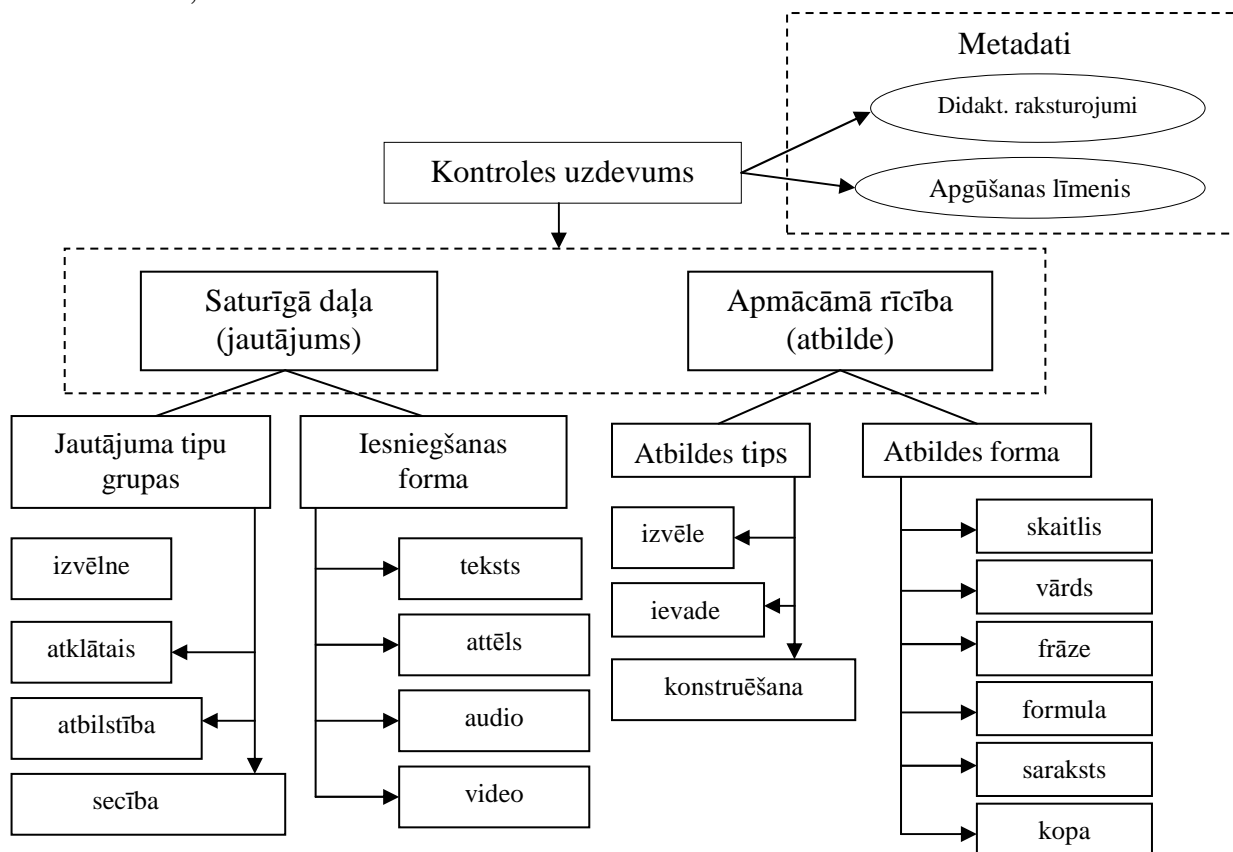
Zināšanu vērtēšana katrā posmā (zināšanas, iemaņas, prasmes) var būt realizēta, izmantojot dažāda veida un tipa kontroles uzdevumus (2.3. att.).

Balstoties uz eksistējošo datorizētās zināšanu pārbaudes sistēmu izpēti, tika konstatēts, ka vairākums sistēmu ietver tikai „izvēlnes” tipa kontroles uzdevumus – 50% (atklātā tipa jautājumi – 38%, citi – 12%). Visizplatītākie atbilžu veidi ir „izvēle” (32%) un viena vārdu ievade (17%).

Pašlaik, plānojot un organizējot zināšanu pārbaudi DZP sistēmās, tiek lietotas dažādas pieejas uzdevumu kopuma formēšanai:

- **Stingra secība.** Dažādas sarežģītības, grūtības, nozīmīguma jautājumu kopums ir noformēts stingrā secībā, kur jautājumu skaitu var izvēlēties vai nu pats students, vai arī skaits ir uzdots kā konstante (kā likums, jautājumu secība ir vienāda visiem studentiem);

- **Gadījuma atlase.** Jautājumu kopums tiek veidots pēc gadījuma principa tieši pirms pārbaudes, bāzējoties uz uzdevumiem, kuri glabājas datu bāzē, un jautājumu skaitu var iepriekš uzdot mācībspēks (kontroldarba izstrādātājs) vai izvēlēties pats students;



2.3. att. Kontroles uzdevuma struktūra

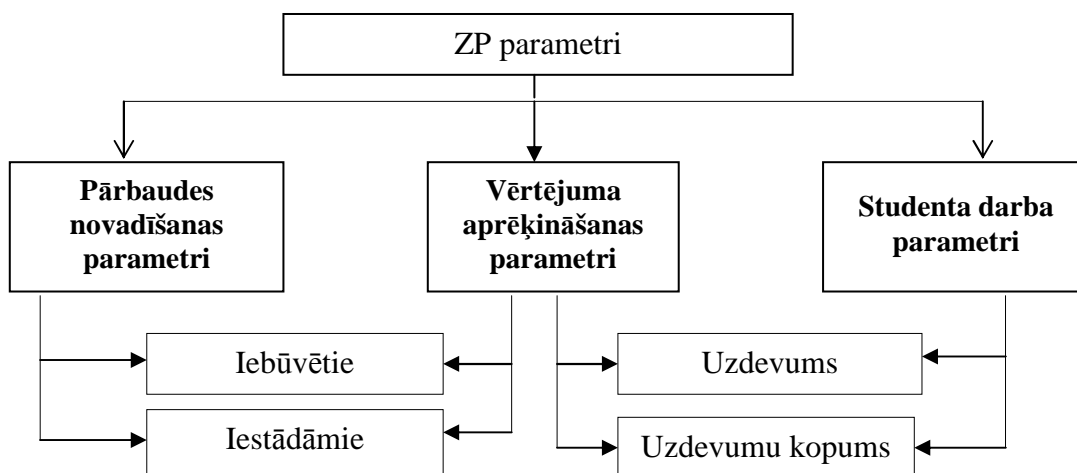
- **Pēc apmācāmā izvēles.** Uzdevumu kopumu veido pats apmācāmais, t. i., kontroles jautājumu skaitu un/ vai sarežģītību pārbaudei izvēlas apmācāmais;
- **Adaptīvā pieeja.** Uzdevumu kopums tiek veidots pārbaudes gaitā, ņemot vērā informāciju (datus) par studentu un/vai viņa darbu DZP sistēmā (sagatavotības līmenis, pareizo atbilžu skaits, atbildēšanas laiks uz jautājumu u. c.).

Balstoties uz eksistējošo DZP sistēmu analīzi, tika konstatēts, ka tikai 9% no mācību mērķiem paredzētajām datorizētajām sistēmām realizē adaptīvu pieeju kontroles uzdevumu kopuma formēšanai ZP organizēšanā.

Datorizētās zināšanu pārbaudes sistēmu izstrādē svarīgi atrisināt jautājumu, kā tehniski realizēt plānoto zināšanu pārbaudi, izveidot un izdalīt kontroles uzdevumus aptaujai, aprēķināt vērtējumu. Tāpēc datorizētās zināšanu pārbaudes tehniskais aspekts paredz šādu pamatzdevumu risināšanu:

- zināšanu pārbaudes parametru izvēle un lietošana DZP sistēmā;
- kontroles uzdevumu sastādīšana, komplektēšana un izsniegšana;
- kontroles uzdevumu izpildes novērtējums;
- zināšanu pārbaudes algoritma izvēle.

Pārbaudes parametrus nosacīti var iedalīt trijās grupās: zināšanu pārbaudes novadīšanas parametri; vērtējuma aprēķināšanas parametri; parametri, kuri raksturo studenta darbu pārbaudes procesā (2.4. att.).



2.4. att. Datorizētās zināšanu pārbaudes parametri

Daudzveidīgu zināšanu pārbaudes parametru lietošanai DZP sistēmā ir gan plusi, gan mīnusi. No vienas puses, noskaņošanas parametru lielais skaits palielina sistēmas elastīgumu. No otras puses, šāda sistēma prasa lielāku tās iepriekšēju izpēti un vairāk sagatavošanas darbu. Tāpēc izstrādājot datorizētās zināšanu pārbaudes sistēmu ir svarīgi noteikt tādu parametru komplektu, kas nepieciešams studenta darba vadīšanai un zināšanu pārbaudes kvalitatīvai veikšanai.

Kontroles uzdevumu sastādīšana un izsniegšana paredz šādu galveno kontroles uzdevuma dzīves cikla posmu izpildi: uzdevuma sastādīšana un uzglabāšana sistēmas datu bāzē; uzdevumu kopuma automātiskā ģenerācija zināšanu pārbaudei, ievērojot sistēmā izmantojamos ZP parametrus; dažāda tipa uzdevumu attēlošana ekrānā, saišu izstrāde starp studenta atbildēm un sistēmas ziņojumiem; uzdevuma izpildes laikā iegūto datu apstrāde, pamatojoties uz sistēmā izmantojamo algoritmu vērtējuma izlikšanu; vērtējuma formēšana un rezultāta ierakstīšana sistēmas datu bāzē.

Kontroles uzdevumu izpildes vērtēšanai tiek lietoti visdažādākie algoritmi, sākot ar pašiem vienkāršākajiem, kuri ievēro tikai pareizi izpildītos uzdevumus (procentos), vērtējot atsevišķo jautājumu binārajā sistēmā, un beidzot ar sarežģītiem daudzpakāpju algoritmiem, kuros izmanto visus iespējamus pārbaudes parametrus un daudz ballu (daudzpunktu) vērtēšanas sistēmu kā atsevišķiem uzdevumiem, tā arī kontroldarbam kopumā.

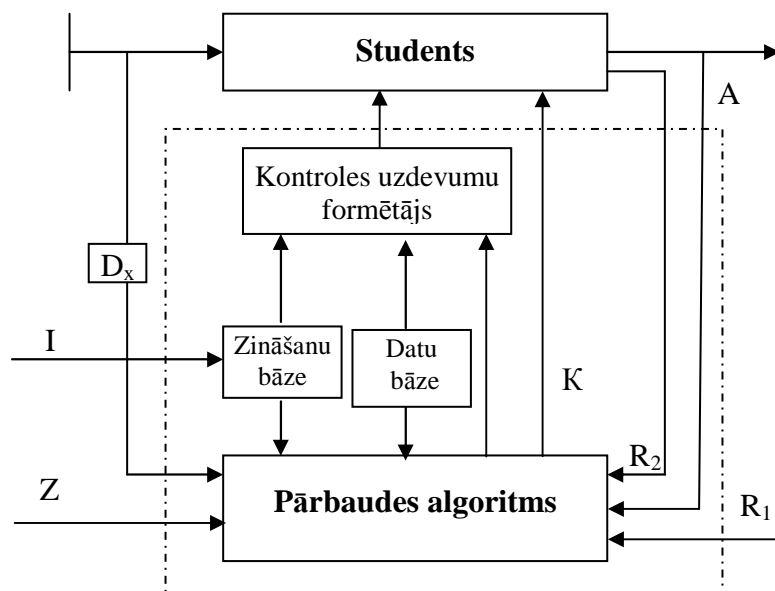
2.4. Pārbaudes novadīšanas metodes un zināšanu vērtēšanas modeļi

Profesors L. Rastrigins ierosināja aplūkot mācīšanās procesu kā sarežģītas sistēmas vadības procesu. Analogiski var arī aplūkot datorizētās zināšanu pārbaudes vadības procesu (2.5. att.).

Bloks “Pārbaudes algoritms” datorizētās zināšanu pārbaudes modelī veic šādas pamata funkcijas:

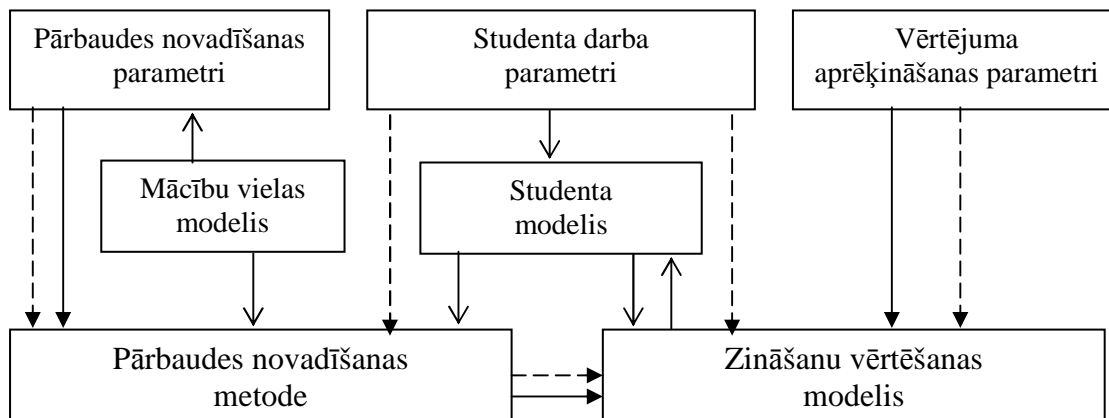
- zināšanu pārbaudes procesa pārvaldība, balstoties uz ZP novadīšanas metodi (metodēm);

- studenta darbības analīze (viņa veikto darbību un atbilžu pareizības pārbaude);
- pārbaudes rezultātu iegūšana (parasti tā izpaužas kā vērtējuma izlikšana studentam).



2.5. att. Datorizētās zināšanu pārbaudes modelis

Pārvaldības bloka „Pārbaudes algoritms” shēma ir parādīta 2.6. attēlā.



2.6. att. Bloka „Pārbaudes algoritms” shēma

Pārbaudes procesā tiek lietoti dažādi ZP parametri (2.4. att.), kas ir saistīti ar zināšanu pārbaudes organizēšanu (novadīšanu), kā arī ar studenta atbilžu pareizības analīzi un vērtējuma izlikšanu

Mācību vielas (MV) modelis ietver sevī mācību objektu kopu (tēmas, kursa sadaļas u. c.) un saites starp tiem. Mācību vielas modelis var būt orientēts grafs $G(V, R)$, kur grafa virsotņu kopa $V = \{v_1, \dots, v_l\}$ atbilst mācību objektiem, bet šķautņu kopa $R = \{r_1, \dots, r_q\}$ - saitēm starp tiem, t. i., $r_{ij} = (v_i, v_j)$.

Studenta modeli (SM) var definēt kā studentu raksturojošu lielumu kopu un šīs kopas apstrādes metožu (noteikumu) sakopojumu. Vispārīgā gadījumā studenta modelis ietver informāciju par:

- apmācības mērķi;
- studenta zināšanām apgūstamā kursa ietvaros (patreizējais stāvoklis);
- mācību vielu izsniegšanas un kontroles uzdevumu izvēles īpatnībām;
- studenta modeļa izmaiņas noteikumiem atkarībā no viņa darba rezultātiem.

Shēmā (2.6. att.) elementi „Mācību vielas modelis” un „Studenta modelis” ne vienmēr tiek izmantoti (dotais gadījums attēlā ir atzīmēts ar pārtrauktu līniju). Tas ir atkarīgs no tā, kāda pieeja tiks realizēta kontroles uzdevumu formēšanai. Piemēram, vienkāršākajās (neadaptīvās) DZP sistēmās mācību vielas modeli un studenta modeli parasti neizmanto.

Jā blokā „Pārbaudes algoritms” tiek plānots lietot visus norādītos elementus, tad var runāt par adaptīvās datorizētās zināšanu pārbaudes organizēšanu.

Adaptīvajā ZP kontroles uzdevumu izsniegšanas secība tiek mainīta pārbaudes procesā, ievērojot studenta atbildes uz jau piedāvātajiem jautājumiem. Zināšanu pārbaudes procesa adaptīvo pārvaldību var organizēt ar studenta modeļa parametru palīdzību, jo:

- sagatavotības līmenis ietekmē piedāvājamo uzdevumu grūtības pakāpi;
- nemierīguma un uztraukuma līmenis nosaka gan atgriezeniskās saites lietošanu, gan komentāru veidu un detalizēšanas pakāpi;
- atmiņas īpatnības nosaka uzdevuma (un kontroldarba kopumā) izpildes laiku;
- studenta atbilde, precīzāk, atbildes pareizība ietekmē nākošā kontroles uzdevuma izvēli u.t.t.

Tādējādi, datorizētās zināšanu pārbaudes process sastāv no trim galvenajiem posmiem:

- 1) jautājumu formēšana zināšanu pārbaudei no glabātajiem DB kontroles uzdevumiem;
- 2) to izsniegšana studentam un viņa atbildes saņemšana, iespējams, ar atgriezenisko saiti;
- 3) vērtējuma izlikšana par pārbaudes rezultātu.

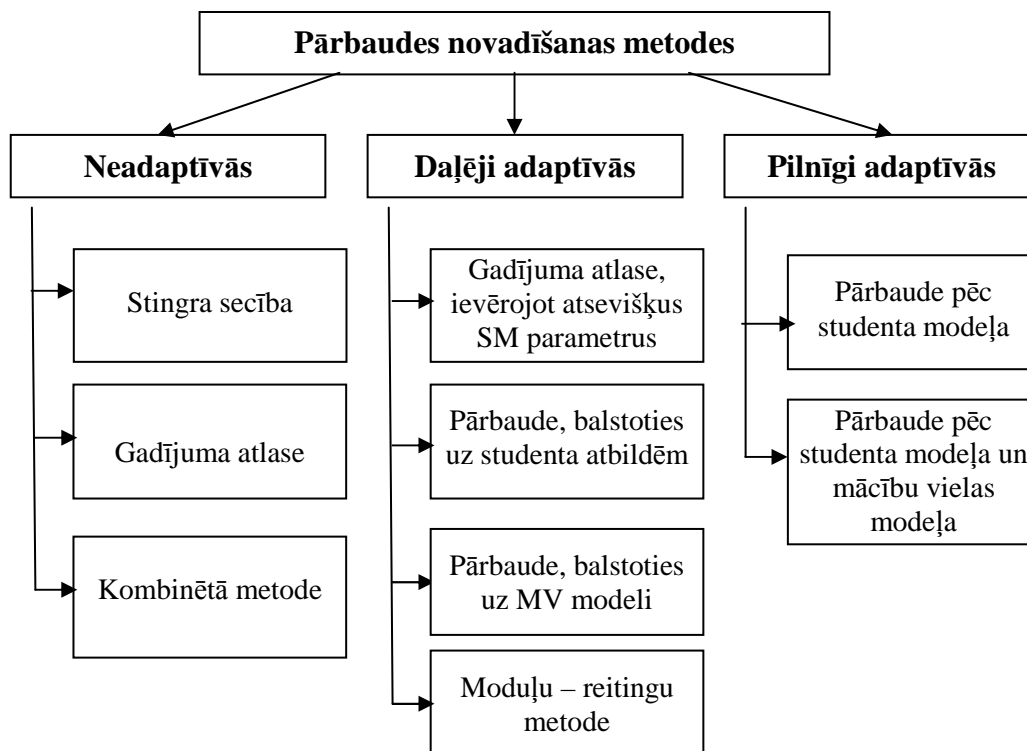
Pirmie divi posmi attiecas uz pārbaudes procesa organizēšanu un adaptīvajā ZP parasti tiek apvienoti. Trešajā posmā, balstoties uz izmantojamo algoritmu (modeli), tiek izskaitļots tieši pārbaudes rezultāta vērtējums.

Tātad, lai vadītu datorizēto zināšanu pārbaudi DZP sistēmā, ir jābūt:

- pārbaudes organizēšanas (novadīšanas) metodēm un modeļiem;
- studenta zināšanu un prasmju noteikšanas un vērtēšanas modeļiem.

Atkarībā no adaptivitātes pakāpes zināšanu pārbaudes novadīšanas metodes var iedalīt trīs klasēs (2.7. att.).

Visām **neadaptīvām** metodēm kopīgs ir tas, ka kontroldarba variants katram studentam parasti tiek veidots līdz pārbaudes sākumam (agrāk vai tieši pirms ZP), t. i., ZP pirmajā posmā, kas, no vienas puses, palielina pārbaudes ātrumu (nav vajadzības meklēt uzdevumu DB un to ielādēt), no otras – ļauj izsniegt uzdevumu divos veidos: pa vienam vai visus uzreiz. Pēdējā gadījumā students pats var izvēlēties uzdevumu izpildes kārtību. Tomēr kontroles uzdevumu izsniegšanas kārtība nav atkarīga no studenta darbībām pārbaudes laikā, kā rezultātā visiem studentiem tiek izsniegti vienādas grūtības jautājumi vai nu fiksēta kopuma veidā, vai gadījuma veidā. Uzdevumu skaits ir vienāds visiem studentiem neatkarīgi no viņu sagatavotības līmeņa.



2.7. Datorizētās zināšanu pārbaudes metožu klasifikācija

Veicot ZP ar **daļēji adaptīvām** metodēm, kontroles uzdevumu skaits un izpildes kārtība vairākumā gadījumu ir dažāda stipriem, vidējiem un vājiem studentiem. Pārbaudes jautājumu skaits ir atkarīgs no studentu sagatavotības līmeņa un vienmēr būs mainīgs lielums. Šajā gadījumā dažādas grūtības kontroles uzdevumu izsniegšana notiek, ievērojot studenta atbildes un/vai balstoties uz zināšanu pārbaudes novadīšanas scenāriju, ko ir sagatavojis autors (mācībspēks). Veidojot kontroles jautājumu kopumu, daļēji adaptīvās metodēs tiek izmantota informācija no studenta modeļa vai mācību vielas modeļa, t. i., šīs grupas metodes tā vai citādi ir saistītas ar mācību vielas struktūru, kā arī ievēro studentu sagatavotības līmeni. Tātad, acīmredzamas ir adaptācijas pazīmes.

Adaptīvās metodes ļauj organizēt katra studenta individuālu pārbaudi, izsniedzot viņam optimālas grūtības pakāpes kontroles uzdevumus un veidojot pārbaudes individuālas stratēģijas katrai atsevišķai tēmai, sadaļai vai kursam kopumā. Pie tam adaptīvās metodes maksimāli izmanto datus no studenta modeļa (piemēram, studenta sagatavotības līmeni, nemierīguma un satraukuma līmeni, atbildes pareizību u. c.) un/vai mācību vielas modeļa (piemēram, savstarpējās saites starp pārbaudāmajiem jēdzieniem u. c.).

Pārbaudes novadīšanas minēto metožu raksturojums ir dots 2.1. tabulā.

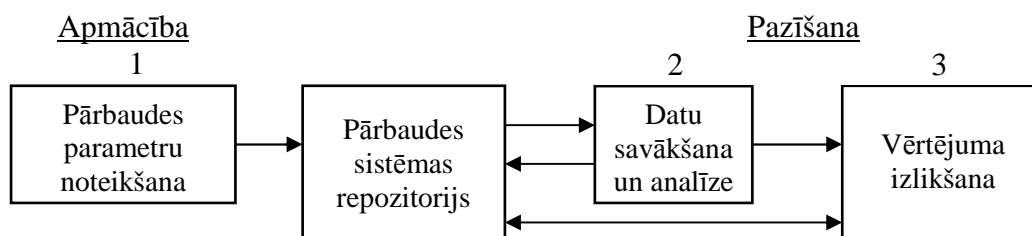
Vērtēšanas problēmas risinājums sastāv no trim galvenajiem posmiem (2.8. att.):

- 1) pārbaudes parametru noteikšana (apmācība), ko izpilda pirms ZP sākumam;
- 2) pārbaudes procesā iegūto datu vākšana, analīze un/vai pārveidošana (pazīšana);
- 3) vērtējuma izlikšana par kontroldarbu pārbaudes beigās (pazīšana).

Pārbaudes novadīšanas metožu galvenie raksturojumi

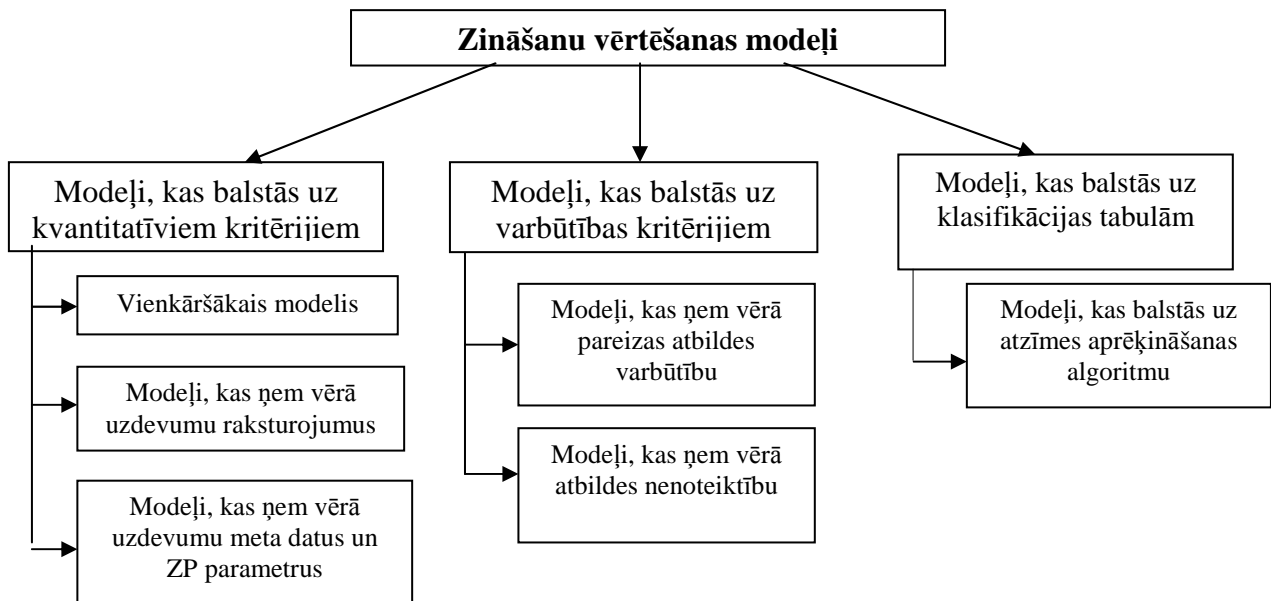
	Pārbaudes novadīšanas metode	Metodes tips	Uzdevumu formēšanas laiks	Izmantojamie modeļi
1	Stingra secība	Neadaptīvā	Līdz pārbaudei	nav
2	Gadījuma atlase	Neadaptīvā	Tieši pirms pārbaudes	nav
3	Kombinētā metode	Neadaptīvā	Tieši pirms pārbaudes	nav
4	Gadījuma atlase, ievērojot atsevišķus studenta modeļa parametrus	Daļēji adaptīvā	Tieši pirms pārbaudes	Studenta modelis: sagatavotības līmenis
5	Pārbaude, balstoties uz studenta atbildēm	Daļēji adaptīvā	Pirms pārbaudes (un pārbaudes procesā)	Studenta modelis: tekošās atbildes
6	Pārbaude, balstoties uz mācību vielas modeli	Daļēji adaptīvā	Pārbaudes procesā	SM, MV: sagatavotības līmenis
7	Moduļu – reitingu metode	Daļēji adaptīvā	Pārbaudes procesā	Studenta modelis: studenta reitings
8	Pārbaude pēc studenta modeļa	Adaptīvā	Pārbaudes procesā	Studenta modelis
9	Pārbaude pēc studenta modeļa un mācību vielas modeļa	Adaptīvā	Pārbaudes procesā	Studenta modelis, mācību vielas modelis

Pirmajā posmā, pēc kontroleksperimenta rezultātiem, tiek noteikti uzdevumu metadati (grūtība, nozīmīgums u.t.t.) un iestatīti zināšanu pārbaudes parametri (jautājumu skaits, uzdevuma izpildei atvēlētais laiks u. c.). Metadati un parametri tiek ievietoti sistēmas repozitorijā (pārbaudes sistēmas repozitoriju veido datu bāze un zināšanu bāze kopā ar studenta modeli) un izmantoti nākošajos posmos. Otrajā posmā, kontroles uzdevumu izpildes laikā, tiek veikta iegūto datu savākšana, analīze un, iespējams, arī iepriekšēja apstrāde. Pēdējā posmā tiek izlikts darbu vērtējums.



2.8. att. Zināšanu vērtēšanas modelis pārbaudē

Atkarībā no tā, kādi vērtēšanas kritēriji tiek izmantoti (kvantitatīvie, varbūtības, klasifikācijas), zināšanu vērtēšanas metodes var iedalīt trīs klasēs, katra no kurām ietver vairākus modeļus (2.9. att.).



2.9. att. Zināšanu vērtēšanas modeļu klasifikācija

2.2. tabulā ir parādīti aplūkotie zināšanu vērtēšanas modeļi un tajos izmantotie parametri. Visas vērtēšanas metodes paredz datu vākšanu par pārbaudes gaitu (tabulā šie parametri ir pasvītroti, pārējie parametri tiek noteikti apmācības posmā, un mācībspēks tos var mainīt pirms ZP uzsākšanas).

Tādējādi, studentu zināšanu vērtēšanai lieto visdažādākos modeļus un algoritmus. Vienkāršākie no tiem ņem vērā tikai pareizi izpildīto uzdevumu skaitu (procentos), vērtējot katru jautājumu binārajā vērtēšanas sistēmā. Sarežģītākie ievēro vairākus kontroles parametrus un realizē daudzballu sistēmu kā atsevišķiem uzdevumiem, tā arī darbam kopumā.

Piedāvātās DZP novadīšanas metožu un vērtēšanas modeļu klasifikācijas var būt lietderīgas zināšanu pārbaudes sistēmu izstrādātājiem un mācībspēkiem ZP organizēšanas un vērtējuma izlikšanas pieejas izvēlei.

2.5. Datorizētās zināšanu pārbaudes organizēšana

Datorizētās zināšanu pārbaudes sistēmu izstrādei ir nepieciešams:

- noteikt plānotās pārbaudes veidu (iepriekšējā, tekošā, robežas, noslēguma);
- formulēt pārbaudes mērķus (piem., zināšanu pārbaude par atsevišķu tēmu vai nodaļu, paliekošo zināšanu pārbaude pēc visa kursa apgūšanas u. t. t.) un uz to pamata izvēlēties pārbaudes saturu;
- ņemot vērā formulēto mērķi, sagatavot mācību vielu, t. i., izstrādāt dažāda tipa un grūtības kontroles uzdevumu (jautājumu) banku studentu zināšanu un prasmju pārbaudei ar dažādiem komentāriem uz studentu atbildēm u. c.;
- izstrādāt zināšanu pārbaudes stratēģiju;
- izvēlēties ZP novadīšanas metodes un vērtēšanas modeļus.

2.2. tabula

Zināšanu vērtēšanas modeļi un izmantotie parametri

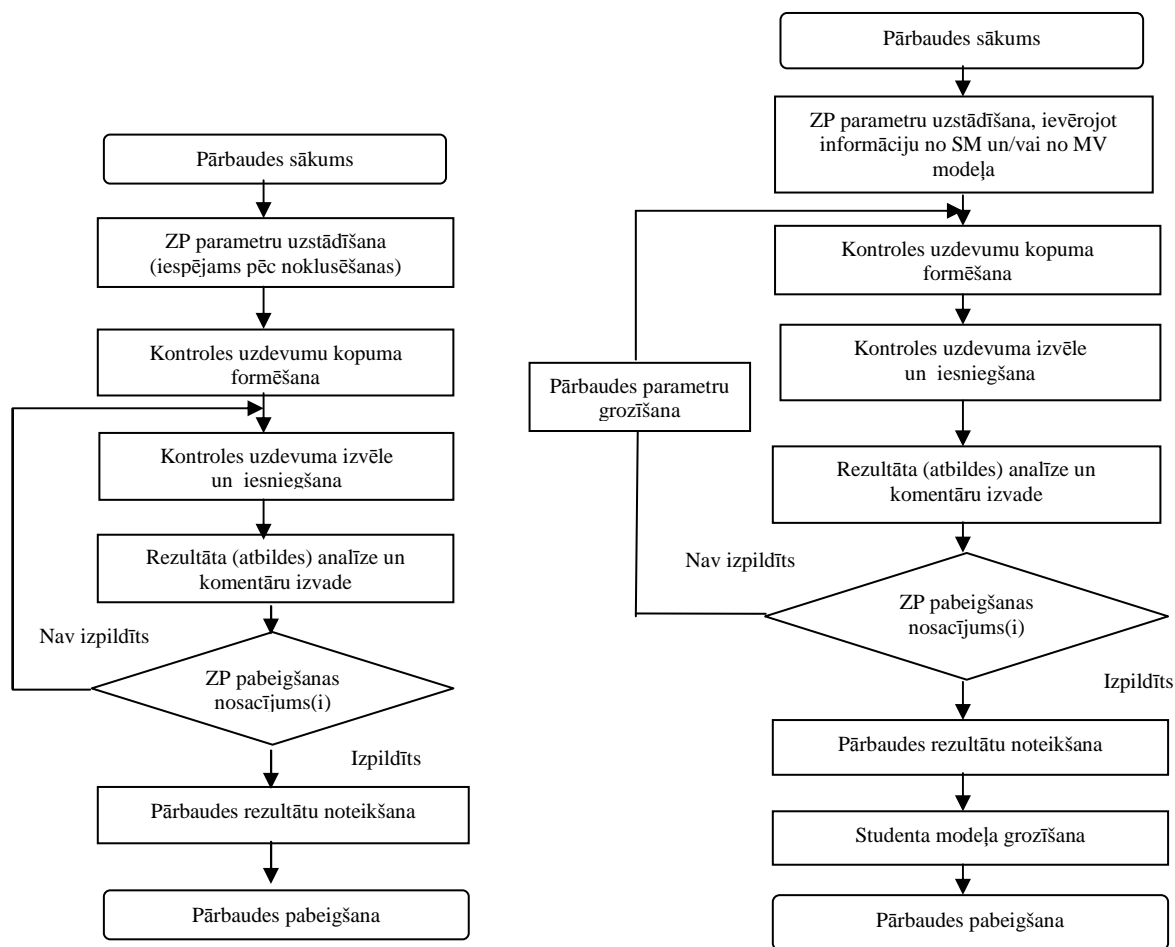
	Vērtēšanas modeļi	Izmantojamie dati	
		Uzdevuma parametri	ZP parametri
1	Vienkāršākais modelis	netiek ievēroti	<u>uzdevumu skaits</u> ; <u>pareizo atbilžu skaits</u>
2	Modelis, kur tiek ņemts vērā alternatīvu skaits	„izvēlnes” tipa uzdevuma alternatīvu skaits	<u>uzdevumu skaits</u> ; <u>pareizo atbilžu skaits</u> ; <u>nepareizo atbilžu skaits</u> ; svara koeficienti; vērtēšanas skala
3	Modelis, kur tiek ņemts vērā atbilžu alternatīvo variantu skaits un vērtēšanas skala	„izvēlnes” tipa uzdevuma alternatīvu skaits	<u>uzdevumu skaits</u> ; maksimālā balle par pareizu atbildi; vērtēšanas skala; robežas vērtības
4	Modelis, kur tiek ņemts vērā uzdevumu grūtības līmenis	grūtības līmenis	<u>uzdevumu skaits</u> ; <u>pareizo atbilžu skaits</u>
5	Modelis, kas balstās uz apgūšanas līmeņiem	grūtības līmenis	<u>pareizi izpildīto būtisko operāciju skaits</u> ; <u>būtisko operāciju kopējais skaits uzdevumos</u>
6	Modelis, kas ir realizēts sistēmā TeachLab CourseMaster	jautājuma svars, jautājuma tips	<u>nepareizi izvēlēto atbilžu skaits</u> ; <u>pareizi izvēlēto atbilžu skaits</u> ; svara koeficienti
7	Modelis, kur tiek ņemts vērā uzdevuma izpildes laiks	uzdevumu vērtīgums; uzdevuma izpildei atvēlētais laiks	<u>pareizo atbilžu skaits</u> ; <u>uzdevuma izpildes laiks</u>
8	Gabaliem-lineāra aproksimācijas metode	grūtība, nozīmība, specifikācija	<u>uzdevumu skaits</u> ; <u>uzdevumu izpildes mēģinājumu skaits</u> ; <u>uzziņu izmantošanas reižu skaits</u> ; <u>uzdevumu skaits, kuru izpildei pārsniegts atvēlētais laiks</u> ; <u>rangs</u> ; robežas vērtības; svara koeficienti
9	Raša modelis	grūtības līmenis	pareizas atbildes varbūtība; nepareizas atbildes varbūtība; zināšanu līmenis
10	Modelis, kas balstās uz aposterioro varbūtību noteikšanu	sarežģītības līmenis	<u>uzdevumu skaits</u> ; <u>pareizo atbilžu skaits</u> ; <u>nepareizo atbilžu skaits</u> ; <u>atbildes laiks</u> ; vērtējuma saņemšanas apriorā varbūtība; robežas vērtības; nenovērtēšanas un pārvērtēšanas risks
11	Algoritms, kas balstās uz vērtējumu aprēķināšanu	netiek ievēroti	<u>uzdevumu skaits</u> ; <u>uzdevumu izpildes mēģinājumu skaits</u> ; <u>uzziņu izmantošanas reižu skaits</u> ; <u>rangs</u> ; vidējā balle; salīdzinājuma precizitāte
12	Modelis, kas balstās uz vērtēšanas etalonu tabulām	netiek ievēroti	<u>pareizi izpildīto uzdevumu skaits</u> ; <u>uzdevuma izpildes laiks</u> ; <u>uzziņu izmantošanas reižu skaits</u> ; kļūdu vektors

ZP stratēģija nosaka kontroles uzdevumu izsniegšanas mehānismu un kritērijus, saistītus ar studenta zināšanu līmeņa vērtēšanu pēc kontroles uzdevumu kopuma izpildes rezultātiem.

Kopumā zināšanu pārbaudes stratēģijas var iedalīt divās grupās (2.10. att.):

- stratēģijas, kas nav atkarīgas no atsevišķu uzdevumu izpildes rezultātiem;

- stratēģijas, kas tiek veidotas pārbaudes laikā un ir atkarīgas no studenta darbībām.



2.10. att. Datorizētās zināšanu pārbaudes novadīšanas shēmas

Stratēģijas izvēle datorizētās zināšanu pārbaudes organizēšanai ir saistīta ar ZP novadīšanas metodes (metožu) un pārbaudes rezultātu vērtēšanas modeļa izvēli.

Lai noteiktu 2.1. tabulā aplūkoto datorizētās zināšanu pārbaudes novadīšanas metožu lietošanas lietderību dažādos ZP veidos (iepriekšējā, tekošā, robežas, noslēguma), tika veikta speciālistu aptauja. Ekspertiem no Latvijas, Krievijas un Ukrainas (ekspertu grupa sastāvēja no 35 speciālistiem datorizētajā apmācībā un zināšanu pārbaudē) tika piedāvāts vērtēt un norādīt tās ZP novadīšanas metodes, kuras ir piemērotas studentu zināšanu iepriekšējās, tekošās, robežas vai noslēguma pārbaudes organizēšanai.

Ekspertu viedokļu statistiskā analīze un apstrāde tika organizēta ar „Delfi” metodi. Iegūtie rezultāti attēloti 2.3. tabulā. Vissvarīgākais ir rādītājs, kuram S_j vērtība ir vismazākā.

Tātad, iepriekšējai un tekošajai pārbaudei ieteicamā metode ir “Pārbaude, kas balstās uz studenta atbildēm” (5), robežas pārbaudei – metode “Pārbaude, kas balstās uz studenta modeli un mācību vielas modeli” (9) un noslēguma pārbaudei ieteicamā metode ir “Pārbaude, kas balstās uz mācību vielas modeli”(6).

Konkordācijas koeficienta W vērtējuma nozīmīguma noteikšanai tika aprēķinātas kritērija χ^2_{eksp} eksperimentālās vērtības katram ZP veidam (2.4. tabula).

2.3. tabula

Eksperimenta rezultātu apstrādes koptabula

ZP veids	ZP metodes, S_j									W
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Iepriekšējā	95,5	98,5	121	174,5	95	257	239,5	233,5	260,5	0,63
Tekošā	250,5	183,5	141,5	83	46	264	165,5	214	227	0,65
Robežas	260,5	287,5	255,5	184,5	207,5	78,5	121	110,5	69,5	0,79
Noslēguma	215	264,5	269	208,5	215,5	57	66,5	163,5	115,5	0,73

Kritērija χ^2_{exp} vērtības katram zināšanu pārbaudes veidam būtiski pārsniedz kritērija χ^2 kritiskās vērtības pie statistiskā nozīmīguma līmeņa $p \leq 0,05$ un $p \leq 0,01$ un brīvības pakāpju skaita $v = n-1$. Līdz ar to hipotēze par ekspertu viedokļu saskaņotību tiek pieņemta.

2.4. tabula

Eksperimentālo datu statistiskās apstrādes rezultāti Pēc kritērija χ^2

ZP veids	W	$\chi^2_{\text{эксн}}$	$\chi^2_{0,05}$	$\chi^2_{0,01}$
Iepriekšējā	0,63	176,71	15,507	20,090
Tekošā	0,65	181,53	15,507	20,090
Robežas	0,79	220,23	15,507	20,090
Noslēguma	0,73	203,94	15,507	20,090

Katram eksperimentam aprēķināto konkordācijas koeficientu vērtības (0,63; 0,65; 0,78; 0,73) ļauj secināt par ekspertu viedokļu pietiekoši augstu saskaņotību.

Ņemot vērā ekspertu aptaujas rezultātu, tika izstrādāti ieteikumi aplūkoto ZP metožu iespējamai lietošanai iepriekšējā, tekošajā, robežas un noslēguma pārbaudē, kurus atspoguļo 2.5. tabula.

Datorizētās zināšanu pārbaudes organizēšanas procesā īpaša uzmanība arī jāpievērš studentu zināšanu vērtēšanas modeļa(-u) izvēlei. Vērtēšanas modeļa lietošanas lietderīgumu var noteikt, izejot no tā, kādi ZP parametri ir izmantoti dotajā modelī, t.i., cik pilnīgu informāciju par studentu un/vai viņa darbu ir paredzēts izmantot datorizētās zināšanu pārbaudes sistēmā.

Ar mērķi noteikt ZP parametru nozīmību vērtējuma aprēķināšanai datorizētajā ZP tika organizēta speciālistu aptauja (ekspertu grupa sastāvēja no 27 speciālistiem datorizētajā apmācībā un zināšanu pārbaudē). Ekspertu viedokļu analīze un anketēšanas rezultātu apstrāde arī tika veikta ar „Delfi” metodi.

Balstoties uz aptaujas rezultātiem tika sastādīta tabula, kurā ir atspoguļots ekspertu viedoklis par katru ZP parametru un aprēķinātas rādītāju (ZP parametru) nozīmīguma vērtības S_j , kā arī izskaitļots konkordācijas koeficients. Konkordācijas

koeficienta vērtība ($W = 0,69$) ļauj izdarīt secinājumu par ekspertu viedokļu pietiekoši augstu saskaņotību.

2.5. tabula

Zināšanu pārbaudes veidi un ZP novadīšanas metodes

ZP veids	ZP novadīšanas metodes	
	Rekomendēts izmantot	Nav vēlams izmantot
Iepriekšējā	- stingra secība; - gadījuma atlase; - pārbaude, kas balstās uz studenta atbildēm	- pārbaude, kas balstās uz studenta modeli un mācību vielas modeli; - pārbaude, kas balstās uz mācību vielas modeli
Tekošā	- pārbaude, kas balstās uz studenta atbildēm	- pārbaude, kas balstās uz mācību vielas modeli; - stingra secība
Robežas	- pārbaude, kas balstās uz mācību vielas modeli; - pārbaude, kas balstās uz studenta modeli un mācību vielas modeli;	- gadījuma atlase
Noslēguma	- pārbaude, kas balstās uz mācību vielas modeli; - moduļu – reitingu metode	- gadījuma atlase; - kombinētā metode

ZP parametru saraksts var būt lietots, lai novērtētu eksistējošos zināšanu vērtēšanas modeļus. Šim novērtējumam tiks izmantots rādītājs Z (2.1.):

$$Z = \sum_{j=1}^n S_j C_j, \quad (2.1.)$$

kur C_j – ir koeficients, kas raksturo konkrēta ZP parametra realizācijas (lietošanas) pakāpi konkrētajā vērtēšanas modelī.

Koeficienta vērtību C_j nosaka mācībspēks vai datorizētās ZP sistēmas izstrādātājs, lai organizētu konkrētu vērtēšanas modeļu analīzi ar mērķi izvēlēties vispiemērotāko studentu zināšanu pārbaudei. Piemēram, var izmantot šādas koeficienta vērtības:

$C_j = 1$ - parametrs raksturo studenta darbu datorizētajā ZP sistēmā (mainīgs lielums) un tiek izmantots tekošā un noslēguma vērtējuma aprēķināšanai;

$C_j = 0,8$ - parametrs tiek izmantots tekošā un noslēguma vērtējuma aprēķināšanai un tā vērtību var definēt kursa autors (mācībspēks);

$C_j = 0,6$ - parametrs tiek izmantots tekošā un noslēguma vērtējuma aprēķināšanai un tā vērtība netiek mainīta pārbaudes procesā;

$C_j = 0,4$ - parametrs tiek izmantots tekošā vērtējuma aprēķināšanai;

$C_j = 0,2$ - parametrs tiek izmantots noslēguma vērtējuma aprēķināšanai;

$C_j = 0$ - ZP parametrs modelī netiek izmantots.

Piešķirot koeficientam $C_j = 1$, var saskaitīt „etalona” modeļa rādītāju Z un konkrēta modeļa atbilstības pakāpi z (2.2.) ideālam (etalonam):

$$z = \frac{Z}{Z_{etalons}} \quad (2.2.)$$

Atbilstības koeficients z atrodas robežās no 0 līdz 1. Jo tuvāk šis koeficients vieniniekam, jo tuvāk ir vērtēšanas modelis ideālam.

Ņemot vērā ekspertu viedokļus par ZP parametru lietošanas nozīmību un koeficienta C_j pieņemtās vērtības, tika izanalizēti iepriekš aplūkoti (2.2. tab.) zināšanu vērtēšanas modeļi ar mērķi noteikt katra modeļa atbilstības pakāpi etalonam. Rezultāti ir parādīti 2.6. tabulā.

Var atzīmēt, kā rādītāja z (2.2.) vērtība ir atkarīga no tā, cik daudz nozīmīgu ZP parametru tiek ievērots pie vērtējuma aprēķināšanas vērtēšanas modelī.

Tādējādi, visvairāk atbilst ideālam modelis, kas ir realizēts sistēmā TeachLab CourseMaster, tad seko gabaliem-lineāra aproksimācijas metode un modelis, kas ievēro kontroles uzdevumu grūtības līmeni. Tas nozīmē, kā šādu modeļu lietošana vērtējuma aprēķināšanai datorizētajā ZP sistēmā būs viss lietderīgākā.

Atsevišķas ZP novadīšanas metodes un vērtēšanas modeļi realizēti RTU Programmatūras izstrādes tehnoloģijas profesora grupā izstrādātajās mācību mērķiem paredzētajās sistēmās: elektroniskajā mācību grāmatā „Iemācies HTML no nulles”, universālajā elektroniskajā mācību grāmatā un datorizētās apmācības sistēmā (DAS). Šīs sistēmas sekmīgi tiek lietotas RTU mācību procesā, t. i., ar izstrādāto datorizēto sistēmu palīdzību var organizēt studentu zināšanu pārbaudi visos mācību procesa posmos, līdz ar to būtiski atvieglojot mācībspēku darbu un samazinot laika patēriņu mācību vielas sagatavošanai, ka arī nodrošinot zināšanu pārbaudes un vērtēšanas objektivitāti.

3. DARBA REZULTĀTI

Promocijas darbā ir izpētītas un izanalizētas datorizētās zināšanu pārbaudes sistēmas, tās projektēšanas un izveides vispārīgie principi, balstoties uz datorizētās zināšanu pārbaudes novadīšanas metodēm un vērtējuma aprēķināšanas modeļiem.

Promocijas darba pamatrezultāti:

1. Balstoties uz eksistējošo datorizētās mācīšanās un ZP sistēmu pētīšanu un analīzi, tika atzīmētas DZP sistēmu globālās problēmas, proti, vairākas sistēmas bieži ir izveidotas, neievērojot prasības šīs klases sistēmām: vairākas lietotāju kategorijas (apmācāmais, mācībspēks u.c.); adaptācija apmācāmajam, balstoties uz tā modeli; pedagoģisko metožu lietošana sistēmu izstrādē utt.
2. Pamatojoties uz dažādu pedagoģisko literatūru un avotu analīzi, tika aplūkoti un noteikti studentu zināšanu un prasmju pārbaudes uzdevumi pedagoģiskajā procesā, kurus arī ir nepieciešams ievērot datorizētās zināšanu pārbaudes sistēmu projektēšanā un izveidē;
3. Zināšanu pārbaudes organizēšanas un novadīšanas problēma DZP sistēmās tika izpētīta no metodisko un tehnisko aspektu viedokļa. Tā:
 - izcelti četri pārbaudes veidi - iepriekšējā, tekošā, robežas, noslēguma, kā arī aprakstīti katras ZP veida mērķi un risināmie uzdevumi;
 - izstrādāta kontroles uzdevuma struktūra, kā arī definēti 17 uzdevumu tipi un to raksturojumi;
 - aplūkotas pamatpieejas kontroles uzdevumu kopuma formēšanai – stingra secība, gadījuma atlase, pēc apmācāmā izvēles, adaptīvā pieeja;
 - piedāvāta datorizētās zināšanu pārbaudes parametru klasifikācija;
 - izcelti kontroles uzdevuma dzīves cikla posmi un aplūkota uzdevumu izpildes vērtēšanas shēma;
 - balstoties uz ap.70 eksistējošo DZP sistēmu analīzi, tika konstatēts, ka tikai 9% sistēmās tiek realizēta adaptīvā pieeja kontroles uzdevumu kopuma formēšanai ZP organizēšanā (gadījuma atlase – 61%, stingra secība – 30%); vairākums sistēmu ietver tikai „izvēlnes” tipa kontroles uzdevumus – 50% (atklātā tipa jautājumi – 38%, citi – 12%); visizplātītākie atbilžu veidi ir „izvēle” (32%) un viena vārda ievade (17%).
4. Pamatojoties uz pētījumu rezultātiem tika definēti DZP sistēmu projektēšanas un izveides vispārīgie principi: noteikt plānotās pārbaudes veidu (iepriekšējā, tekošā, robežas, noslēguma); formulēt pārbaudes mērķus (piem., zināšanu pārbaude par atsevišķu tēmu, nodaļu vai kursu kopumā) un uz to pamata izvēlēties pārbaudes saturu; ņemot vērā formulēto mērķi, sagatavot mācību vielu, t. i., izstrādāt dažāda tipa un grūtības kontroles uzdevumu (jautājumu) kopumu studentu zināšanu un prasmju pārbaudei ar dažādiem komentāriem uz studentu atbildēm u. c.; izstrādāt zināšanu pārbaudes stratēģiju un izvēlēties vērtēšanas sistēmu.
5. Balstoties uz eksistējošās datorizētās zināšanu pārbaudes novadīšanas metožu un vērtēšanas modeļu analīzi:
 - izstrādāta ZP novadīšanas metožu klasifikācija atkarībā no to adaptivitātes pakāpes, t. i., izceltas trīs metožu klases (neadaptīvās, daļēji adaptīvās, pilnīgi adaptīvās), kā arī izstrādāti un aprakstīti ZP novadīšanas metožu grupu matemātiskie modeļi;

- izstrādāta studentu zināšanu vērtēšanas metožu un modeļu klasifikācija atkarībā no tajos izmantotajiem vērtēšanas kritērijiem un atzīmētas izpētīto modeļu pozitīvās īpašības un trūkumi;
 - ar ekspertu vērtējumu metodēm tika noteiktas visvairāk un vismazāk piemērotās ZP novadīšanas metodes studentu zināšanu dažādu veidu datorizētai pārbaudei, kā arī tika noteikti visnozīmīgākie ZP parametri zināšanu vērtēšanai DZP sistēmās.
6. Tika izstrādāti ieteikumi ZP novadīšanas metožu lietošanai dažādos zināšanu pārbaudes veidos un vērtēšanas modeļa pamatotai izvēlei vērtējuma izlikšanai DZP sistēmu izstrādē. Ieteikumi būs lietderīgi DZP sistēmu izstrādātājiem un/vai mācībspēkiem piemēroto metožu un modeļu pamatotai izvēlei studentu zināšanu pārbaudes un vērtēšanas organizēšanā.
 7. Dažas ZP metodes un modeļi tika realizēti izstrādātajās datorizētās mācīšanās un zināšanu pārbaudes sistēmās, kas tiek lietotās RTU mācību procesā.

Galvenais darba sasniegums un atšķirība no citiem pētījumiem šajā virzienā ir tas, ka piedāvāta sistēmas pieeja ZP metožu un modeļu analīzei, metodes un modeļi klasificēti atkarībā no to adaptācijas nodrošināšanas pakāpes un detalizēti aprakstīti. Tas dod iespēju DZP sistēmu izstrādātājam pamatoti izvēlēties metodes un modeļus šīs klases sistēmu projektēšanā un izveidē.

4. DARBA APROBĀCIJA

4.1. Uzstāšanās konferencēs

1. The First International Conference “Information Technologies in Education for All” (ITEA - 2006), Ukraine, IRTC - Kiev 2006.
2. International Scientific and Practical Conference “Information Technologies In Continuing Education” (Secondary-Higher Education Transition), June 8-10, 2005, Kazan.
3. XV International Conference Exhibition “Computer Technology in Education” (“ИТО-2005”), November 6-11, 2005, Moscow.
4. XVI International Conference “New Computer Technology in Education” (“NCTE-2005”), June 28-29, 2005, Troitsk.
5. IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2002). Kazan, Tatrstan, Russia, 9-12 September 2002.
6. Международная конференция «Образование и виртуальность – 2001». Ялта, Украина, 2001 год сентябрь.
7. RTU starptautiskā zinātniskā konference. Rīga, 2004. gada 14. – 16. oktobrī.
8. RTU starptautiskā zinātniskā konference. Rīga, 2003. gada 9.-11.oktorbī.
9. RTU starptautiskā zinātniskā konference. Rīga, 2001. gada oktobris.
10. RTU starptautiskā zinātniskā konference. Rīga, 2000. gada oktobris.

4.2. Publikācijas

1. Popko V., Prokofjeva N. Elektroniskās mācību grāmatas izstrāde // RTU zinātniskie raksti. 5. sērija. Datorzinātne. Lietišķās datorsistēmas. 18. sējums. - Rīga: RTU, 2004. - 103. - 110. lpp.
2. Prokofjeva N. Datorizētās zināšanu pārbaudes metodiskie aspekti // RTU zinātniskie raksti. 5. sērija. Datorzinātne. Lietišķās datorsistēmas. 17. sējums. - Rīga: RTU, 2003. - 103. - 108. lpp.
3. Prokofjeva N. Datorizētās zināšanu pārbaudes stratēģijas // RTU zinātniskie raksti. 5. sērija. Datorzinātne. Lietišķās datorsistēmas. 26. sējums. - Rīga: RTU, 2006. - 124. - 131. lpp.
4. Prokofjeva N. Zināšanu pārbaudes modeļi un metodes // RTU zinātniskie raksti. 5. sērija. Datorzinātne. Lietišķās datorsistēmas. 22. sējums. - Rīga: RTU, 2005. - 131. - 139. lpp.
5. Prokofjeva N. Computer knowledge control models and methods // Proceedings of First International Conference “Information Technologies in Education for All” (ITEA - 2006), Ukraine, IRTC - Kiev. - 2006. - p. 231 - 240.
6. Zaiceva L., Kuplis U., Prokofjeva N. Apmācība internēt vidē // RTU zinātniskie raksti. 5. sērija. Datorzinātne. Lietišķās datorsistēmas. 3. sējums. - Rīga: RTU, 2000. - 33. - 45. lpp.
7. Zaiceva L., Prokofjeva N. Zināšanu pārbaude tālmācībā. // RTU zinātniskie raksti. 5. sērija. Datorzinātne. Lietišķās datorsistēmas. 8. sējums. - Rīga: RTU, 2001. - 156. - 162. lpp.

8. 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.
9. Зайцева Л.В., Новицкий Л.П., Прокофьева Н. О. Контроль знаний обучаемых с помощью методов линейно-кусочной аппроксимации и вычисления оценок // Методы и средства кибернетики в управлении учебным процессом высшей школы. – Рига: Риж. Политехн. ин-т, 1989. - 39. - 48. с.
10. Зайцева Л.В., Прокофьева Н. О. Модели и методы адаптивного контроля знаний // Educational Technology & Society. - Nr. 7(4), 2004 ISSN 1436-4522 (международный электронный журнал). / Интернет. - http://ifets.ieee.org/russian/depository/v7_i4/html/1.html
11. Зайцева Л.В., Прокофьева Н. О. Проблемы компьютерного контроля знаний // Proceedings. IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2002). 9-12 September 2002. Kazan, Tatrstan, Russia, 2002. - 102. - 106. с.
12. Прокофьева Н. Модели и методы компьютерной оценки знаний обучаемых // Материалы Международной научно-практической конференции “Информационные технологии в многоуровневой системе образования”. - Казань: ЗАО «Новое знание», 2005. - 139. - 143. с.
13. Прокофьева Н. Алгоритмы оценки знаний при дистанционном обучении // Образование и виртуальность - 2001. Сборник научных трудов 5-й Международной конференции. - Харьков - Ялта: УАДО, 2001. - 82. - 88. с.
14. Прокофьева Н. Методы контроля знаний при компьютерном обучении // Образование и виртуальность - 2005. Сборник научных трудов 9-й Международной конференции. - Харьков - Ялта: УАДО, 2005. - 273. - 277. с.
15. Прокофьева Н. Вопросы организации компьютерного контроля знаний // Educational Technology & Society. - Nr.9(1), 2006 ISSN 1436-4522 (Международный электронный журнал) / Интернет. - http://ifets.ieee.org/russian/depository/v9_i1/html/6.html