

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultāte

Lietišķo datorsistēmu institūts

Jānis Dāboliņš

Doktora studiju programmas “Datorsistēmas” doktorants

**INTELEKTUĀLA MĀCĪBU SISTĒMA
DATORIZĒTĀS PROJEKTĒŠANAS SISTĒMU
LIETOJUMA NOVĒRTĒŠANAI**

Promocijas darbs

Zinātniskais vadītājs

Profesors *Dr. habil. sc. ing.*

JĀNIS GRUNDSPENĶIS

RTU Izdevniecība

Rīga 2019



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

This work has been supported by the European Social Fund within the project “Support for the implementation of doctoral studies at Riga Technical University”.

ANOTĀCIJA

Jānis DĀBOLIŅŠ „*Intelektuāla mācību sistēma datorizētās projektēšanas sistēmu lietojuma novērtēšanai*” [Promocijas darbs] Rīgas Tehniskā universitāte, DITF, LDI, Rīga – 2019. – 151 lpp.

Promocijas darbā aprakstīta pieeja, kas ļauj sekot apmācāmā darbībām (un analizēt tās) datorizētās projektēšanas sistēmu (CAD) lietojuma laikā, dots ieskats datorizētās projektēšanas problemātikā, pamatota veikto pētījumu aktualitāte, formulēts darba mērķis un uzdevumi, aprakstīti teorētiskie un praktiskie rezultāti, raksturota darba aprobācija. Darbā aprakstītas un analizētas datorizētās projektēšanas apmācības un tās aspekti. Tajā aprakstīts tradicionāls un ar tehnoloģijām atbalstīts mācību process ar mērķi analizēt datorizētās projektēšanas apmācību un zināšanu vērtēšanas nodrošinājumu, identificēt problēmas apmācības procesā darbam ar CAD sistēmu, secināts, ka ar tehnoloģijām atbalstīts mācību process veicinātu šo problēmu risinājumu. Promocijas darbā apskatītas intelektuālas mācību sistēmas, to uzbūve un realizācija, apskatīti intelektuālu mācību sistēmu moduļi ar mērķi izprast intelektuālu mācību sistēmu lietojumu apmācībā. Šāda analīze ļauj izvirzīt prasības intelektuālai mācību sistēmai datorizētās projektēšanas sistēmu apmācībai. Kā galvenā problēma apmācības procesā darbam ar CAD sistēmu un apmācāmo rezultātu novērtēšanā identificējams informācijas trūkums par apmācāmā darbībām uzdevumu izpildes laikā. Tā kā pasniedzējs izsniedz uzdevumu, bet students to izpilda un iesniedz rezultātu tad pasniedzējs iegūst informāciju tikai par apmācāmā darba rezultātiem, bet ne procesu. Pasniedzējam ir grūti (pat neiespējami) analizēt veiktā darba efektivitāti – lietoto rīku/funkciju atbilstību darba uzdevumam, procesa secīgumu un lietderīgumu.

Pamatojoties uz veiktajiem pētījumiem, darba ietvaros ir piedāvāta datorizētās projektēšanas sistēmu lietojuma novērtēšana. Dots šīs pieejas īstenojums intelektuālā mācību sistēmā, aprakstot to, specificējot sistēmas prasības, arhitektūru, moduļus, datubāzi un realizācijas pieeju. Izveidotā sistēma ļauj risināt projektēšanas sistēmu lietojuma novērtējuma problēmas: eksperts tiek informēts par apmācāmā darbībām uzdevumu izpildes laikā, t.i. par uzdevuma izpildes procesu.

Promocijas darba rezultāti un secinājumi ir apkopoti darba noslēguma nodaļā.

Promocijas darbs sastāv no 4 pamatnodaļām, ievada, rezultātiem un secinājumiem, tajā iekļauta skaidrojumu un saīsinājumu vārdnīca, kā arī attēlu un tabulu saraksts. Darba apjoms ir 141 lappuse pamatsadaļās, 151 lappuse kopā ar pielikumiem, darbā ir 54 attēli, 6 tabulas, 4 pielikumi un literatūras saraksts, kas satur 130 vienumus.

ANNOTATION

Jānis DĀBOLIŅŠ „*Intelligent tutoring system for assessment of usage of computer aided design systems*” [Dissertation/Thesis] Riga Technical University, DITF, IACS, Riga – 2019. – 151 pp. The thesis describes the approach that allows to follow (and analyze) the learner's activities during the use of computer-aided design systems (CAD), gives an insight into the range of problems, the topicality of the research, lays out the purpose and tasks of the study, describes theoretical and practical results and describes approbation of the system elaborated. Computer aided design training and its aspects are described and analyzed in the paper. It looks at a traditional and technology-supported learning process aimed at analyses of teaching CAD and provision of knowledge assessment, as well as identification of problems in the CAD system training process. It was concluded that technology-supported learning process would contribute to solving these problems. The study examines intelligent tutoring systems, their structure and implementation, discusses modules of intelligent tutoring systems with the aim of understanding the use of such systems in the training. An analysis allows setting requirements for the intelligent tutoring system in the CAD system training. As the main problem in the use of CAD systems and in the assessment of learner's results, there is an identifiable lack of information about the learner's actions during execution of his/her tasks. Since an instructor issues an assignment, a student executes it and submits the result then the instructor acquires information only about the results of the learner's work, but not about the process itself. It is difficult (even impossible) for him to analyze the efficiency of the work performed – compliance of the tools/ functions used for the execution of the task, the sequence of the process, and its practicability.

Based on the study carried out, approaches for assessment of the use of computer-assisted design systems were offered for implementation within the framework of the study. Implementation of this approach in the intelligent tutoring system was given, describing it by specifying system requirements, architecture, modules, database and approach for implementation. The created system allows solving assessment problems of the use of CAD systems: an expert is being informed about activities of the learner during the execution of the tasks, that is, the process of task completion.

The results and conclusions of the study are summarized in the final section of the paper.

Thesis includes 4 chapters, introduction, and conclusions, the glossaries of explanations and abbreviations, as well as a list of images and tables are included. The main part of the dissertation contains 141 pages, 151 pages with appendixes included, 54 figures and 6 tables, 4 appendixes and bibliography which include 130 sources.

SKAIDROJUMI, SAĪSINĀJUMI

apmācāmais – cilvēks, kurš mācās, pārņem zināšanas un prasmes. Promocijas darbā šis termins tiek lietots kā sinonīms vārdiem „students”, „skolnieks”.

datorizētā projektēšana – Computer Aided Design (CAD) – datoru izmantošana tehnisku izstrādņu, t.sk. drukāto shēmu un integrēto shēmu projektēšanai. Datorizētas projektēšanas sistēmas parasti strādā dialogrežīmā un izmanto konkrētās nozares objektu izstrādei izveidotu speciālu programmatūru, grafikas ievadizvadi, skenerus un citas perifērijas ierīces [1].

datorizētā projektēšana un datorizētā ražošana – Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM) – Vispārināts nosaukums pētījumu un izstrādņu virzienam integrētu automatizētu projektēšanas un ražošanas vadības sistēmu jomā. Datoru lietošana ražošanā, piem., tehnoloģisko procesu vadībā, materiālu uzskaites un sadales, operatīvās plānošanas u.c. darbu automatizācijā [1].

didaktika – mācību teorija, kas pēta izglītības un mācību procesa teorētiskos pamatus – vispārējās likumības, mērķus, metodes, līdzekļus, rezultātus.

dimensija – 1. Mērījums, izmērs, mērījams lielums (garums, platums, augstums). Fizikāla lieluma pamatvienību kombinācija (piem., laukuma dimensija ir cm^2 , ātruma dimensija cm/s) [1] (skat. dimensionalitāte) 2. Savstarpēji perpendikulārie izplatības virzieni.

divdimensiju (2D) – plaknes vide (planimetriska), kurā visi objekti raksturojami ar divām koordinātu vērtībām (atbilstoši ortogonālai Dekarta koordinātu sistēmai x un y asis, atbilstoši polārai koordinātu sistēmai leņķis ϕ vai θ un attālums no sākumpunkta r).

ekspertsistēma – mākslīgā intelekta datorprogramma, kas izmanto zināšanas, lai risinātu problēmas, kur parasti nepieciešama ekspertu līdzdalība. No ekspertiem un sekundārajiem zināšanu avotiem iegūtās zināšanas atspoguļo, izmantojot matemātisko loģiku un cēloņseku likumus [1].

heiristika – izcelsme: sengrieķu heuriskein ‘atrast’. 1. Zinātne par cilvēka radošās darbības īpatnībām un likumsakarībām. 2. Kibernētikas nozare, kas pētī cilvēka intelektuālo spēju atveidošanas iespējas. 3. Mācīšanas metode, kas balstās uz palīgjaudājumu un uzvedinošu jautājumu uzdošanu [1].

indikators - viena vai vairākas reģistra pozīcijas, kas atspoguļo datora ierīču stāvokļu vai datu izmaiņu datu apstrādes procesu izpildes laikā, kā arī norāda uz atsevišķas programmas izpildi.

kompetence – 1. lietpratība, plašas zināšanas, profesionāla pieredze, izpratne (kādā jautājumā, jautājumu kopumā); speciālista darbības joma (angļu: *competence, competences*); 2. piekritība, tiesīgums (kādā jautājumā, jautājumu kopumā), pilnvaru kopums (piemēram, iestādei, tās vadītājam); sfēra, par ko uzdota atbildība, ņemot vērā personas izglītību, spējas, zināšanas un pieredzi attiecīgajā jautājumā (angļu: *competency, competencies*) [3].

kompetenču pieeja – kompetenču pieeja jeb uz kompetencēm balstīta cilvēkresursu vadīšana ir pieeja personāla vadīšanā (angļu: *competency-based human resource management*), kas, pretstatā tradicionālajai - uz darba saturu jeb amata aprakstiem un formālām kvalifikācijas prasībām balstītajai personāla vadīšanas pieejai, uzmanības centrā izvirza prasmes un īpašības, kas nodrošina izcilu darba izpildi [2].

kompetenču vērtēšana - kompetenču noteikšanai tiek izmantotas dažādas metodes, ar kuru palīdzību nosaka svarīgākās prasības konkrētai amatu grupai vai struktūrvienībai. Tās var noskaidrot tikai pēc tam, kad ir noteiktas darba sastāvdaļas (piemēram, pienākumi, uzdevumi, darba apstākļi, darba līdzekļi u.c.). Konkrētas kompetenču noteikšanas metodes izvēle ir stratēģisks lēmums [2]. Darbā izmantotā uzvedības vērtēšanas pieeja modificēta uzvedību vērtējot nevis aptaujas veidā bet tieši pēc padarītā. Competence, atšķirībā no prasmes, tiek vērtēta ne tikai kā konkrētu darbību izpildes spēja, bet arī uzvedība, rīcība (angļu: *behavioral*).

konceptija – 1. Noteiktā sistēmā apkopoti uzskati par kādām parādībām, procesiem. 2. Vienīgais pareizais nodoms, kā sasniegt kādu mērķi, piem., uzlabot preču kvalitāti, veikt saimniecisko darbību, tirgvedību [4].

koordinātas – skaitļi, kas raksturo punkta stāvokli plaknē (abscisa un ordināta), uz jebkuras virsmas vai telpā. Sakārtota (parametru) sistēma, kas nosaka objekta atrašanās vietu telpā. Punkta atrašanās vietas noteikšanai biežāk lietotās ir Dekarta koordinātas, polārās koordinātas (plaknē), cilindriskās koordinātas u.c. [1].

mācību saturs – sistematizēts sniedzamās informācijas, apgūstamo zināšanu, attīstāmo prasmju, iemaņu un attieksmju kopums, kas var pieņemt dažādas formas, tādas kā teksts, skaņas, video, animācija, imitācija, u.c., un ko apmācāmais apgūst mācību procesā.

mākonis – iepriekš nenoteikta datoru tīkla daļa, pa kuru dati tiek pārsūtīti, izmantojot, piemēram, kādu no protokolu saimes "TCP/IP" bezsavienojumu protokoliem.

paradigma – 1. Atšķirīgu vienību, parādību kopums, kurš grupēts pēc noteikta principa, noteiktas pazīmes un kura elementi ir savstarpēji saistīti vertikālā un horizontālā

plaknē. 2. Konceptuāla pamatshēma, uzskatu sistēma pētniecisku uzdevumu risināšanai. Paradigma parasti ir vienota, pabeigta un aptver attiecīgās vienības, parādības pilnībā.

pielāgošanās spēja – sistēma pielāgo mācību saturu, reaģējot uz apmācāmā zināšanu izmaiņām sistēmas lietošanas laikā

platforma - datora aparatūras uzbūves pamatprincipi, kas nosaka izmantojamās sistēmas programmatūras veidu, vai arī sistēmas programmatūra, kas nosaka datora lietojumprogrammatūru. Izšķir aparatūras un programmatūras platformas.

protokols - formalizēta semantisko un sintaktisko noteikumu kopa, kas nosaka datu apstrādes sistēmas vai datoru tīkla funkcionālo bloku darbību datu apmaiņas procesā.

skolotājs - cilvēks, no kā mācās vai kas māca un palīdz apgūt zināšanas, vada mācību procesu. Promocijas darbā šis termins tiek lietots kā sinonīms vārdiem „lektors”, „pasniedzējs”, „docētājs”.

trīsdimensiju (3D) – telpiska vide (stereoskopiska), kurā visi objekti raksturojami ar trīs koordinātu vērtībām (atbilstoši ortogonālai Dekarta koordinātu sistēmai x , y un z asis, atbilstoši cilindriskai koordinātu sistēmai leņķis φ vai θ un attālums no sākumpunkta r un augstums h , kas ir perpendikulārs xy plaknei).

ATTĒLU SARAKSTS

1.1.att. Datorizētās projektēšanas process, adaptēts no [13]	21
1.2.att. Mācīšanās atveidojums	22
1.3.att. Didaktiskais trīsstūris, adaptēts no [23]	24
1.4.att. Apakškopu attieksmes starp dažādiem ar tehnoloģijām atbalstīta mācību procesa veidiem [30]	26
1.5.att. Uzdevumu paraugi, pēc [60]	33
2.1.att. Mācību procesa salīdzinājums – tradicionālais un ar tehnoloģijām atbalstīts	37
2.2.att. CAD/CAM sistēmu apguves posmi [72]	40
2.3.att. Intelektuālas mācību sistēmas uzbūve [78,79]	41
2.4.att. Vispārīga aģenta shēma, adaptēts no [86]	46
2.5.att. Atgriezeniskā saite uzdevuma izpildes laikā [114]	50
2.6.att. Atgriezeniskā saite mācību sistēmā.....	53
2.7.att. Zināšanu pārbaudes aktivitāšu diagramma	54
3.1.att. Komandu/funkciju/rīku attēlošanas iespējas CAD/CAM sistēmās.....	59
3.2.att. Grafisko uzdevumu veikšanas struktūra	60
3.3.att. IMS DPSLN studenta un eksperta moduļu darbības detalizācija	61
3.4.att. IMS DPSLN arhitektūra.....	63
3.5.att. Refleksu aģenta vispārīga shēma, adaptēts no [86].....	64
3.6.att. Aģenta, kas seko līdzi izmaiņām pasaulē, vispārīga shēma, adaptēts no [86]	65
3.7.att. Aģentu sadarbības shēma	67
3.8.att. Saskarnes aģenta darbības shēma.....	68
3.9.att. Darbību sekošanas aģenta darbības shēma.....	69
3.10.att. Zināšanu novērtēšanas aģenta darbības shēma	71
3.11.att. Uzdevumu piešķiršanas aģenta darbības shēma.....	71
3.12.att. IMS DPSLN darbības algoritms	73
3.13.att. IMS DPSLN datu bāzes saturs	75
3.14.att. IMS DPSLN datu bāzes struktūra	77
3.15.att. Uzdevums ēkas plāna ārējai līnijai, īstenots AutoCAD	82
3.16.att. Uzdevuma izpildes 1.piemērs, īstenots AutoCAD [123]	82
3.17.att. Uzdevuma izpildes 2.piemērs, īstenots AutoCAD [123]	83
3.18.att. Uzdevuma izpildes novērtējuma process [72]	89

3.19.att. IMS DPSLN darbības blokshēma [72].....	91
3.20.att. CAD/CAM sistēmu darba logu piemēri.....	92
3.21.att. Sistēmas darbību secība	93
3.22.att. IMS DPSLN saskarnes uzmetums (skice) [124].....	97
3.23.att. IMS DPSLN versijas atjaunošanas shēma	100
4.1.att. Autorizācija IMS DPSLN	104
4.2.att. Reģistrācija IMS DPSLN	105
4.3.att. Darba uzsākšana pēc autorizācijas IMS DPSLN	106
4.4.att. Darbību sekošanas aģenta informācija par darbībām IMS DPSLN.....	106
4.5.att. Zināšanu novērtēšanas aģenta informācija par izpildīto uzdevumu IMS DPSLN.....	107
4.6.att. Darbību sekošanas aģenta informācija uzdevuma pārvaldīšanai IMS DPSLN	108
4.7.att. Darbību sekošanas aģenta informācija CAD/CAM sistēmu pārvaldīšanai IMS DPSLN	108
4.8.att. Aģenta informācija – atgriezeniskā saite IMS DPSLN.....	109
4.9.att. Eksperta darbs ar sistēmu – uzdevuma izpildes uzsākšana.....	110
4.10.att. Eksperta darbs ar sistēmu – funkciju pievienošanas režīms	110
4.11.att. Uzdevuma izveide – nosaukums, apraksts, funkciju saraksts	111
4.12.att. Apmācāmā darbs ar sistēmu – uzdevuma izpildes uzsākšana.....	112
4.13.att. Darbību sekošanas aģenta ierakstītais operāciju saraksts	113
4.14.att. Paziņojums par darbību korekcijas nepieciešamību – atgriezeniskā saite	113
4.15.att. Informācija – paziņojums par nepabeigtu uzdevumu	114
4.16.att. Uzdevuma novērtējums.....	114
4.17.att. Atgriezeniskā saite – papildus uzdevums.....	115
4.18.att. Lietošanas gadījumu diagramma.....	115
4.19.att. Rasējuma paraugs uzņēmuma darbinieku zināšanu pārbaudei darbā ar CAD/CAM sistēmām.....	120

TABULU SARAKSTS

2.1.tabula Informācijas sniegšanas veidu salīdzinājums	51
3.1.tabula Grafiskie vienumi un to izveides varianti CAD/CAM sistēmās	79
3.2.tabula Izveidotā uzdevuma analīze	83
3.3.tabula Informācija lietotājam (iesniedzot uzdevumu)	87
4.1.tabula Apmācāmo IMS DPLSN rezultātu apkopojums	116
4.2.tabula Darbību un laika apkopojums, uzskaitīts ar IMS DPSLN.....	121

SATURS

ANOTĀCIJA	3
ANNOTATION	4
SKAIDROJUMI, SAĪSINĀJUMI.....	5
ATTĒLU SARAKSTS	8
TABULU SARAKSTS	10
IEVADS.....	13
1. DATORIZĒTĀS PROJEKTĒŠANAS SISTĒMU LIETOTĀJU APMĀCĪBA	21
1.1. Tradicionālais mācību process.....	23
1.2. Ar tehnoloģijām atbalstīts mācību process.....	25
1.3. Datorizētās projektēšanas apmācību un zināšanu vērtēšanas nodrošinājums ..	28
1.3.1. Šobrīd pieejamais mācību procesa nodrošinājums	28
1.3.2. Šobrīd pieejamais zināšanu vērtēšanas nodrošinājums	30
1.3.3. Mācību procesa un zināšanu vērtēšanas nodrošinājuma problēmas	31
1.3.4. Zināšanu vērtēšanas uzdevumi	32
Pirmās nodaļas kopsavilkums un secinājumi	35
2. INTELEKTUĀLAS MĀCĪBU SISTĒMAS.....	37
2.1. Intelektuālu mācību sistēmu uzbūve	40
2.1.1. Eksperta modulis	41
2.1.2. Studenta modulis	42
2.1.3. Apmācības modulis	44
2.2. Aģentos balstītas intelektuālas mācību sistēmas	45
2.3. Atgriezeniskās saites loma intelektuālās mācību sistēmās	48
Otrās nodaļas kopsavilkums un secinājumi.....	56
3. INTELEKTUĀLA MĀCĪBU SISTĒMA DATORIZĒTĀS PROJEKTĒŠANAS APMĀCĪBAI	58
3.1. IMS DPSLN koncepcija.....	58
3.1.1. IMS DPSLN uzbūve	61
3.1.2. IMS DPSLN aģenti.....	63
3.1.3. IMS DPSLN datu uzglabāšana	74
3.1.4. Uzdevumu scenāriju izveide.....	79
3.1.5. Uzdevumu izpildes novērtējums	84

3.2. IMS DPSLN darbība	89
3.2.1. Nefunkcionālās prasības	94
3.2.2. Funkcionālās prasības	95
3.3. IMS DPSLN realizācija	98
Trešās nodaļas kopsavilkums un secinājumi	101
4. IZSTRĀDĀTĀS IMS DPSLN APROBĀCIJA.....	104
4.1. Darbs ar IMS DPSLN.....	104
4.2. IMS DPSLN aprobācija studentu grupās.....	109
4.3. IMS DPSLN aprobācija uzņēmumos	119
Ceturtās nodaļas kopsavilkums un secinājumi	123
SECINĀJUMI UN REZULTĀTI	125
BIBLIOGRĀFIJA	128
PIELIKUMI.....	142
1.Pielikums RTU MLĶF DTI Apģērbu un tekstila tehnoloģiju katedras Profesores Dr.sc.ing.Ausmas Viļumsones atsauksme par promocijas darbā izstrādātās IMS DPSLN aprobāciju studiju darbā.....	143
2.Pielikums Polytropon Automation Systems mārketinga un pārdošanas vadītāja Rīza Temel slēdziens par promocijas darbā izstrādātās IMS DPSLN aprobāciju uzņēmumā.....	144
3.Pielikums Funkciju saraksts sistēmas Grafis 1_uzdevumam.....	145
4.Pielikums Eksperta lietoto funkciju uzskaitījums	148

IEVADS

Cilvēces evolūcijai raksturīgs cikliskums. Ja simtu sešdesmit tūkstošus gadu pirms mūsu ēras dzīvoja klejotāju jeb nomadu ciltis, un šim laikam bija raksturīgas mazas cilvēku grupas, kuru komunikācija un informācijas apmaiņa notika tikai savā starpā, tad daudzus gadsimtus vēlāk, ap desmit tūkstošiem gadu p.m.ē, agrikultūras attīstības rezultātā, cilvēki izveidoja pastāvīgas apmetnes, un sekoja zināmas hierarhijas nostiprināšanās. Attīstoties cilvēcei, ražošanai, kultūrai un zinātnei, jau astoņpadsmitajā gadsimtā varam runāt par industriālo – materiālo lietu ražošanas un patērēšanas laikmetu, kuru divdesmitajā gadā nomainīja informācijas laikmets – tam raksturīgi organizāciju tīkli, nestandartizētas informācijas apstrāde un interpretācija lēmumu pieņemšanai. Jau divdesmit pirmajā gadsimtā runājam par zināšanu ēru, par laiku, kam raksturīga zināšanu vērtības izcelšana, dažādu “zināšanu ekosistēmu” rašanās un informācijas tehnoloģiju lietojums vairs nav tikai informācijas pārnesei, sadalei un problēmu risināšanai [5].

Līdzīgi kā pēckara¹ periodā industrializācija pamazām piekāpās informācijas laikmetam, tā nesteidzīgi informācijas nozīmīgumu aizstāja tieši zināšanas. Saprotais, ka uzņēmējdarbībā informācijas plūsmas nodrošināšana nemitīgi būs nozīmīga, tāpat industriālās iezīmes nodrošina ražošanas nepārtrauktību un efektivitāti. Tomēr zināmā mērā informācijas plūsma un ražošanas prasme vien mūsdienās vairs nenodrošina veiksmīgu uzņēmējdarbību [6].

Šobrīd piedzīvojam pārmaiņas, kurās zināšanām ir arvien lielāka nozīme – zināšanu pārvaldība, zināšanu pārnese, inovācijas, kompetences un prasmes ir galvenie labklājības un izaugsmes veicinātāji [7,8]. Līdz ar to – mūsdienās zināšanas ir vissvarīgākā vērtība visos ražošanas ciklos. Turklāt materiālu vērtību ražošanas aspektā ir nepieciešamas ļoti strukturētas zināšanas – gan par ražojamo (projektējamo) objektu, gan par materiāliem, gan par gala lietotāju (gala produkta ergonomiskums).

Informācijas tehnoloģiju lietojums ļāvis attīstīties ražošanai tā, ka tās procesi ir pārvaldāmi ar datorsistēmu palīdzību. Datorvadītas tehnoloģijas² ir tādas sistēmas, kur dizaina³, analīzes un produktu ražošanas procesi ir izpildīti ar datora tehnoloģijas (informācijas sistēmu) palīdzību. Līdz ar to, tā jau sarežģītās par ražošanu un tās procesiem

¹ Pēc Otrā pasaules kara (1939 – 1945)

² Computer-aided technologies (CAX)

³ Termins “dizains” lietots tā aptverošajā nozīmē - priekšmetu un vides mākslinieciskā projektēšana un konstruēšana; izstrādājuma veidols, kas ir saskaņots ar tā funkcionālo uzdevumu, materiāliem, izgatavošanas tehnoloģiju, modes tendencēm, ekoloģijas prasībām u. c. faktoriem.

nepieciešamās zināšanas tiek paplašinātas ar vēl vienu jomu – sekmīgai dalībai ražošanā nepieciešams apgūt specializētu (ne tikai projektēšanas, bet arī nozares aspektā) datorsistēmu. Attīstītākās datorvadītas ražošanas sistēmas nodrošina pilna cikla procesus: produkta dzīves cikla pārvaldība⁴, dizaina izstrāde⁵, ražošanas⁶ un produkcijas plānošana⁷, prasību analīze⁸ un produktu prototipēšana⁹ (un vēl daudzi citi CAx tehnoloģiju sazarojumi [9]).

Mūsdienīgas datorizētas projektēšanas programmatūras (CAD sistēmas) dod iespēju izvairīties no manuāla rutīnas darba, tās ļauj paaugstināt precizitāti, produktivitāti un organizēt informācijas plūsmu. Datorsistēmas paredzētas teju ikviena procesa datorizētai veikšanai un visu procesu integrēšanai kopīgā plūsmā, loģistikas un produkta dzīves cikla organizēšanai un darba uzdevumu mobilitātei. Lai arī datorsistēmas ievērojami atvieglo produkta izstrādi, tomēr joprojām ir ļoti svarīgas to lietotāju zināšanas un prasmes par nozari¹⁰ – kaut arī sistēmās integrētie rīki ļauj automatizēt dažādus projektēšanas un ražošanas plānošanas posmus, tomēr nepietiekamas projektētāja zināšanas par produkta konstruēšanas procesiem, projektēšanas parametriem, materiālu īpatnībām un citiem aspektiem novedīs pie sliktas, prasībām neatbilstoša vai neīstenojama projekta. Līdztekus šādām komplicētām zināšanām, arī CAD sistēmas apguve ir papildus zināšanu aspekts, kas nepieciešams speciālistu apmācībā.

Ņemot vērā iepriekš minēto industrializācijas laikmeta pāreju informācijas laikmetā un tā evolūciju zināšanu ērā, un faktu, ka attīstība visur pasaulē nenotiek vienlaikus, datorizācijas un projektēšanas sistēmu ieviešana notiek pakāpeniski. Ražošanā esošās iekārtas viegli aizstājamas ar jaunākām, modernākām – rasēšanas galdi ar datoriem (iekārtas un sistēmas). Datorsistēmu un datorizētās projektēšanas ieviešanu apgrūtina fakts, ka ražošanas ekspertu pārkvalificēšana ir grūts uzdevums. Tas saistāms ar jaunu zināšanu iegūšanas procesu, kas cilvēkiem ar lielāku stāžu, tātad lielāku pieredzi ražošanā, ir grūtāks/lēnāks process – ražošanas eksperti grūti pārkvalificējami, ņemot vērā lielo pieredzi tieši ar noteikta veida un ilgstoši lietotiem, pārbaudītiem paņēmieniem (ieradumi, neuzticība jaunajam). Ražošanas un projektēšanas pārvaldības datorizēšana saistāma arī ar pilnīgu darba paņēmieni un projektēšanas procesa organizācijas maiņu – manuālajā izstrādes procesā rasējumi uz darba lapām tiek zīmēti eksperta/speciālista izmēru un proporciju uztverei saprotamā un pierastā

⁴ Product lifecycle management (PLM)

⁵ Computer-aided design (CAD)

⁶ Computer-aided manufacturing (CAM)

⁷ Computer-aided process planning (CAPP)

⁸ Computer-aided requirements capture (CAR)

⁹ Virtual prototyping

¹⁰ Projektējamā produkta izstrāde un nozares īpatnības

mērogā, taču datora ekrāna ierobežojumu dēļ, datorsistēmas ekrānā redzama vien daļa no rasējuma, vai arī tas ir tuvināts citā/neierastā mērogā. Šāds aspekts no vienas puses uzskatāms par trūkumu, ja tiek apmācīti pieredzējuši darbinieki, kuru iemaņas ir balstītas manuālā darbā. No otras puses pēc savas būtības datortehnoloģiju lietojums ir ērtāks un elastīgāks – tas ļauj mērogot zīmējumu tik tālu, ka ir aplūkojams viss projekts kopumā (kas nereti nav iespējams uz papīra lapām rasējuma izmēra dēļ), vai arī tuvināt rasējumu tā, lai būtu redzama tā detalizācija. Tāpat datorsistēmā ērtāk un pārskatāmāk organizēt rasējuma/projekta slāņus, kas manuālā darbā ir sarežģīti pārvaldāmi.

Saprotams, ka viens no projektēšanas galvenajiem posmiem ir zīmēšana – sākot no produkta skices līdz pat tehniskajam rasējumam. Rasējumā uzzīmēti visi produkta konstruktīvie aspekti: galvenos izmērus raksturo gabarītlīnijas un bāzes tīkls, produkta projektējuma specifiku raksturo kontūrlīnijas, raksturlīnijas un palīglīnijas (palīglīnijas var arī nebūt izdalītas – atkarīgs no projektējuma jomas un specifikas). Visu šo rasējuma elementu grafisko vienumu (punkts, līnija, četrstūris, aplis, un citas ģeometriskas figūras) īstenošana datorsistēmā var atšķirties atkarībā no lietotās sistēmas specifikas (vispārīga CAD sistēma, kas paredzēta plašam projektēšanas uzdevumu lokam vai šauri specializēta sistēma, kurā integrētas funkcijas konkrētās ražošanas jomas specifiskiem rasēšanas elementiem vai to blokiem). Tāpat visu šo objektu rasējumiem var būt integrēta atsevišķa (specializēta) funkcija/rīks vai arī tikt lietotas vairākas grafisko vienumu zīmēšanas funkcijas (tā, piemēram, bāzes tīklu, ja tas ir četrstūris iespējams uzkonstruēt ar četrstūra rīku un arī ar četru atsevišķu funkciju palīdzību). Visi šie aspekti iezīmē sarežģīto zināšanu struktūru, kas sistēmas lietotājam jāapgūst līdztekus zināšanām par ražošanu, kuras, kā jau minēts, var būt specifiskas citādā ražošanas un projektēšanas organizācijas veidā.

Vēl vairāk zināšanu iegūšanu apgrūtina apstākļi, ka tirgū ir pieejamas dažādas CAD sistēmas – arī vienas konkrētas jomas projektēšanas darbu izpildei ražošanas uzņēmuma vadītājs var iegādāties dažādas sistēmas. Šī izvēle balstīta, galvenokārt, ekonomiskos apsvērumos – sistēmu cena un servisa līmenis, sadarbības partneru lietotās sistēmas, datu apmaiņas ērtums, perifēro iekārtu cena un piemērotība konkrētai ražošanas jomai. Šāda CAD sistēmu tirgus dažādība apgrūtina augsti kvalificētu darbinieku tirgus plūsmu – zināšanas vienā sistēmā var nebūt pietiekamas darbam ar citu sistēmu. Turklāt regulāri ir jānodrošina esošo sistēmas lietotāju (ekspertu) apmācība – ņemot vērā pastāvīgo sistēmu pilnveidošanas procesu un jaunu versiju laišanu tirgū. Pēdējais saistošs ikvienam uzņēmumam licenču pārvaldības procesa dēļ. Atkarībā no sistēmas pārdevēju un piegādātāju politikas, licences var

būt ar noteiktu termiņu, pēc kura sistēma pārtrauc darboties vai arī vecākas versijas sistēmas datnes netiek atpazītas jaunākā un otrādi. Arī vienas un tās pašas sistēmas ietvaros var būt lietošanas atšķirības – sistēmas iekārtotas tā, lai maksimāls darba laukums tiktu atvēlēts tieši zīmējuma/rasējuma izveidei, savukārt funkciju/rīku un komandu izvietojums lielākā daļā sistēmu ir pielāgojams lietotāja ērtībai (funkcijaustiņus ir iespējams pārvietot un novietot lietotājam ērtā ekrāna vietā).

Visi šie aspekti neatvieglo apmācību uzdevumu – iegūstamās zināšanas ir ne tikai sarežģītas un atšķirīgas atkarībā no jomas, arī iegūto zināšanu (CAD sistēmu) lietojuma procesu izsekojamība un “caurspīdīgums” ir grūti vai pat neiespējami novērtējams.

Promocijas darba tēmas aktualitāte:

Promocijas darba tēmas aktualitāte ir saistīta ar pārmaiņām izglītības sistēmā – mācīšanas un mācīšanās paradigmā Latvijā un visā Eiropā. Aktualizējot kompetences kā kompleksa ieviešanu apmācību rezultātu sasniegšanai, promocijas darbā izstrādātā pieeja ļauj atšķirt prasmi no kompetences CAD/CAM sistēmu lietojumā. Pašreiz pieejamie līdzekļi ļauj novērtēt apmācāmā prasmes. Dotā uzdevuma izpildītais rezultāts parāda, vai apmācāmais ir pratis, lietojot CAD/CAM sistēmas rīkus, veikt doto projektēšanas uzdevumu. Taču projektējumu iespējams novērtēt tikai kā gatavu rezultātu – bez iespējas iedziļināties apmācāmā (vai jau strādājoša projektētāja darba paņēmieni novērtēšanas procesā) veiktajās darbībās, rīcības loģiskumā, secīgumā, raitumā. Līdz ar to vērtējumu par apmācāmā darbībām CAD/CAM sistēmu lietojumā iespējams sniegt tikai par tā prasmēm – projekta izstrādi un/vai etapiem, bez iedziļināšanās apmācāmā lietpratības, zināšanu plašuma, izpratnes un pieredzes novērtējumā. Pētījuma mērķis ir izveidot datorsistēmu lietotājam pielāgoties spējīgas apmācību sistēmas izveidei. Šādai datorsistēmai jābūt tādai, kas ļauj novērtēt visus CAD/CAM sistēmās īstenota projekta/rasējuma posmus – tādejādi vērtējot procedurās zināšanas, tehniskās prasmes un attieksmi, ar kādu veikts darbs (spēju orientēties sistēmas lietojumā, motivēti izvēlēties efektīvāko izstrādes gaitu).

Promocijas darba mērķis:

Promocijas darba mērķis ir izstrādāt intelektuālu mācību sistēmu (IMS), kas īsteno CAD/CAM sistēmu lietojuma novērtēšanu, seko apmācāmā darbībām (un analizē tās) datorizētās projektēšanas sistēmu (CAD) lietojuma laikā, kā arī veikt izstrādātās sistēmas prototipa testēšanu un darbības pārbaudi.

Darba uzdevumi:

- Apzināt un analizēt CAD/CAM sistēmu apmācības procesus, aplūkot to aspektus un zināšanu pārbaudi.
- Izpētīt IMS izstrādes procesu, struktūru un metodes.
- Izanalizēt intelektuālu aģentu sistēmas, izstrādāt jaunas IMS struktūru CAD/CAM sistēmu lietojuma novērtēšanai.
- Realizēt IMS prototipu, kas īsteno CAD/CAM sistēmu lietošanas procesa novērtējumu.
- Eksperimentāli pārbaudīt izstrādātās IMS prototipu – CAD/CAM sistēmu lietojuma novērtējumu, novērtējuma atbilstību eksperta (skolotāja) vērtējumam.

Pētījuma objekts un priekšmets:

Promocijas darba pētījumu **objekts** ir CAD/CAM sistēmu apmācību un lietojuma novērtējums efektīvai darbu izpildei ražošanas vajadzībām. Pētījuma **priekšmets** ir metode, kas ļauj aģentos sakņotu intelektuālu mācību un zināšanu vērtēšanas sistēmu adaptīvās īpašības un to realizācijas koncepcijas izmantot CAD/CAM sistēmu lietojuma novērtēšanai.

Promocijas darba zinātniskais jauninājums:

- Izstrādāta un piedāvāta jauna kompetenču vērtēšanas metode¹¹, demonstrējot mākslīgā intelekta metožu pielietojumu reālu praktisku problēmu risinājumā CAD/CAM sistēmu lietojuma novērtēšanai.
- Izstrādāta koncepcija aģentos sakņotai CAD/CAM sistēmu lietojuma novērtēšanas sistēmai ar uzdevuma izpildes gaitas novērtējumu. Izstrādāts algoritms apmācāmā darbību novērtējumam CAD/CAM sistēmā. Definēti aģenti IMS realizācijai, identificētas IMS prototipa aģentu funkcijas.
- Aprakstīti CAD/CAM sistēmu apmācības procesi un pedagogiskā pieeja, esošās pieejas un zināšanu pārbaudes nodrošinājums.
- Realizēts IMS prototips CAD/CAM lietošanas procesa novērtējumam. Izstrādāti uzdevumu paraugi, tie ģenerēti IMS ar atvērtu iespēju ģenerēt citus, ekspertu piedāvātus, uzdevumus.

¹¹ Skaidrojumu sadaļā dots kompetences raksturojums. Darba aspektā kompetenču vērtēšanas metode tiek piedāvāta IMS veidā, kas seko apmācāmā darbībām, lai noteiktu to lietderīgumu. Darbā izmantotā uzvedības vērtēšanas pieeja modificēta uzvedību vērtējot nevis aptaujas veidā bet tieši pēc padarītā. Kompetence, atšķirībā no prasmes, tiek vērtēta ne tikai kā konkrētu darbību izpildes spēja, bet arī uzvedība, rīcība.

- Izstrādāta aprobācija ar atgriezenisko saiti (zināšanu korekciju) un detalizētu informāciju par apmācāmo zināšanām CAD/CAM lietojumā.

Pētījuma praktiskā nozīmība:

Darbā pirmo reizi realizētā zināšanu identificēšanas un novērtēšanas koncepcija ir praktisks ieguldījums gan mācību procesa, gan ražošanas procesu uzlabošanā. Realizētais prototips ļauj pilnveidot zināšanas darbā ar CAD/CAM sistēmām, konstatēt apmācāmā zināšanu trūkumus, analizēt un pilnveidot darba paņēmienus. Sistēma izmantojama dažādu CAD/CAM sistēmu apguvē un lietošanas procesā.

Tēzes aizstāvēšanai:

- Izstrādātā pieeja ļauj sekot apmācāmā darbībām un uzdevuma izpildes procesam CAD/CAM sistēmu lietojuma laikā.
- Izstrādātā sistēma veicina lietotāja zināšanu paaugstināšanu CAD/CAM sistēmu lietojumā – tiek sniegta informācija par esošajām lietotāja kompetencēm un zināšanu līmeni, atgriezeniskā saite veicina interesi par CAD/CAM sistēmu mācīšanos.
- Izstrādātā pieeja veicina lietotāja (apmācāmā) zināšanu CAD/CAM sistēmu lietojuma novērtējuma objektivitāti.

Darba aprobācija:

Promocijas darba rezultāti publicēti recenzētos zinātniskos žurnālos, konferenču pilna teksta izdevumos, ziņoti un apspriesti starptautiskās un vietējās konferencēs, kā arī darba autora vadītos vai līdzvadītos studiju priekšmetos.

Darba autora ziņojumi zinātniskās konferencēs:

1. 17 th International Conference, "Perspectives in Business Informatics Research" BIR 2018, Stockholm, Sweden, September 24-26, 2018.
2. International scientific conference "Society. Integration. Education", Rezekne Academy of Technologies, Rezekne, Latvia, May 25th-26th, 2018.
3. Perspectives in Business Informatics Research: 15th International Conference (BIR 2016): Czech Republic, Prague, September 14 - 16, 2016.
4. 13th International Conference on Global Research and Education Inter Academia 2014, Riga, Latvia, September 10 – 12, 2014.

5. 54th International science conference at Riga Technical University, Riga, Latvia October 14 -16, 2013.
6. Baltic DB & IS 2012 Tenth International Baltic Conference on Databases and Information Systems, Vilnius, Lithuania, July 8 -11, 2012.

Darba autora publikācijas par promocijas darba tēmu:

1. **Dāboliņš, J.**, Intelligent tutoring system for assessment of usage of computer aided designing systems. **In:** *BIR Short Papers, Workshops and Doctoral Consortium: Joint Proceedings of the BIR 2018 Short Papers, Workshops and Doctoral Consortium co-located with 17th International Conference "Perspectives in Business Informatics Research" (BIR 2018). CEUR Workshop Proceedings*. Aachen: RWTH, 2018, pp.323-334. ISSN 1613-0073. (SCOPUS)
2. **Dāboliņš, J.** Teaching of computer aided designing systems. **In:** *Proceedings of international scientific conference "Society. Integration. Education"*. Volume V. Rezekne: Academy of Technologies, 2018, pp.248 – 259. ISSN 1691-5887. Available from: doi:10.17770/sie2018vol1.3143. (SCOPUS)
3. **Dāboliņš, J., Grundspenķis, J.** Intelligent Knowledge Assessment for CAD/CAM Systems. **In:** Medvids, A., ed. *Advanced Materials Research*. Vol. 1117. 2015, pp.287-290. ISSN 1662-8985. Available from: doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.1117.287. (SCOPUS)
4. **Dāboliņš, J., Grundspenķis, J.** Intelligent Tutoring System for Learning Graphics in CAD/CAM. **In:** Ēpa V., Bruckner T., eds. *Perspectives in Business Informatics Research. BIR 2016. Lecture Notes in Business Information Processing*. Vol. 261. Springer, Cham, 2016, pp.239-246. ISBN 978-3-319-45320-0. e-ISBN 978-3-319-45321-7. ISSN 1865-1348. Available from: doi:10.1007/978-3-319-45321-7_17.
5. **Dāboliņš, J., Grundspenķis, J.** The Role of Feedback in Intelligent Tutoring System. **In:** *Applied Computer Systems/ The Journal of Riga Technical University*. Vol. 14, Issue 1. Germany: Walter de Gruyter GmbH, 2013, pp.88.-93. ISSN 2255-8691.
6. **Dāboliņš, J.** Trends of the Usage of Adaptive Learning in Intelligent Tutoring Systems. **In:** *Databases and Information Systems (Baltic DB&IS 2012): Tenth International Baltic Conference: Local Proceedings, Materials of Doctoral Consortium*. Lithuania, Vilnius: 2012, pp.191-196. ISBN 978-9986-34-274-8. (SCOPUS)

Darba autora ar promocijas darbu nesaistītas publikācijas:

7. Dāboliņa, I., Viļumsone, A., **Dāboliņš, J.**, Strazdiene, E., Lapkovska, E. Usability of 3D Anthropometrical Data in CAD/CAM Patterns. **In:** *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*. Vol.11, No.1. Taylor & Francis, 2018, pp.41-52. Available from: doi:10.1080/17543266.2017.1298848. (SCOPUS)
8. Dāboliņa, I., Viļumsone, A., **Dāboliņš, J.**, Beļakova, D. Usage of 3D Anthropometric Data in CAD/CAM Individual Measurement List. **In:** *Advanced Materials Research*. Vol.1117. Trans Tech Publications, 2015, pp.283-286. ISSN 1662-8985. Accessible: doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.1117.283.
9. **Dāboliņš, J.** Viedo tekstiliju komponentu datu bāzes izveide/ Development of Database of Smart Textile Components. **No:** *Rīgas Tehniskās universitātes zinātniskie raksti. Materiālzinātne. Tekstila un apģērbu tehnoloģija*. 6.sēj. 2011, 110.-114. lpp. ISSN 1691-3132. (Recenzēts žurnāls)

Darba aprobācija studentu apmācībā notikusi šādos mācībuursos:

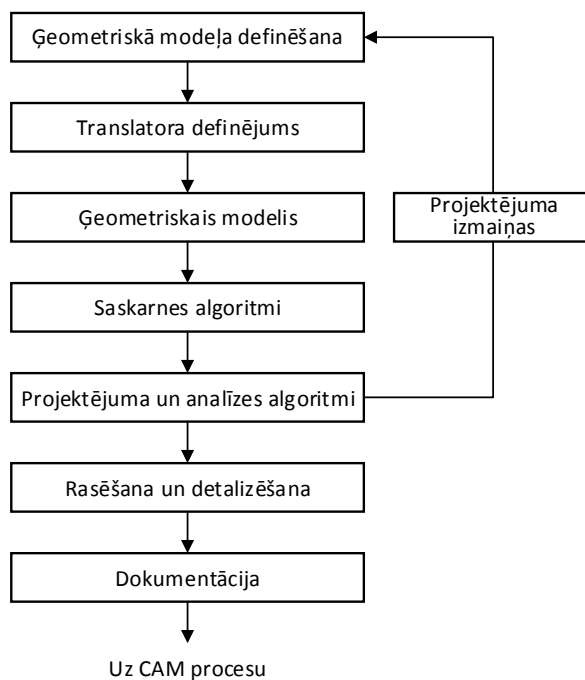
1. MŠM533 Apģērbu automatizētā projektēšana 4.0 KP (atb.A.Viļumsone) (Profesores A.Viļumsone atsauksme par sistēmas aprobācijas rezultātiem redzama promocijas darba 1.pielikumā)
2. MVR701 Datormācība (spekurss) 2.0 KP (atb.I.Dāboliņa)

Darba aprobācija uzņēmumos:

2017.gada 4.jūlijā prezentēju izstrādātās IMS datorizētās projektēšanas sistēmu lietojuma novērtēšanai (DPSLN) prototipu uzņēmumā Polytropon Automation Systems (uzņēmums nodarbojas ar CAD/CAM sistēmas Polytropon pilnveidošanu un izplatīšanu), uzņēmuma birojā Grieķijā, Salonikos. Uzņēmumā sistēmas ideja un lietotā metode raisīja lielu interesi, kā arī IMS DPSLN tika izmantota divu apģērbu automatizētās projektēšanas uzņēmumu darbinieku zināšanu pārbaudē. Uzņēmuma mārketinga un pārdošanas vadītāja R.Temel slēdziens par sistēmas aprobāciju redzams promocijas darba 2.pielikumā.

1. DATORIZĒTĀS PROJEKTĒŠANAS SISTĒMU LIETOTĀJU APMĀCĪBA

Datorizētā projektēšana, līdztekus datorizētajai ražošanai, radās divdesmitā gadsimta piecdesmitajos gados [10]. Plaši pazīstams apzīmējums datorizētās projektēšanas un ražošanas sistēmām ir CAD/CAM sistēmas, kas radies no saīsinājumiem angļu valodā – *Computer Aided Designing* un *Computer Aided Manufacturing*. Šobrīd CAD/CAM sistēmas tiek izmantotas dažādās jomās, kuras ietver projektēšanas un ražošanas vadības procesus (ģeometriskā modelēšana, iekārtu vadība, elastīgas ražošanas sistēmas). Datorizēto projektēšanu raksturo tehniskā rasējuma un specializētu parametru (procedūru apraksta) kopums, kas radīts, izmantojot specializētas datorprogrammatūras. Inženierprojektējums, tehniskais zīmējums un rasējums apvieno plašas teorijas un prakses zināšanas. Šādas izstrādes izveide pati par sevi ir ļoti sarežģīts, komplicēts process [11,12]. Datorizētā projektēšana veicina projektētāja darba ražību, darba apstākļu humanizāciju, projekta kvalitātes paaugstināšanos, komunikācijas ātrumu, elastīgumu, projektēšanas un ražošanas datu repozitorija strukturizēšanu un paplašināšanu. Ja datorizētās projektēšanas rezultātu (CAD sistēmā radītu projektu) nepastarpināti (bez rasējuma vai projektējuma izdrukāšanas) nodod produkta ražošanai (piegriešanai, mehāniskajai apstrādei), to sauc par datorizēto ražošanu (CAM sistēmu nodrošinājums).



1.1.att. Datorizētās projektēšanas process, adaptēts no [13]

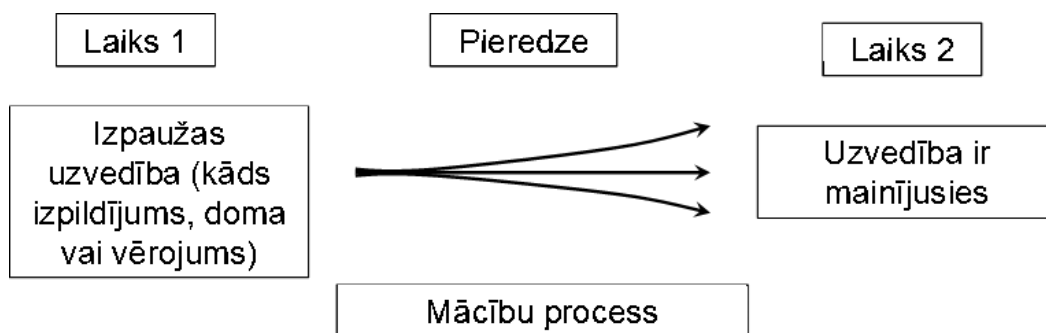
Datorizētās projektēšanas procesā vispirms tiek īstenots dizaina koncepta projekts (ģeometriskā modeļa definēšana), tam seko ģeometriskais modelis, kura rasējums tiek izpildīts datorsistēmā tālākai apstrādei (1.1.att.). Ģeometriskais modelis tiek apstrādāts un pilnveidots atbilstoši ražošanas un modeļa datiem dokumentācijas izveidei un reģistrācijai.

Datorizētā projektēšana nevar eksistēt bez specializētajām (komerciālām) CAD sistēmām – tās radītas projektēšanas procesu automatizācijai [14]. CAD sistēmās visbiežāk lietota vektoru grafika (objekti aprakstīti matemātiski), kas balstīta Dekarta koordinātās, taču mēdz būt sistēmas, kurās objektu attēlošanai lieto rastra grafiku (objekti tiek balstīti sakārtotu punktu kopās) [15]. Projektēšana var notikt plaknē (nogriežņu, līkņu un figūru rasēšanai) vai telpiski (3D līkņu, virsmu un ķermeņu attēlošanai). Ražošanas vadības procesu nodrošināšanai, līdztekus produktu grafiskai informācijai, vairumā CAD sistēmu iespējama informācijas (materiāli, procesi, izmēri, apjomi, kontrolmēri, u.c.) pārvaldīšana, strukturēšana un uzglabāšana [13,16].

Globālās ekonomikas attīstības iespaidā, CAD/CAM integrācija notiek dažādās ražošanas sfērās (būvniecība, aviācija, kuģu būve, datoru ražošana, apģērbu ražošana u.c.), dažādos ražošanas posmos (projektēšana, produkta dzīves cikla vadība, ražošanas sistēmu vadība, u.c). Lai apmierinātu nepieciešamību pēc kvalificēta darba spēka, CAD/CAM sistēmu apguve tiek iekļauta dažādu jomu inženierstudiju plānos (līdztekus šai tendencei, pamazām samazinās klasiskās rasēšanas iemaņu apguve).

Promocijas darba izstrādes laikā analizētie literatūras avoti ļauj secināt, ka datorizētās projektēšanas apguvei tiek piedāvāta gan skolotāja vadīta, gan patstāvīga apmācāmā mācību darbība, tiek nodrošināts tradicionāls mācību process, bet ar tehnoloģijām atbalstīts mācību process nodrošināts ļoti ierobežoti.

Mācīšanās ir process, kurā pieredzes rezultātā apmācāmais maina savu uzvedību (1.2.att.).



1.2.att. Mācīšanās atveidojums

Mācību process ietver piecus galvenos uzdevumus:

1. Izvēlēties mērķus;
2. Izprast apmācāmā īpašības;
3. Izprast un izmantot idejas par mācīšanos un mācību motivāciju;
4. Izvēlēties un izmantot mācīšanās veidus (metodes un paņēmienus);
5. Novērtēt apmācāmā mācību sasniegumus [17,18].

Mācību procesa mērķis tiek izvirzīts atkarībā no tā organizācijas - ja skolotājs veido lekciju, viņš formulē lekcijas mērķi, arī apmācāmais pats var izvirzīt sev mācību mērķi [19,20]. Lai analizētu apmācības ar nolūku noskaidrot mācību procesa īpatnības, jāaplūko dažādi mācību procesi: tradicionālais un ar tehnoloģijām atbalstītais.

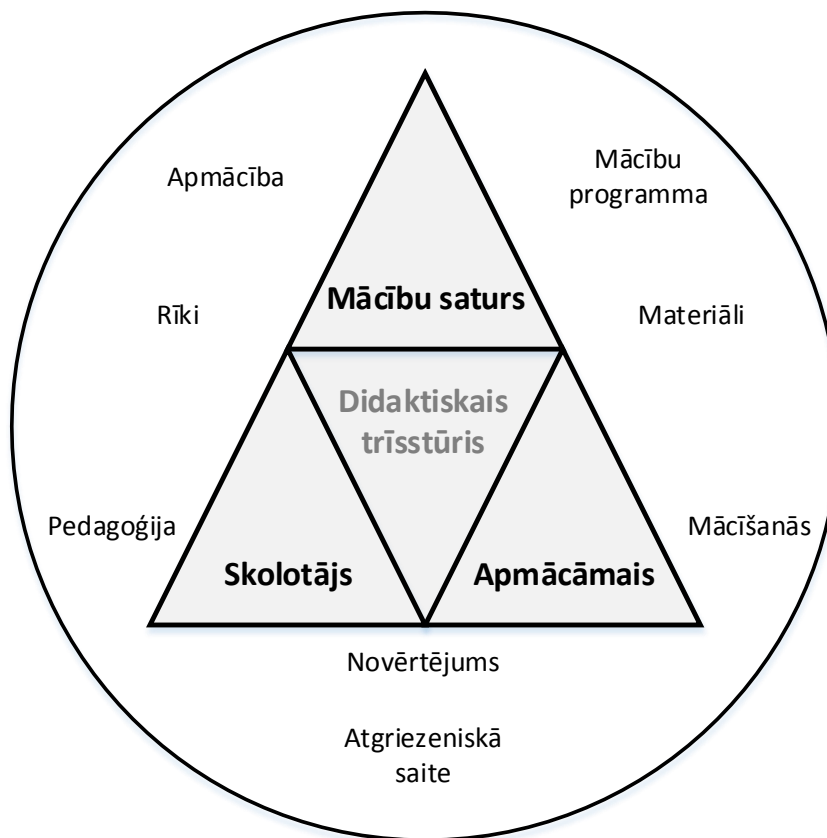
1.1. Tradicionālais mācību process

Tradicionālajā mācību procesā ir trīs pamatkomponentes: skolotājs, apmācāmais un mācību saturs (Herbarta didaktiskais trijstūris) [21]. Starp visām komponentēm notiek mijiedarbība; procesi aplūkojami no abu dalībnieku, tas ir, skolotāja un apmācāmā, viedokļiem – skolotāja mijiedarbība ar mācību saturu un apmācāmā mijiedarbība ar mācību saturu. Paplašinot visu trīs komponentu aprakstus ar to raksturojošajiem elementiem (1.3.att.), izdalāmas vairākas izpratnes par mācību procesu [22]:

- Pedagoģiskā - īpašu uzmanību pievēršot pedagoģiskajai praksei, kas parasti uzsver skolotāja atbildību / lomu.
- Apmācību - īpašu uzmanību pievēršot instrumentu un satura (materiālu) izstrādei un ieviešanai.
- Mācību programmas - īpašu uzmanību pievēršot saturam, kas balstīts uz mācību programmu kā organizācijas praksi.
- Mācīšanās - īpašu uzmanību pievēršot mācību praksei, kas parasti uzsver studenta atbildību / lomu.

No šādiem viedokļiem (izpratnes) tradicionālā mācību procesa analīze ļauj secināt, ka skolotājs un apmācāmais ir aktīvie procesa dalībnieki, savukārt mācību saturs – pasīvais, kura loma ir atkarīga no aktīvo dalībnieku darbībām. Tradicionālajā mācību procesā mācību satura atspoguļojums parasti tiek īstenots uzskates materiālu formā – grāmatas, lekciju konspekti, izdales materiāli, praktisko darbu materiāli, izmēģinājumu un eksperimentu vielas un palīgmateriāli.

Skolotāja un apmācāmā mijiedarbība ietver to savstarpējās aktivitātes: mācību satura izklāsts, jautāšana un atbildēšana, uzdevumu sagatavošana un izpilde, mācību sasniegumu novērtēšana, atgriezeniskās saites sniegšana. Saprotams, ka šāda mijiedarbība ir reaktīva – viena dalībnieka darbība izsauc otra dalībnieka aktivitāti.



1.3.att. Didaktiskais trīsstūris, adaptēts no [23]

Mācību satura lomu raksturo nolūks, kādam to sagatavo un lieto. Katra aktīvā dalībnieka mijiedarbība ar mācību saturu var notikt arī neatkarīgi no citiem iesaistītajiem aktīvajiem dalībniekiem. Skolotāja gatavošanās mācību procesam, mācību satura pilnveide, analīze un uzdevumu sagatavošana ir uzskatāma par mijiedarbību ar mācību saturu neatkarīgi no apmācāmā. Šāds process var būt inicializēts tieši konkrētu apmācāmo aspektā (kontroldarbu rezultātā redzami mācību satura aspekti, ko nepieciešams vairāk aktualizēt, lekcijas laikā uzdotie jautājumi akcentē kādu atsevišķu problēmu); inicializācija var notikt arī ārējās vides ietekmē (mācību satura uzlabošana nozares un zinātnes sasniegumu dēļ). Apmācāmā aktīvās darbības mijiedarbībā ar mācību saturu raksturo patstāvīgu mācīšanos: gatavošanos pārbaudes darbiem, mājasdarbu izpilde, lekciju materiāla atkārtošana, patstāvīgo darbu izpilde. Šīs aktivitātes vai daļa no tām var būt neobligātas [24].

Tradicionālajā mācību procesā skolotāja lomai raksturīga pielāgošanās (adaptācija) apmācāmajam. Mācību satura skaidrošanas aktivitāte tiek izpildīta pielāgojoties situācijai;

skolotājs reaģē uz apmācāmā jautājumiem, nepieciešamo zināšanu struktūru, priekšzināšanām un personīgajām interesēm (mācību vielas piemēri no apmācāmā interešu sfēras).

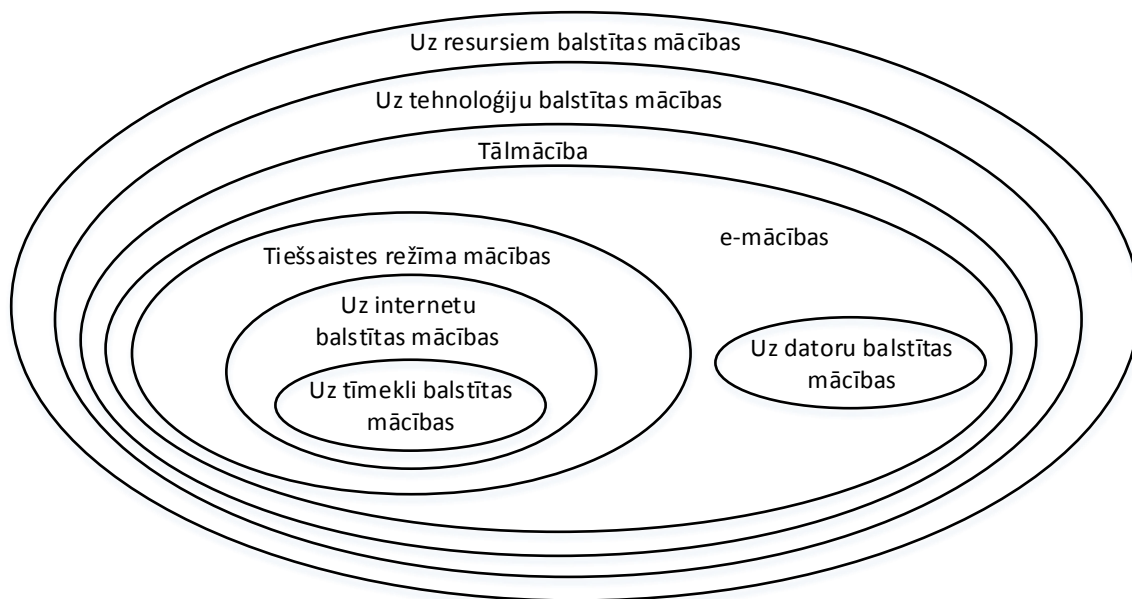
Efektīva mācīšanās atkarīga no mācību mērķiem, mācību vides, apmācāmā priekšzināšanām, apmācāmā gatavības apgūt konkrēto mācību saturu, apmācāmā spējām (apķērības) un apmācību kvalitātes. Ja visi šie aspekti ir līdzsvarā, var sagaidīt, ka mācību mērķi tiks izpildīti [23]. Ja kāds no šiem aspektiem ir nepietiekams, tad skolotājam jāspēj adaptēties konkrētajai situācijai tieši šajā aspektā efektīvas mācīšanās nodrošinājumam. Adaptācijai ir nepieciešami pietiekoši resursi – skolotāja kontakts/mijiedarbība ar apmācāmo. Visbiežāk tradicionālais apmācību process notiek plašā auditorijā, kur adaptācija katram individuāli nevar notikt laika un cilvēkresursu trūkuma dēļ. Adaptācijas nodrošinājums var notikt konsultācijās un daļēji praktiskajās nodarbībās, kur skolotājs pārbauda katra apmācāmā veikumu individuāli. Tādejādi apmācāmais saņem tūlītēju atgriezenisko saiti par paveikto, un skolotājs pielāgojas tieši konkrētā apmācāmā zināšanu līmenim. Individuālas adaptācijas un atgriezeniskās saites nodrošinājums prasa no skolotāja papildus darba laiku, līdz ar to paaugstinot slodzi. Informācijas un komunikācijas tehnoloģiju ieviešana mācību procesā var risināt tā problemātiskos aspektus (mācību satura adaptācija, zināšanu sistematisks vērtējums un pašvērtējums, praktisko darbu izpildes vērtējums un trūkumu analīze [25]).

1.2. Ar tehnoloģijām atbalstīts mācību process

Tehnoloģiju lietojums mācību procesā tiek ieviests apmācāmo mācību pieredzes padziļināšanai, iespēju paplašināšanai un mācību procesa individualizēšanai [26,27]. Mācību procesa iespēju paplašināšana tiek fokusēta uz apmācāmā iespēju izvēlēties ritmu, laiku un veidu, kā tiek iegūtas zināšanas, šie trīs aspekti var tikt atbalstīti ar piemērotu pedagoģisko pieeju (praksi), šāda pieeja var tikt atbalstīta ar tehnoloģijām [28]. Ar tehnoloģiju atbalstītu apmācību visbiežāk saprot e-apmācību, kas var tikt lietota neatkarīgi no tā, kur atrodas apmācāmais – mājās, universitātē, vai citā tam ērtā vietā, kur pieejamas informācijas tehnoloģijas, taču terminu, kas apzīmē ar tehnoloģiju atbalstītu apmācību, ir ļoti daudz, tāpat kā iesaistītās tehnoloģijas, kas atbalsta apmācības [29].

Analizējot tehnoloģiju klāstu, kas var tikt lietots apmācībā, var izdalīt vairākas šādu tehnoloģiju grupas (apakškopas). 1.4.attēlā redzamas šo grupu attieksmes (pakārtojums). Uz datoru balstītas apmācības ir tādas, kur dators nav pieslēgts tīklam, mācību saturs ir atrodams datora atmiņā, tas nesatur saites uz materiāliem ārpus mācību kursa. Savukārt, uz tīmekli balstītas mācības, uz internetu balstītas mācības un tiešsaistes režīma mācības paredz tīkla

savienojumu. Tādējādi, var izdalīt divas atšķirīgas kategorijas: uz datoru balstītas mācības un uz tīklu balstītas mācības, kurās ietilpst uz tīmekli balstītas mācības, uz internetu balstītas mācības un tiešsaistes režīma mācības [30]. Visas šīs iespējas ietilpst e-mācībās (arī m-mācībās, kas balstās mobilo telefonu, viedtelefonu un citu viedierīču lietojumā), kas ļauj apmācību procesu veikt ar dažādu e-resursu lietojumu, tajā skaitā arī e-pastu un citas saziņas formas, kas ļauj apmācības veikt tālmācību formā. Tā kā tehnoloģijas, kas lietotas mācību procesam var būt visdažādākās, tad to lietojums ietilpst uz resursiem balstītās apmācībās – uzskatot resursus par plašāku jēdzienu (tajā attiecinot ne vien informācijas tehnoloģijas, bet arī citus praktiski un teorētiski lietojamus apmācību resursus).



1.4.att. Apakškopu attieksmes starp dažādiem ar tehnoloģijām atbalstīta mācību procesa veidiem [30]

Uz tehnoloģijām balstītu apmācību var nodrošināt ar dažādiem līdzekļiem [31]:

- Mobilās (mobilo tālrunu) lietotnes (m-mācības), apmācībām tiek lietots arvien vairāk izstrādņu dažādu mācību materiālu un mācīšanās nodrošināšanai mobilajos tālruņos un viedtālruņos, arī ļoti specifisku lietu demonstrācijām un apguvei dažādos izglītības līmeņos [32,33].
- Planšetdatoru lietotnes, paver plašākas iespējas dažādu izstrādņu lietojumam (tai skaitā e-grāmatas, prezentācijas, video demonstrācijas), parocīgā ekrāna izmēra un pašas ierīces gabarītu dēļ. Ļauj lietot dažādas platformas (plašāks pielietojums kā tālrunī), ir iespējams nodrošināt demonstrējumus virtuālā realitātē [34,35].

- Dažādas informācijas tehnoloģijās balstītas ierīces paplašinātās realitātes (*augmented reality*) nodrošinājumam, kur datorā izveidotais attēls apmācāmajam ļauj uztvert to ar klātbūtnes/realitātes sajūtu [33,36].
- Atvērti tiešsaistes kursi dažādās informācijas tehnoloģijas ierīcēs – ļauj izveidot plaši pieejamu apmācību, tādējādi neierobežojot apmācāmo skaitu, ļaujot komunicēt, veidot darba grupas vai apmācīties individuāli, kā arī analizēt apmācāmā veikumu un pavadīto laiku platformā; pieejamas dažādas platformas [37,38,39].
- Tīmekļsemināri notiek tīmeklī un šajā seminārā (atšķirībā no tīmekļapraides, kur informāciju raida vienā virzienā) iespējama tiešsaistes mijiedarbība starp semināra vadītāju un klausītājiem/skatītājiem.
- Specializētas, konkrēta mācību satura apmācībai paredzētas sistēmas, tai skaitā intelektuālas mācību sistēmas.

Ar tehnoloģijām balstīta var būt arī tikai kāda mācību procesa daļa, piemēram demonstrācijas, testi, teorētiskā informācija. Neskatoties uz to, cik intensīvi (kādā pakāpē) tiek izmantotas informācijas tehnoloģijas apmācības procesā, pats process saglabā vismaz trīs pamatkomponentes, taču, atšķirībā no tradicionālā apmācību procesa, kurā iesaistīts skolotājs, apmācāmais un mācību saturs, komponentu skaits var tikt papildināts ar papildus mācību saturu atspoguļojošu komponenti un skolotājs var tikt daļēji vai pilnībā aizstāts ar izmantoto tehnoloģiju. Skolotāja loma var tikt samazināta, atkarībā no tehnoloģijas izmantošanas pakāpes, tādējādi atvieglojot skolotāja darbu un samazinot noslogojumu, kā arī palielinot mācību procesa adaptāciju individuālām vajadzībām, nodrošinot to ar tehnoloģiju vadītu atgriezenisko saiti.

Ar tehnoloģijām atbalstītam mācību procesam jābūt organizētam tā, lai tehnoloģiju nodrošinātais skolotāja lomu izpildošais saturs būtu vismaz tādā pašā kvalitātē kā tradicionālā mācību procesa skolotājs. Arī adaptācijai un atgriezeniskajai saitei jābūt vismaz tādas pašas kvalitātes kā tradicionālajā mācību procesā spēj nodrošināt skolotājs. Datorizētās projektēšanas aspektā īpaša loma ir tieši darba procesa analīzei, kas nav nodrošināma ar skolotāja klātbūtni, taču ar tehnoloģijām atbalstītā mācību procesā varētu tikt nodrošināta, analizējot katra apmācāmā veikumu CAD/CAM sistēmā.

1.3. Datorizētās projektēšanas apmācību un zināšanu vērtēšanas nodrošinājums

Datorizētās projektēšanas apmācība iedalāma divos nesaraujamos aspektos – produktu projektēšanas apmācība un datorizētās sistēmas apguve [40]. Mācību programmas vislabākajā gadījumā jāizstrādā tā, lai absolventu zināšanas būtu atbilstošas nozares mūsdienu prasībām, vienlaikus nezaudējot universālumu – pielāgojamību dažādiem uzņēmumiem un to prasībām jauniešiem speciālistiem, kā arī nezaudējot augstākās izglītības pieeju – apmācīt augstākajā līmenī, tādējādi veicinot nozares attīstību. Tomēr mācību saturs universitātē attiecībā uz nozares prasībām bieži ir nepietiekams. Galvenais iemesls tam ir rūpnieciskā un tehnoloģiskā nodrošinājuma dinamiska un arvien pieaugoša attīstība, ko universitātes līmenī nevar panākt ierobežoto resursu un apmācību darba organizācijas dēļ [41].

Kad apmācāmais uzsāk datorizētās projektēšanas apguvi, tiek uzskatīts, ka viņam jau ir priekšzināšanas jomā, kurā tiks izmantotas CAD/CAM sistēmas. Realitātē ne reti izrādās, ka zināšanas par projektēšanu un tās procesiem ir vājas vai pat ļoti virspusējas, tādēļ pasniedzējam nodarbībās jāvelta papildus laiks projektēšanas aspektu skaidrojumam [14]. Tādējādi mācību process datorizētās projektēšanas sistēmu apgūvē ir atkarīgs ne tikai no trīs pamatkomponentēm – apmācāmā, skolotāja un mācību satura, bet arī no apmācāmā sagatavotības. Visbiežāk tās ir apmācāmā priekšzināšanas un spēja uztvert mācību saturu, taču dažkārt arī skolotāja priekšzināšanas tieši projektēšanas jomā var būtu pārāk vājas datorizētās projektēšanas sistēmas sekmīgai mācīšanai (spilgtākais piemērs – dažādo CAD/CAM sistēmu pārstāvju specializētie apmācību vadītāji, kuri ir apguvuši sistēmas funkciju lietojumu, taču zināšanu trūkums projektēšanas jomā traucē atbilstošu darbību algoritmu izstrādei).

1.3.1. Šobrīd pieejamais mācību procesa nodrošinājums

Mācību saturs un tā atspoguļojums tieši izriet no mācību mērķa – datorizētās projektēšanas apmācība, kuras praktisko uzdevumu izpildei tiek piesaistīta kāda no CAD sistēmām (atkarībā no mācību satura jomas un mācību programmas, kurā iekļauta konkrētās sistēmas apguve). Šādai specializētai apmācībai tradicionālās apmācības forma tiek pielāgota ar tehnoloģijās balstītiem mācību līdzekļiem [42]. Grāmatas un lekciju konspekti tiek izdoti ierobežoti, nemitīgās sistēmu attīstības dēļ (CAD/CAM sistēmu izstrādātāji vismaz reizi gadā izstrādā un piedāvā tirgū jaunas, uzlabotas sistēmas versijas tās ātrdarbības, projektēšanas rīku lietojuma ērtuma un atbilstības jomai nodrošināšanai). Ja grāmatas tiek izdotas, tad visbiežāk

universālāko (mazāk specializēto) sistēmu apmācībai, piemēram, sistēmas AutoCAD¹² apguvei ir izdotas grāmatas arī latviešu valodā [43], tomēr biežāk izdevumi ir krievu [44,45], vai angļu valodā [46,47]. – abu valodu lietojums saprotams plašākai auditorijai. CAD sistēmu aprakstam, kuras lieto konkrētas nozares projektēšanas darbiem, grāmatas neizdod vispār vai tas notiek ļoti reti, piemēram, sistēmas Lectra¹³ apguvei izdotas vien pāris grāmatas [48,49], to autore nav saistīta ar sistēmas Lectra pārstāvniecību, vien izklāsta darbības principus konkrēta sistēmas moduļa (pat ne visas sistēmas) lietojumam. Ļoti līdzīga situācija ir citu specializēto sistēmu mācību materiālu izdošanā, piemēram, arī sistēmas Gerber Accumark¹⁴ [50] apguvei. Diemžēl, šādas grāmatas ir aktuālas ļoti neilgi, tās ātri zaudē nozīmi izmantošanai apmācību procesā CAD/CAM sistēmu straujās attīstības un izmaiņu dēļ [11]. Tā kā izdoto grāmatu klāsts ir ierobežots, tad mācību satura izklāsta nodrošinājums visbiežāk atkarīgs no pasniedzēja – katru gadu, atbilstoši izmaiņām specializētajās CAD sistēmās, pasniedzējs veic izmaiņas prezentācijās, lekciju materiālos un piezīmēs.

Lai arī datorizētās projektēšanas sistēmu apmācība visbiežāk notiek atbilstoši tradicionālajam mācību procesam, kurā skolotājs sniedz zināšanas lekciju un paraugdemonstrējumu veidā, apmācāmais uztver jauno informāciju, notiek tās apjēgšana un zināšanu nostiprināšana, izpildot praktiskos uzdevumus, tomēr, ņemot vērā, ka tiek mācītas CAD/CAM sistēmas, kas balstās informācijas tehnoloģijās, tad vairumam sistēmu ir integrēti ar tehnoloģijām atbalstīti mācību līdzekļi. Tiešsaistes palīdzība ir sistēmas daļa, kas ļauj apmācāmajam iegūt informāciju par sistēmas darbību kopumā vai kādas konkrētas funkcijas vai rīka lietojumu projektēšanai (sistēmās mēdz būt integrēta gan palīdzība, kurā lietotājs meklē informāciju, gan palīdzība, kas iegūstama pēc pieprasījuma par konkrēto, tajā laika momentā aktīvo funkciju/rīku). Šāda palīdzība, saprātīgi lietota, ļauj izvēlēties atbilstošu darbību algoritmu sava uzdevuma risināšanai.

Progresīvāko CAD/CAM sistēmu ražotāji izveido speciālas mājas lapas, interneta vietnes, atvērtas vai daļēji slēgtas pieejas mācību materiālus un citus resursus savas projektēšanas sistēmas apguvei. Tā, piemēram, AutoCAD apguvei tiek piedāvāts interaktīvs rīks funkciju lietojuma aprakstam, tajā piedāvāti piemēri un lietojuma iespējas [51], kā arī ir

¹² AutoCAD - lietojumprogramma, kas paredzēta datorizētajai projektēšanai, kur ir iespējams rasēt gan 2D, gan 3D objektus, sistēmā integrēti dažādu jomu automatizēti aprēķini, darbību algoritmi un procedūras.

¹³ CAD/CAM Lectra - lietojumprogramma, kas paredzēta apģērba un daži moduļi arī mēbeļu datorizētajai projektēšanai, kurā tiek realizēti projekta 2D posmi: skices, tehniskie zīmējumi, lekālu rasējumi, to komplektācija, izvietojumi, dokumentācija, produkta dzīves cikla vadība; kā arī 3D laikošana jau gatavam projektējumam tā pārbaudei un labojumu ieviešanai lekālos. Sistēmā integrēti vairāki savstarpēji saistīti vai daļēji saistīti moduļi konkrētās jomas automatizēti aprēķini, darbību algoritmi un procedūras.

¹⁴ CAD/CAM Gerber Accumark - līdzīga lietojumprogramma kā CAD/CAM Lectra.

iespējams lejupielādēt specializētas nodarbības sistēmas apguvei (par atsevišķu samaksu) [52]. Savukārt, CAD/CAM sistēmas Lectra ražotāji attīsta skolu un universitāšu programmu, atbalsta mācību materiālu izstrādi, savā mājas lapā informē par labāko studentu sasniegumiem projektēšanas jomā, publicē labākos projektus [53]. Šīs sistēmas apguvei pieejams arī ierobežotas pieejas skolotāju atbalsta materiāli (pieejami tikai sertificētiem sistēmas pasniedzējiem), kas skolotājam piedāvā ieteicamos mācību plānus, mācību saturu: uzdevumus, lekālu paraugus, algoritmu kartes, procedūru aprakstus, tādejādi atvieglojot skolotāja darbu.

1.3.2. Šobrīd pieejamais zināšanu vērtēšanas nodrošinājums

Darbā ar datorizētās projektēšanas sistēmām vērtējums ir skolotāja atzinums par izveidotā projektējuma un/vai rasējuma atbilstību vai neatbilstību noteiktām prasībām, tādejādi vērtējot apmācāmā zināšanu, prasmju un iemaņu apguves līmeni. Šis aspekts veido daļu no mācību motivācijas apmācāmajam. Otru daļu veido motivācija attīstīt savu projektējumu un/vai veidot sarežģītākus projektus [11].

Tā kā datorizētā projektēšana saistāma ar kādas praktiskas izstrādes izgatavošanu, tad daļa projektu tiek automatizēti pašvērtēti jau pašam apmācāmajam saprotot, vai izveidotais projekts ir lietojams nākamajā projektēšanas posmā. Ja secīgi neizdodas veikt nākamās darbības, tad ir skaidrs, ka pirmajā posmā ir pieļautas kļūdas, kas neļauj notikt projekta virzībai tālāk.

Skolotājs kursa apguves pārbaudei sagatavo atbilstošus praktiskus uzdevumus un testus. Jau kursa ietvaros pamatprasmes var tikt vērtētas ar konkrētiem, maziem piemēriem, kuru izpilde eksāmenā vairs netiek vērtēta (rezultāts tiek ņemts vērā pie kopējā priekšmeta vērtējuma semestrī). Studentam jāspēj pabeigt katru no šiem uzdevumiem ļoti īsā laikā (dažas minūtēs), izmantojot tikai dažas darbības un datorizētās sistēmas rīkus. Tādējādi var pārbaudīt tieši tās spējas un iemaņas, kas ir apgūtas konkrētā mācību posmā. Šo piemēru vērtējums notiek tūlīt – skolotājs uzdod uzdevumu, apmācāmie to sagatavo, skolotājs koriģē skolēna darbības un novērtē padarīto (atgriezeniskā saite).

Gala pārbaudījumos un/vai kursa darbos tiek pārbaudītas prasmes un iemaņas ar sarežģītākiem uzdevumiem un projektējumiem – sagatavojot datorizētās projektēšanas uzdevumu, kas ļauj apmācāmajam parādīt visas spējas ne tikai izpildīt iemācītās projektēšanas procedūras, bet arī tās radoši pielietot citu uzdevumu izpildē. Šādam uzdevumam ir jābūt dažādiem iespējamiem risinājumiem. Tādējādi var novērtēt apmācāmā prasmes sistēmā un

spēju veikt piemērotākā risinājuma atrašanu. Turklāt precizitāte un tehnisko prasību ievērošana ietekmē galīgo vērtējumu.

1.3.3. Mācību procesa un zināšanu vērtēšanas nodrošinājuma problēmas

Pētījumā par studentu sagatavošanu nākotnes inženieru lomai [14], veikta aptauja, kurā konstatēts, ka tikai 8% apmācāmo (pēc karjeras uzsākšanas) pauduši apmierinātību ar datorizētās projektēšanas kursos apgūto, 18% uzskata, ka apmācībā iekļauts pārāk daudz matemātikas, datorzinību un mehānikas aspektu, savukārt 74% aptaujāto atzinuši, ka visi minētie aspekti, kā arī tieši sistēmas praktisks lietojums mācību programmās iekļaujams lielākā apjomā. Tāpat respondenti atzinuši, ka nepieciešama mācību satura individualizācija, īpaši datorizētās projektēšanas darbu sarežģītības un izpildes ātruma ziņā. Mācību satura dažādošanu un pielāgošanu indivīda vēlmēm (uzdevuma izvēle, sarežģītības pakāpes izvēle, iespēja atgriezties pie vienkāršāka projekta), kā vienu no galvenajiem didaktiskajiem principiem apmācības uzlabošanai, uzsver arī pētījums par CAD apmācību dažādos studiju līmeņos [11].

Līdz ar to mācību satura adaptācija uzskatāma par vienu no galvenajām problēmām ne tikai tradicionālajā mācību procesā [30], bet arī CAD/CAM sistēmu apmācībā. Adaptīva apmācība var tikt definēta kā unikāla mācīšanās pieredzes veidošana katram apmācāmajam, kas balstīta uz apmācāmā personības iezīmēm, interesēm un darbībām ar mērķi uzlabot zināšanas, to ieguves ātrumu un kvalitāti, kā arī paaugstināt mācību procesa efektivitāti [54,55,56,57]. Apmācāmā motivācija aug, ja tiek piedāvāta izvēle no dažādiem uzdevumiem [11]. Tādējādi apmācāmie ir motivēti, jo var pielāgot uzdevumu savam prasmju līmenim. Tas palīdz izvairīties no apmācāmo zināšanu, spēju un prasmju pārvērtēšanas vai nenovērtēšanas. Ja apmācāmo pārvērtē, no tā sagaidot pārāk augstu prasmju līmeni, pieaug iespējamība, ka apmācāmais pametīs mācības, neiegūstot nepieciešamās spējas. Savukārt, ja uzdevumi ir pārāk vienkārši, ir lielāka varbūtība, ka labāka līmeņa apmācāmajiem būs garlaicīgi.

Skolotājs datorizētās projektēšanas apmācību laikā dod ieskatu projektēšanas procesā, sniedz zināšanas par CAD sistēmas rīku lietojumu un demonstrē, kādi darbību algoritmi veicami datorizētās projektēšanas uzdevumu izpildei. Ne reti šādi demonstrējumi tiek atkārtoti: apmācāmais savu darbu ir izpildījis, taču tas ir noticis atkārtojot skolotāja rādīto, līdz ar to procedūru apguve notikusi zemā līmenī. Šī problēma iezīmē nepieciešamību pēc nelieliem paraugdemonstrējumiem – secīgas uzdevuma izpildes ar instrukcijām un attēliem no CAD sistēmas, parādot objekta modelēšanas un konstruēšanas procesu. Tādējādi apmācāmie var kontrolēt sava mācību progresa ātrumu, kā arī skolotājs var piedāvāt citus, līdzīgus

uzdevumus izpildei, pārliecinoties, ka ir saprastas konkrētā uzdevuma izpildes procedūras un darbību algoritmi. Daži CAD/CAM sistēmu uzņēmumi piedāvā īsfilmas, piemēram, [53,58,59], lai demonstrētu sarežģītāku programmatūras rīku izmantošanu vai nelielu projektu izveidi.

Ja skolotāja sniegtās zināšanas ir tikai teorētiskas, bez reāla pielietojuma, tad apmācāmo interese var būt zema un var nerasties motivācija apgūt datorizēto projektēšanu. Sniedzot reālus datorizētās projektēšanas piemērus (turklāt šie piemēru modeļi var būt gan reāli gan virtuāli), kas atbilst apmācāmo vecumam, izglītības līmenim un nākotnes profesijai, ļauj apmācāmajam apgūt CAD/CAM sistēmas. Ja apmācāmie ir pārliecināti, ka iegūtas pietiekamas zināšanas datorizētās projektēšanas sistēmu lietojumā – ir guvuši pietiekamu apliecinājumu savām zināšanām (pārbaudes darbu rezultāti, novērtējums), zina, ka viņi var izmantot savas CAD zināšanas darba dzīvē, iegūt labāk apmaksātu darbu, viņu mācību motivācija aug.

Līdztekus darba iemaņām (sistēmas lietojuma prasmēm), strādājot ar grafisku datņu izveidi, svarīga ir grafiskā rezultāta precizitāte un izveides ātrums (atbilstoša kompetence). Grafisko uzdevumu veikšanai CAD/CAM vidē ir sava noteikta secība/kārtība, taču veikto uzdevumu kvalitāti (precizitāti, ātrumu) tieši iespaido rasētāja zināšanas un prasmes sistēmas lietošanā. Šādu projektējumu pārbaude ietver gala rezultāta un dokumentācijas novērtējumu, taču zināšanu pārbaudei darbā ar CAD/CAM sistēmām nav izstrādāta vienota pieeja, nav iespējams pārbaudīt darba secību, tā gaitu, veiktās procedūras un darba izstrādes procesu. CAD/CAM sistēmu lietojuma novērtēšanai mēdz būt izstrādāti tipveida uzdevumi, kas tiek lietoti studenta sākotnējo zināšanu (tādas, kas iegūtas apmācības sākumposmā) novērtēšanai. Šo uzdevumu izpildei nepieciešamo CAD/CAM sistēmu funkciju skaits ir neliels (parasti nepārsniedz 10), to izpildes novērtējums tradicionāli balstās izveidotā rasējuma atbilstībā uzdotajam [45,49,60].

1.3.4. Zināšanu vērtēšanas uzdevumi

Uzdevumu izveide CAD/CAM tradicionālajā apmācībā visbiežāk ir pasniedzēja pārziņā, ja vien nav izdota grāmata, kurā vienkārši pārbaudes darbi doti kā piemēri, piemēram, CAD sistēmas Grafis apguvei izdotajās mācību grāmatās ir pieejami uzdevumi, kurus sagatavojis autoru kolektīvs [60]. Literatūrā pieejami vispārīgi ieteikumi, kā veidot uzdevumus zināšanu pārbaudei, tā piemēram, J.Willis [61] iesaka uzdevuma kvalitātes pārbaudei veikt piecu aspektu noskaidrošanu:

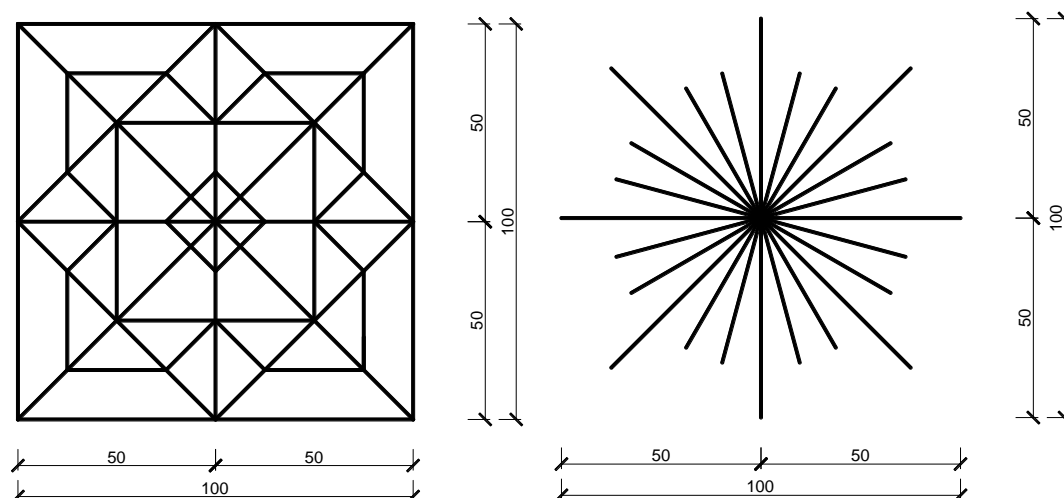
- Vai aktivitāte rosina lietotāju interesi?

- Vai uzdevums fokusējas uz mācību vielas būtību?
- Vai uzdevumam ir rezultāts?
- Vai izpildes rezultāts fokusējas uz rezultātu? Vai uzdevuma pabeigšana ir prioritāte?
- Vai uzdevums (aktivitāte) saistāma ar reālās (prakses) pasaules aktivitātēm?

Autors uzsver – “jo vairāk un pārliecinošāk var atbildēt JĀ, jo vairāk aktivitāte līdzinās uzdevumam”. Šos jautājumus autors piedāvā kā ceļvedi uzdevuma izveidē, lai tas būtu jēgpilns.

Līdzīgu pieeju uzdevumu scenāriju izveidei tas pats autors piedāvāja agrāk [62], konkrēti norādot, ka uzdevumu izveide sastāv no četriem posmiem: pirms uzdevuma, uzdevuma sagatavošana, uzdevuma realizācija un pēc uzdevuma. Pirms uzdevuma posmā notiek materiāla izpēte, ideju apkopošana, pieredzes apkopošana. Uzdevuma sagatavošana ietver plānošanu, lomu spēles, neskaidro jautājumu apspriešanu, nepieciešamo mācību satura daļu apzināšanu. Uzdevuma realizēšana aptver paņēmieni kopu, ar kādiem apmācāmais to izpilda un prezentē. Pēc uzdevuma fāzē noskaidro, vai tas bijis noderīgs. Vēl vairāki citi autori [63,64,65,66] akcentē tieši praktisko lietderīgumu uzdevumu izveidē.

Lai arī pārbaudes uzdevumu izveide ir katra eksperta/skolotāja pārziņā, kā arī attiecas uz jomu, kuras rasējumi un dizaina objekti tiek īstenoti CAD/CAM sistēmā, tomēr ir iespējams izdalīt grafiskos pamatvienumus, kas tiek lietoti ikvienā projektēšanas uzdevumā – tie ir ģeometriskie primitīvi (punkts, līnija, četrstūris, riņķa līnija utml.), kas jebkurā projektā (pat ļoti specifiskos, piemēram, elektrības, ūdens un/vai siltuma plūsmas u.tml. projektos) veido vismaz bāzes tīklu un palīglīnijas.



1.5.att. Uzdevumu paraugi, pēc [60]

Vienkārši vingrinājumi ir sagatavoti arī sistēmas Grafis apguvei [60] – šie uzdevumi izstrādāti universitātē, sadarbojoties autoru kolektīvam no akadēmiskā personāla un industrijas. Uzdevumi ir universāli un piemēroti grafisko vienumu pārbaudei dažādās CAD/CAM sistēmās (1.5.att.). Šajos uzdevumos tiek nostiprinātas un pārbaudītas zināšanas par tādu grafisko primitīvu zīmēšanu kā punkti, līnijas un četrstūri. Uzdevumi veidoti ar nolūku apgūtu dažādus līniju dalījumu un ģeometriskās orientēšanas paņēmienus.

Pašlaik pastāvošā apmācībā un zināšanu pārbaudē CAD/CAM sistēmu lietojuma jomā, darba vērtējums tiek balstīts gala izstrādes novērtējumā – eksperts (skolotājs) novērtē apmācāmā paveikto, pārbauda rezultāta vizuālo atbilstību, mērogojumu un grafisko vienumu skaitu. Pamatojoties šajos parametros, eksperts izliek vērtējumu par paveikto, kas var būt arī subjektīvs. Vērtējums, kas veikts, izsekojot apmācāmā darbības soli pa solim, ļautu novērtēt apmācāmā kompetences CAD/CAM sistēmā– vērtējot ne tikai darbības, bet arī darba procesu, pieeju problēmu risinājumam.

Pirmās nodaļas kopsavilkums un secinājumi

Pirmā nodaļa ir veltīta datorizētās projektēšanas apmācības un tās aspektu analīzei un aprakstam. Tajā aprakstīts tradicionāls un ar tehnoloģijām atbalstīts mācību process ar mērķi analizēt datorizētās projektēšanas apmācību un zināšanu vērtēšanas nodrošinājumu, identificēt problēmas CAD sistēmu apmācības procesā.

Svarīgākie pirmās nodaļas rezultāti:

- Veikta mācību procesa analīze, nosakot tā mērķus, apmācāmā raksturojuma nepieciešamību, motivācijas analīzi, atgriezeniskās saites nepieciešamību un citas pamatkomponentes.
- Analizētas apmācības procesa metodes, dots ieskats ar tehnoloģiju atbalstītā mācību procesā.
- Identificēts datorizētās projektēšanas apmācības un zināšanu vērtēšanas nodrošinājums un veidi, to trūkumi. Zināšanu vērtēšana ietver gala rezultāta un dokumentācijas novērtējumu, taču zināšanu pārbaudei darbā ar CAD/CAM sistēmām nav izstrādāta vienota pieeja, nav iespējams pārbaudīt darba secību, tā gaitu, veiktās procedūras un darba izstrādes procesu.
- Identificētas problēmas esošajā zināšanu novērtēšanas pieejā, raksturots uzdevumu izveides process, doti piemēri.

Galvenie pirmās nodaļas secinājumi:

- Mācību procesa komponentes var tikt identificētas kā: mācību mērķu noteikšana un apjēgšana; apmācāmā īpašību un individuālo mērķu apzināšana; apmācības ideja un motivācija, kas saistāma ar mērķiem; mācību metodes, to efektīvs pielietojums; atgriezeniskā saite mācību mērķu sasniegšanas motivēšanai un mācību rezultāta novērtēšanai, kā arī jaunu mācību mērķu nosprausšanai.
- Lai īstenotu mācīšanos, apmācāmajam ir jāsaprot mācību mērķis, jāapzina savas pašreizējās zināšanas attiecībā pret mācību mērķiem un jāveic mācīšanās, lai uzlabotu zināšanas. Tādejādi atgriezeniskā saite var būt par pamatu turpmākajam izziņas procesam un apmācāmā mācību motivācijai.
- Datorizētās projektēšanas sistēmu apmācība nevar pastāvēt bez ražošanas ietekmes – komerciālās CAD/CAM sistēmas ir izstrādātas, lai automatizētu projektēšanas un ražošanas procesus. Rūpnieciskie pielietojumi ir CAD

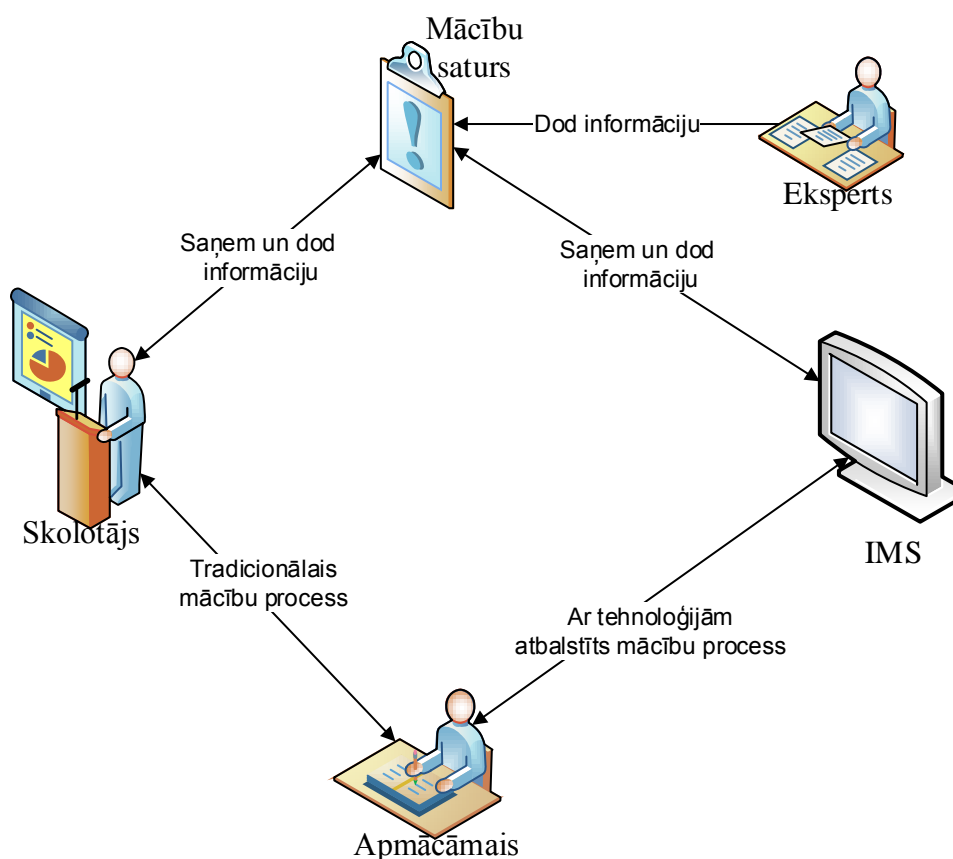
tehnoloģiju un CAD sistēmu attīstības pamatā. Mainoties industrijai, tiek pielāgotas un attīstītas datorizētās projektēšanas sistēmas, tādējādi arī apmācību process regulāri jāpielāgo izmaiņām.

- CAD/CAM apguve ir ļoti sarežģīta: prasmju klāsts ietver ražošanas jomas pārzināšanu, 2D un 3D projektēšanu, matemātikas un IT prasmes, objektu un produktu vizualizāciju, rasēšanas iemaņas un citas kompleksas zināšanas. Apmācību procesā joprojām pastāv neizzināta mijiedarbība starp apmācāmo un mācību saturu. Izpētot, kā notiek zināšanu apguve un, kāda veida mācību atbalsts veicina apmācāmā izglītošanos un motivāciju, ir iespējams uzlabot datorizētās projektēšanas apmācību.
- Apmācības rezultāts tradicionāli novērtējams atbilstoši apmācāmā uzvedības/rīcības maiņai pēc apmācību procesa norises. Analizējot datorizētās projektēšanas apmācības procesa rezultāta novērtējuma metodes, secināms, ka nepastāv iespējas novērtēt apmācību procesu/uzdevumu izpildi un apmācāmā gūtās zināšanas, vien gala rezultātu. Tas iezīmē jaunas pieejas nepieciešamību.
- Lietotāju CAD/CAM zināšanu pārbaudei tiek lietoti vienkārši uzdevumi, kuru veids atkarīgs no nozares, kurā datorizētā projektēšana tiek lietota (nozares specifikai arī atbilst lietotā specializētā CAD/CAM sistēma), šādi uzdevumi veidoti pamatzināšanu (sākotnējo zināšanu) pārbaudei, to rezultātus pārbauda pēc gatavā rasējuma, nesekojot lietotāja veiktajām darbībām.

Nodaļā ir analizētas datorizētās projektēšanas apmācību procesa problēmas, kas izvirza vispārīgas prasības apmācības procesam, tādējādi ļaujot secināt, ka ar tehnoloģijām atbalstīts mācību process veicinātu šo problēmu risinājumu. Intelektuālas mācību sistēmas izveide ļautu atrisināt problēmas, kas saistāmas ar atgriezeniskās saites trūkumu, adaptivitātes trūkumu un plaģiātisma rašanos (tā kā pārbaudei šobrīd tiek pakļauts tikai projektējuma gala rezultāts nevis viss tā izveides process, tad ir viegli uzdot cita darbu par savējo). Šo problēmu risinājums ļautu atvieglot skolotāja darbu un uzlabot apmācāmā mācību rezultātus un veicināt to paaugstināšanu.

2. INTELEKTUĀLAS MĀCĪBU SISTĒMAS

Pirmajā nodaļā salīdzināts tradicionālais mācību process un ar tehnoloģijām atbalstīts mācību process ar mērķi noteikt CAD/CAM sistēmu lietojuma novērtēšanai piemērotāko. Secināts, ka datorizētās projektēšanas apmācību procesa uzlabošana var notikt ar intelektuālas mācību sistēmas (IMS) palīdzību. Galvenais IMS mērķis ir sniegt mācīšanās norādījumus, pielāgojot mācību procesu katra konkrētā apmācāmā zināšanu un prasmju līmenim [67]. 2.1.attēlā dots mācību procesa salīdzinājums: tradicionālajā procesā iesaistītās komponentes un ar tehnoloģijām atbalstītā mācību procesā iesaistītie – ja tradicionālajā mācību procesā iesaistīts skolotājs, tad ar tehnoloģijām atbalstītajā to pilnībā vai daļēji aizvieto IMS. Mācību saturs ir komponente, ko veido eksperts vai ekspertu grupa – tas var būt gan skolotājs, gan neatkarīgi eksperti, kas izstrādā mācību saturu. Eksperts iedarbojas uz mācību saturu, to papildina – dod informāciju. Ja tiek īstenots mācību process, kurš tiek pilnībā nodrošināts ar intelektuālu mācību sistēmu, tad eksperts ir vienīgais, kurš veic mācību satura izveidi.



2.1.att. Mācību procesa salīdzinājums – tradicionālais un ar tehnoloģijām atbalstīts

IMS sadarbojas ar mācību satura komponenti, saņemot mācību materiālus, pārbaudes darbus un papildliteratūru, Pēc sadarbības ar apmācāmo IMS dod informāciju mācību satura

uzlabošanai, atbilstoši apmācāmā darbībām, veiksmei un grūtībām apmācību procesā. Kā redzams 2.1.attēlā, gan tradicionālais, gan ar tehnoloģijām atbalstīts mācību process tiek organizēts līdzīgi, ja IMS pilnībā aizstāj skolotāju-cilvēku.

Šāda sistēma ļauj izveidot (lai arī nepilnīgu) reāla skolotāja aizvietotāju [30,68,69]. Salīdzinot ar reālu skolotāju, sistēmai ir vairākas priekšrocības [70,71]:

- Sistēmu var izmantot vienlaikus vairāki apmācāmie – arī dažādās vietās (vietas un laika neierobežotība), vienīgais ierobežojums – tehniskā nodrošinājuma iespējas.
- IMS ir iespējams integrēt vairāku skolotāju/ekspertu zināšanas.
- Sistēmas datu bāzē uzglabātā informācija par studentu paveikto, zināšanu līmeni, uzdevumu izpildi un cita informācija ir pilnīgāka un plašāka par reāla skolotāja iespējām atcerēties apmācāmo veikumu.
- Sistēma var tikt izmantota neierobežotu laiku (sistēmas lietojumu ietekmē tikai tehnoloģiju ierobežojums).
- Pēc ieviešanas sistēmas uzturēšanai ir zemas izmaksas.

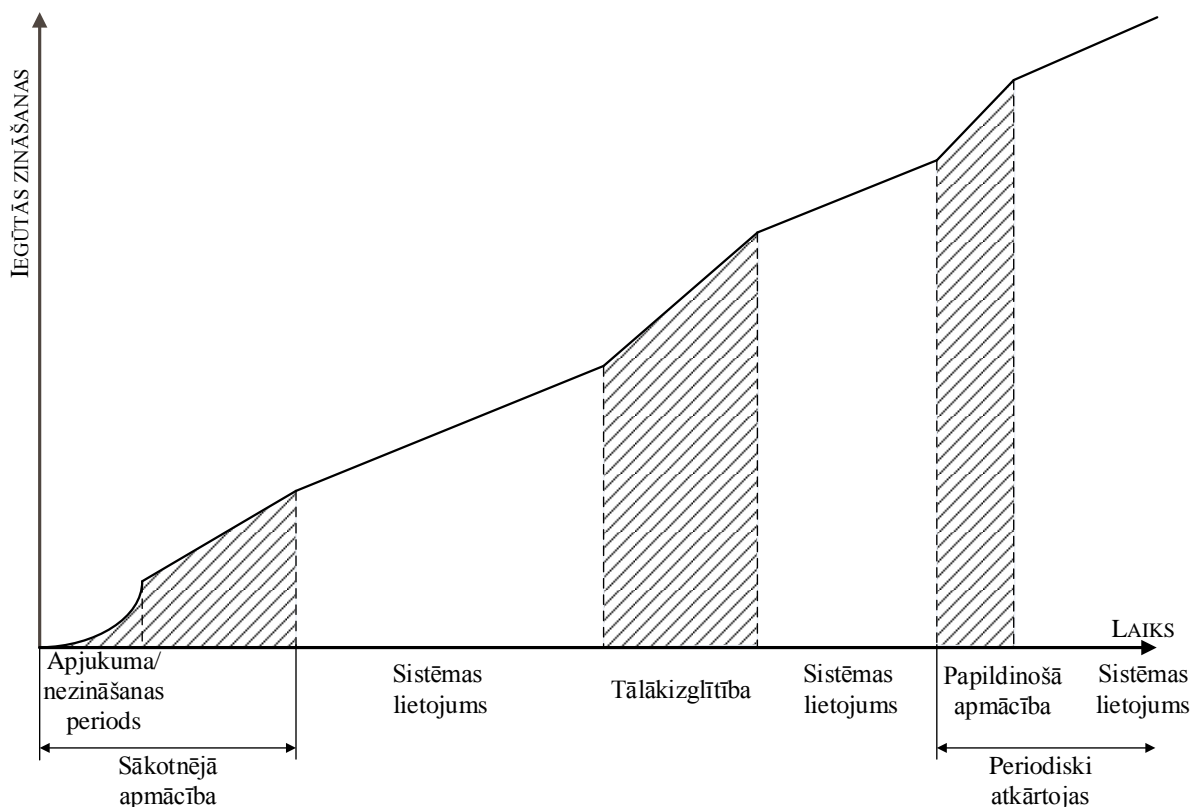
Balstoties tradicionālā mācību procesa nodrošinājumā un tā organizācijas pamatkomponentēs (skolotājs, apmācāmais un mācību saturs), tiek veidotas intelektuālas mācību sistēmas ar mērķi uzlabot mācību procesu, atvieglot skolotāja darbu un pielāgot apmācības apmācāmajam, tādejādi veicinot mācību satura apguvi. Galvenais IMS izstrādes mērķis datorizētās projektēšanas sistēmu apgūvē ir novērtēt apmācāmā darbības ar sistēmu, novērtēt zināšanu līmeni un dot atgriezenisko saiti par to.

Zināšanas datorizētās projektēšanas sistēmu lietošanai tiek iegūtas sākot ar sākotnējo apmācību, kad skolotāja sniegtās zināšanas tiek pārņemtas un lietotas datorsistēmā. Lietojuma apguve soli pa solim ir ierastākais datorizētās projektēšanas sistēmu apguves veids – skolotājs rāda, kā ir iespējams veikt katru darbību, apmācāmais to atkārto savā darba stacijā. Dažkārt (ļoti reti) apguve notiek attālināti – ar lietotāja ceļveža vai videopamācību palīdzību. Nozīmīgs apguves solis ir atgriezeniskā saite – ja apmācāmais nav izpratis darbības un nespēj veikt nodarbības uzdevumu, skolotājs atbild uz jautājumiem, individuāli parāda, kādas darbības veicamas, lai turpinātu un/vai labotu uzdevuma izpildi. Darba autora pieredze darbā CAD/CAM sistēmu apmācībā, kā arī kolēģu RTU un ārzemju universitātēs¹⁵, rāda, ka vairumā gadījumu apmācības sākuma posmā iegūto zināšanu kāpums ir ļoti niecīgs – apmācāmais neizprot datorizētās projektēšanas būtību, ir apmulsis par sistēmas rīku/funkciju lietojumu un nespēj veikt nodarbības uzdevumus. Tādēļ pirms nopietnu projektu izstrādes

¹⁵ Noskaidrots pārrunās ar kolēģiem, kā arī diskusijās konferencēs.

apmācāmajam tiek piedāvāti vienkārši uzdevumi grafisko pamatvienumu apguvei – līniju zīmēšanai, četrstūru, aplū un citu ģeometrisku figūru parametriskai vai neparametriskai attēlošanai. Kad apmācāmais ir apguvis sistēmas lietojuma principus, var notikt tālāka apmācība, kad zināšanu kāpums ir ļoti straujš (kā rāda darba autora pieredze – zināšanu kāpums ir lineārs, kur līnijas grafika slīpuma koeficients ir atkarīgs no apmācāmā spējām, apmācībās pavadītā laika un tā izmantošanas kvalitātes) [72]. Pēc sākotnējās apmācības seko sistēmas lietojums, kura laikā zināšanas tiek nostiprinātas un, veicot reālus projektēšanas uzdevumus (kuros nepieciešams lietot arī zināšanas par projektējamo objektu, aptvert nepieciešamās rasējuma daļas – bāzes tīklu, gabarītlīnijas, rasējuma līnijas, palīglīnijas un citus nepieciešamos projekta atribūtus), tiek papildinātas praktiski lietojot datorizētās projektēšanas sistēmu (posms var būt integrēts gan apmācības procesā, kur apmācāmais izpilda studiju noslēguma darbus vai specializētu mācību kursu studiju projektu, gan arī nozares prakses uzdevumu izpildē – studiju ietvaros vai darba vietā). Šajā posmā jaunu zināšanu ieguve nenotiek strauji. Tādejādi zināšanu ieguves turpmākais ieguves process aprakstāms ar gabaliem gludu funkciju, kuras posmi ir lineāri ar dažādiem slīpuma koeficientiem. Kā nākošais zināšanu ieguves posms seko tālākā izglītība (jeb tālākizglītība) – ja projektētājam ir interese par sistēmas padziļinātu apguvi, ir iespēja to apgūt lietpratēja līmenī tālākizglītībasursos vai augstākos studiju līmeņos. Šajā posmā notiek arī ekspertu apmācība, kuru darba paņēmienus CAD/CAM sistēmā nepieciešams uzlabot. Turpmākie apmācību posmi atkarīgi no konkrētās CAD/CAM sistēmas – atjauninājumu biežuma un to sarežģītības – šie posmi atkārtojas periodiski.

Visi apmācības posmi, kas identificēti empīriskā ceļā (promocijas darba autoram ir vairāk kā 15 gadu pieredze CAD/CAM sistēmu apmācībā), attēloti grafiski 2.2.attēlā.



2.2.att. CAD/CAM sistēmu apguves posmi [72]

CAD/CAM sistēmu apguves posmi, kuros piedalās skolotājs iekrāsoti, lai izceltu posmus, kuros zināšanu ieguvei nepieciešama apmācāmo darbību novērtēšana. Tādēļ nepieciešama IMS apmācāmo darbību sekošanai, analīzei un novērtējumam, ņemot vērā jau iepriekš secināto procesa trūkumu – netiek nodrošināta procesa analīze, kas ļautu kāpināt zināšanu ieguves ātrumu.

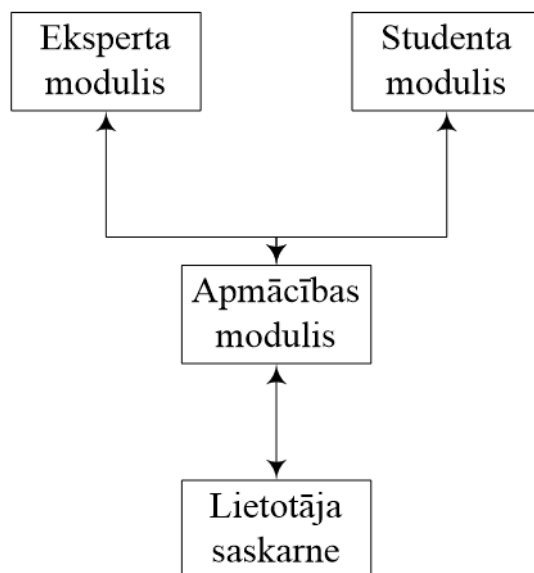
2.1. Intelektuālu mācību sistēmu uzbūve

Definējot IMS (skatīt šīs nodaļas sākumu), noteiktas to galvenās komponentes. Arī citos avotos [30,73,74,75] tiek uzsvērts, ka IMS jāpielāgojas apmācāmajam (tātad jāveic viņa darbību izzināšana un analīze), sistēmu īstenošanā lietotas mākslīgā intelekta tehnikas (tādas kā: aģenti, balss atpazīšana, loģika un faziloģika [76,77]). Sistēmas tiek veidotas moduļos, kas izpilda eksperta, studenta un apmācību lomu. Lai realizētu šiem kritērijiem atbilstošu sistēmu (par sistēmu uzskatāms elementu kopums, kur elementiem ir noteiktas attieksmes un pašai sistēmai ir noteiktas funkcijas), jāapzina IMS funkcijas, kas nodrošina augstāk minēto komponentu darbību.

IMS uzbūve balstās tradicionālā mācību procesa nodrošinājuma pamatkomponentēs: skolotājs, apmācāmais un mācību saturs. Šīs komponentes nosaka IMS arhitektūras

pamatsastāvdaļas – moduļus. Moduļi ir savstarpēji saistīti, to skaits var būt papildināts atkarībā no sistēmas mērķa un uzdevumiem, problēmsfēras un citiem aspektiem. Sistēmu veido eksperta modulis, studenta (apmācāmā) modulis, apmācības (mācību satura) modulis un lietotāja saskarne (vispārīgo shēmu skat. 2.3.attēlā). Katrā sistēmas komponentē (modulī) nodrošināmas atsevišķas funkcijas.

Studenta modulis ir uzkrājoša tipa – tas uzkrāj informāciju par studenta veiktajām darbībām, rezultātiem un sekmēm. Eksperta modulis, savukārt, satur informāciju par apmācībām. To var papildināt un sadarbībā ar studenta moduli veikt izmaiņas mācību saturā, lai tuvinātu apmācības moduļa darbību studentu problēmu risināšanai. Apmācības modulis uzglabā un atspoguļo mācību saturu, sadarbojas ar abiem pārējiem moduļiem mācību satura iegūšanai. Ar lietotāja saskarnes palīdzību notiek darbs ar apmācības sistēmu.



2.3.att. Intelektuālas mācību sistēmas uzbūve [78,79]

Balstoties šajos moduļos, intelektuāla mācību sistēma seko apmācību procesam, spriež par apmācāmā darbībām un zināšanām, to izmaiņām, veic mācību satura adaptāciju apmācāmā individuālajām vajadzībām, sniedz vērtējumu bez skolotāja iejaukšanās, līdz ar to pilnībā vai daļēji aizstājot cilvēku-skolotāju mācību procesā.

2.1.1. Eksperta modulis

Skolotāja prasmes un zināšanas tiek integrētas datorsistēmā ar dažādu mācību materiālu, uzdevumu (izpildei), uzdevumu veikšanas secību (paraugu) palīdzību. IMS eksperta modulis, līdztekus zināšanu krātuvei, tiek papildināts ar skolotāja/eksperta mācīšanas veidu/metodēm un reakcijas izpausmēm.

Eksperta modulī ir jānodrošina šādas funkcijas:

- Mācību materiāla integrēšana sistēmā tā, lai to būtu iespējams sadalīt un prezentēt (atspoguļot) apmācāmajam atkarībā no viņa mācību stila.
- Mācību materiāla integrēšana sistēmā tā, lai to būtu iespējams sadalīt un apmācāmajam prezentēt (atspoguļot) atkarībā no grūtības pakāpes – apguves līmeņa (nule reģistrētam apmācāmajam var prezentēt uzdevumu, kas pārbauda pamatzināšanas – šādu uzdevumu izveidei nepieciešams attiecīgi strukturēts materiāls).

Šī moduļa saturs tiek veidots no mācību līdzekļiem, kas sagatavoti apmācībām sistēmā. Katrs materiāls var tikt sadalīts vairākās daļās atkarībā no tā mērķa un lietojuma: tēmas ietvars, mācību materiāls, uzdevumu varianti, pārbaudes darbi. Mācību saturs tiek integrēts sistēmā atbilstoši tās darbības tehniskajam nodrošinājumam. Saturu var sagatavot viens vai vairāki autori.

Satura integrēšana eksperta modulī tiek strukturēta hierarhiski, sadalot saturu vienībās, kuras var ietvert nodaļas un apakšnodaļas. Strukturētu saturu reprezentē apmācāmajam pakāpeniski – papildinot apgūto ar jaunu informāciju.

2.1.2. Studenta modulis

Studenta modulis tiek veidots tā, lai tajā uzkrātu informāciju par studentu: viņa personas datus, apgūstamo mācību vielu, apgūto (aplūkoto mācību vielu, izpildītos uzdevumus), lai uzkrātu informāciju par apmācāmā mācīšanās pieeju (stilu) un novērtētu viņa mācību progresu. Uzkrātā informācija ļauj izsekot apmācāmā mācību procesu, iegūt informāciju par sistēmā pavadīto laiku, izpildīto uzdevumu sekmību. Students saņem mācību materiālu, kas, atkarībā no IMS integrētās pieejas, tiek pielāgots studenta zināšanu līmenim un spējām. Students var izvēlēties cita līmeņa mācību materiālu vai uzdevumu. Visa informācija tiek uzkrāta IMS studenta modulī, lai analizētu studenta darbības un pielāgotu apmācību materiālu studenta vajadzībām.

Izdala IMS studenta moduļa galvenos uzdevumus [79]:

- Uzkrāt informāciju par apmācāmā spējām.
- Uzkrāt informāciju par apmācāmā zināšanām.
- Analizēt apmācāmā uzvedību, noteikt tā mācīšanās stilu.

Apmācāmā mācīšanās stilu IMS nosaka ar šādu trīs metožu palīdzību: apmācāmā uzvedības analīze, kļūdu analīze (apmācāmā pieļautās kļūdas, veicot uzdevumus) un reakcijas uz tām analīze, apmācāmā uzvedības analīze sistēmā [30,80,81,82]. Uzsākot darbu ar sistēmu,

lai IMS varētu realizēt apmācāmā analīzi, studenta modeli jāizveido pamatinformācija par apmācāmo – apmācāmā personas datu reģistrācija, pēc kuras apmācāmajam var piedāvāt izpildīt zināšanu pārbaudes testu vai uzdevumu. Šādas pārbaudes rezultātā tiek noteikti studentu raksturojošie sākotnējie atribūti. Ja sistēmā netiek paredzēti sākotnējie testi, tad apmācāmā tips tiek inicializēts vispārīgā veidā – sistēmā tiek integrētas vērtības, kas raksturo vispārīgu studenta tipu – noteiktu datu kopa, kas tiek ģenerēta pēc apmācāmā reģistrācijas un raksturo studenta modeli ar vērtībām pēc noklusēšanas (šīs vērtības integrē sistēmā atbilstoši apmācāmo līmeņiem/kursiem un minimālajām priekšzināšanām, kādas definētas konkrēta kursa apguvei). Noteikt apmācāmā tipu neietilpst šī promocijas darba mērķī un uzdevumos.

Studenta modulī ir jānodrošina šādas funkcijas:

- Testu izpildes un uzdevumu risinājuma analīze – apmācāmā darbību uzskaitē un pareizības izvērtējums, risinājuma pilnīguma (pabeigtības) novērtējums, teorijas zināšanu un praktisko iemaņu analīze.
- Apmācāmā zināšanu līmeņa izvērtēšana, tēmas sarežģītības izvērtējums (apmācāmā aspektā – cik ātri un viegli, vai tieši otrādi, lēni un ar grūtībām apmācāmais nonāca pie risinājuma).
- Apmācāmā darbību pārskata (atgriezeniskās saites) sagatavošana un individualizēšana, kā arī papildus apgūstamās/ atkārtojamās mācību vielas satura atlase.

Darba organizācijas analīze CAD/CAM sistēmas lietošanas laikā nevar tikt veikta ar tradicionālajām hronometrēšanas metodēm tādēļ, ka:

- Laiks nav vienīgā komponente, kas ietekmē darba procesu CAD/CAM lietojumā – tikai ātra funkciju lietošana, orientēšanās sistēmas rīkos un to raita izmantošana nenodrošina racionālu un efektīvu darba procesu.
- CAD/CAM sistēmu lietojuma procesā (projektēšanas darbu izpildei) nav reglamentēta un pamatota darba operāciju secība, nav iespējams sadalīt darbus nedalāmajās operācijās un tos reglamentēt ar operācijai paredzēto laiku.
- Katru darba (projektēšanas) posmu var izpildīt ar dažādiem paņēmieniem (ieskats dots 1.3.4. nodaļā). Tā kā projektēšanas posmi dažādiem projektiem ir atšķirīgi un atšķiras arī atkarībā no projekta specifikas (ražošanas jomas), tad nav iespējams identificēt darba posmus, lai reglamentētu to izpildes paņēmienus.

Kā galvenā problēma CAD sistēmu lietojuma apmācībā un apmācāmo rezultātu novērtēšanā identificējams informācijas trūkums par apmācāmā darbībām uzdevumu izpildes laikā.

2.1.3. Apmācības modulis

IMS apmācības modulis bez cilvēka – skolotāja līdzdalības nodrošina apmācības procesu – nosaka tā dēvēto virtuālo skolotāju darbības, kas apmācāmajam piemērotā veidā un atbilstošā secībā veic mācību materiāla atspoguļošanu. Virtuālā skolotāja darbības nosaka noteikumu kopums (apmācības stratēģija un tās realizācijai nepieciešamās instrukcijas), ko izstrādājis mācīšanās eksperts. Katrs noteikums sastāv no pieņēmumiem un secinājumiem. Noteikumu pieņēmums ir studenta zināšanas, darbības un cita informācija, ko uzkrājis studenta modulis, savukārt secinājums ir atbildes reakcija, kādu sistēma veic atbilstoši noteikumiem.

Apmācību modulis IMS pilda šādas galvenās funkcijas [30,81,83]:

- Izvēlas apmācāmajam piemērotāko mācību vielu, tās pasniegšanas formu un secību.
- Piedāvā nākošās mācību tēmas atbilstoši apmācāmā darbībām sistēmā.
- Nosaka atgriezeniskās saites saturu, veidu (padomi, atbildes uz jautājumiem), īstenošanas laiku un apjomu.

Apmācības moduļa funkcijas:

- Mācību materiāla adaptīva atspoguļošana. (atkarībā no apmācāmā mācību stila un/vai atbilstoši apmācāmā zināšanu līmenim).
- Saites uz citu mācību materiālu ir saites/atsauces uz iepriekš apskatīto saistīto materiālu vai norādes uz papildus mācību materiālu zināšanu padziļināšanai, kā arī norādes uz nākamo apgūstamo vielu.
- Mācību materiāla adaptīva sakārtošana. Atbilstoši apmācāmā rezultātiem tiek izvēlēts nākamais jautājums vai tēma, ko piedāvā apmācāmajam, kā arī tiek sagatavoti testi/kontroldarbi atkarībā no apmācāmā mācību mērķiem, apgūstamās vielas apjoma un sākotnējā zināšanu līmeņa.
- Mājienu un paskaidrojumu sagatavošana atbilstoši apmācāmā uzrādītajiem rezultātiem testu un uzdevumu izpildē, apmācāmā motivēšana/ uzmundrināšana atkarībā no sasniegtajiem mācību rezultātiem un darbības IMS.

Atsevišķi raksturojama apmācāmā reģistrācija un identifikācija sistēmā, kas neiekļaujas nevienā no sistēmas pamatmoduļiem, un tiek īstenota caur lietotāja saskarni. Šai funkcijai jānodrošina jauna modeļa izveide studenta modulī, ja apmācāmais reģistrējas pirmo reizi vai esoša studenta modeļa aktivizācija pēc pieprasījuma (identifikācijas informācijas ievade).

Lielākā daļa nosaukto IMS funkciju raksturo sistēmas spēju adaptēties apmācāmajam. Lai šādu adaptāciju realizētu, nepieciešams panākt mākslīgā intelekta sistēmas un mācību vides sadarbību. Likumi, pēc kuriem šo sadarbību organizēt nav skaidri definējami, jo nav paredzami visi gadījumi, kādus reālas personas (apmācāmie) var pieredzēt, sadarbojoties ar sistēmu. Sistēmas spēja apmācīties ir realizējama ar aģentu palīdzību – tādas aģentu īpašības, kā spēja reaģēt uz darbībām, spēja spriest, plānot, apmācīties un pieņemt lēmumus kā arī daudzāģentu sistēmu atvērtība, ir nozīmīgas aģentu tehnoloģijas priekšrocības IMS izstrādē [84].

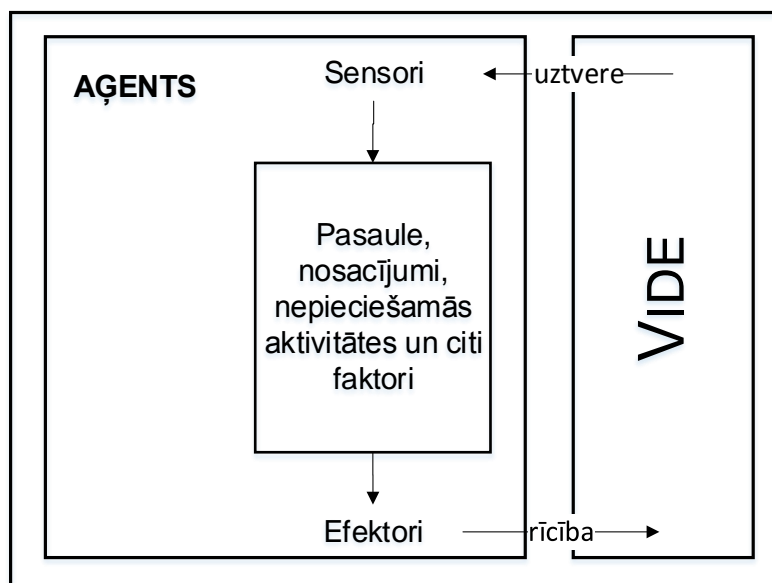
2.2. Aģentos balstītas intelektuālas mācību sistēmas

IMS realizācija mērķēta uz intelektuāla darba īstenošanu datorvidē. Daudzāģentu sistēmas satur aģentus, kas spēj sadarboties, nodot informāciju viens otram un savstarpēji apmācīties [85,86]. Interese par aģentu sistēmām ir jau vairākus gadu desmitus, taču pētījumi par tiem arvien pieaug [87,88,89,90,91,92].

Aģentu pieejas popularitāte IMS izveidē ļauj spriest par tās piemērotību šī uzdevuma risināšanai (piemēram, ABITS sistēma [93], sistēma medmāsu apmācīšanai [94], sistēma JAVA apgūšanai [95], MIPITS sistēma [96], CHRYSAOR sistēma [97] u.c.).

IMS īstenošanā tiek lietoti dažādi aģenti, kas integrēti sistēmas moduļos, atkarībā no to uzdevumiem – eksperta, mācību plāna, psiholoģiskais, sekošanas, novērtēšanas, izvēles, uzdevumu, atgriezeniskās saites un citi aģenti. Papildus nosauktajiem aģentiem un to veidiem, atkarībā no IMS mērķa un uzdevumiem, var tikt veidoti specifiski (vai hibrīdi) aģenti, specifisku uzdevumu izpildei un atgriezeniskās saites nodrošināšanai.

Aģents ir patstāvīga programmatūras vienība, kas eksistē kādā vidē un spēj izpildīt dažādas darbības, cenšoties īstenot izvirzītos mērķus [98,99,100,101]. Intelektuālais aģents ir aģents, kuram piemīt apmācības spējas – tas spēj ar sensoru palīdzību iegūt informāciju un apstrādāt to, apgūt jaunas zināšanas un lietot tās ar efektoru palīdzību. Vispārīga aģentu shēma dota 2.4.attēlā.



2.4.att. Vispārīga aģenta shēma, adaptēts no [86]

Aģents vidē ģenerē darbību secību atbilstoši tai uztverei, ko tas gūst no vides. Šīs darbības izraisa izmaiņas vidē, kas tādejādi nonāk dažādos stāvokļos. Ja darbību secība ir izpildīta atbilstoši sagaidāmajam – tā, lai vide ir izmainīta tā, kā paredzēts sistēmā, tad aģents savu darbu veicis labi. Šis vēlamības jēdziens tiek atspoguļots, novērtējot jebkuru noteiktu vides stāvokļu secību [86]. Vides, kādās aģentiem var nākties darboties ir ļoti daudzveidīgas. To skaits ir praktiski neierobežots no sistēmu projektētāju ideju realizācijas viedokļa. Atkarībā no sistēmas uzdevuma un realizācijas veida, var izdalīt dažādus parametrus, kas raksturo vides realizāciju [86]:

- Novērojamība – pilnībā, daļēji pieejama un nepieejama (novērojama) vide. Ja aģenta sensoriem ir pieejami visi vides stāvokļi katrā laika momentā, tad vide uzskatāma par pilnībā novērojamu (pieejamu), pretējā gadījumā tā ir nepieejama. Daļēji pieejama vide ir tad, ja aģents ir informēts par daļu no vides stāvokļiem.
- Noteiktība – determinēta vai stohastiska vide. Ja aģenta noteikta darbība pilnīgi noteikti izsauc vides stāvokļa noteiktas izmaiņas, tad vide uzskatāma par determinētu (noteiktu), pretējā gadījumā tā ir stohastiska. Savukārt, ja vide tiek raksturota ar iespējamiem darbību iznākumiem, bet tie nav saistīti ar varbūtību, tad šāda vide uzskatāma par nenoteiktu, bet ne stohastisku.
- Nepārtrauktība – nepārtraukta vai diskrēta vide. Diskrēta vide satur noteiktu stāvokļu daudzumu (šaha spēle), savukārt, nepārtraukta vide var turpināties nosacīti bezgalīgi.

- Secīgums – secīga vai epizodiska vide. Epizodiskā vidē katram aģenta kairinājumam (uztverei) seko atsevišķa aģenta darbība (rīcība). Nākamā epizode nav atkarīga no iepriekšējās darbības rezultātiem. Secīgas vides ir daudz sarežģītākas – tajās aģentam jādomā vairāki soļi uz priekšu, jāizvērtē savas darbības sekas (šaha spēle).
- Stratēģiskums (pārskatāmība) – zināma vai nezināma vide. Šīs vides raksturojums lielā mērā atkarīgs no tā, kādas zināšanas ir dotas aģentam par to. Zināmā vidē visi vides stāvokļi, kas tiek radīti aģentam iedarbojoties, ir zināmi. Savukārt, vide var būt pilnībā zināma, taču jāizstrādā stratēģija, lai varētu tajā darboties (kārtu spēlē – nav zināms, kāda kārts būs pieejama nākamā).

Izzinot aģentu lomu intelektuālā sistēmā, tiek definētas [30,84,86] intelektuālu aģentu svarīgākās (IMS aspektā) īpašības:

- Aktivitāte (reaktivitāte) – vides uztveršana, reakcija uz tās izmaiņām, rīcība atbilstoši reakcijai; reaktivitāte ir nepārtraukta vai diskrēta (atkarīgs no sistēmas darbības, aģenta uzbūves un īpašībām). Piemēram, pēc ievadītajiem parametriem aģents nosaka apmācāmā mācīšanās stilu.
- Proaktivitāte (darbība) – aktivitāte lēmuma pieņemšanas rezultātā; darbība, kad to aģents uzskata par nepieciešamu – spēj darboties uz mērķi virzīti. Piemēram, pēc saņemtās informācijas aģents nosaka uzdevuma izpildes vērtējumu.
- Komunikācijas spēja – spēja kontaktēties ar citiem aģentiem informācijas uztveršanai un apmaiņai. Piemēram, aģents spēj uztvert cita aģenta informāciju, kā arī nodot informāciju citam aģentam.

IMS realizācijā var tikt izmantoti vairāki aģentu tipi:

- Vienkāršs refleksu aģents – uztver pasauli, izvērtē pasaules stāvokli, izvērtē nosacījumus un reaģē ar aktivitāti uz pasauli. Aģentam ir dota zināšanu bāze – likumi, pēc kuriem tas darbojas, uztverot stāvokli, aģentam tiek dots darbības likums (ja – tad), rezultātā aģents veic likumos noteikto darbību.
- Uz modeļa balstīts refleksu aģents – tas ir aģents, kas seko līdz izmaiņām pasaulē. Tas seko konkrētam pasaules stāvoklim, lietojot iekšējo modeli. Rīcība tiek izvēlēta līdzīgi kā to dara vienkāršs refleksu aģents.
- Uz mērķi balstīts aģents – seko līdz izmaiņām pasaulē kā arī seko līdz izvērīto mērķu izpildei. Izvēlas to rīcību, kas galu galā ļaus sasniegt mērķi.

- Uz lietderību balstīts aģents – seko konkrētam pasaules stāvoklim, lietojot iekšējo modeli, rīcību pamato lietderības funkcijā, kas mēra vēlamo darbību atkarībā no pasaules stāvokļiem. Izvēlas rīcību, kas ved pie labākā sagaidāmā lietderības mēra, kurš tiek aprēķināts izvērtējot visus iespējamus (darbības rezultātā iegūstamos) pasaules stāvokļus un to varbūtību.

Aģentu raksturojošās pazīmes [30,102] ir šādas:

- aģents darbojas savu lietotāju interesēs;
- tas ir ievietots vidē un spēj uztvert šo vidi;
- tam ir mērķu kopa, un tas izpilda darbības, lai sasniegtu šos mērķus;
- aģents ir autonom.

Aģentu sistēmas var būt viena aģenta sistēma vai daudzāģentu sistēma. Ja aģents sistēmā darbojas viens pats (risina kādu noteiktu problēmu), tad šāda sistēma, acīmredzami, uzskatāma par vienaģenta sistēmu. Tiklīdz sistēmā integrēti vismaz divi aģenti, tā sistēma uzskatāma par daudzāģentu sistēmu. Ja aģenti savā starpā sacenšas, lai iegūtu vēlamo rezultātu – vides izmaiņas (piemēram, šaha spēle), to sauc par konkurējošu aģentu sistēmu. Aģenti, kuri sadarbojas, tiecas sasniegt kopīgu mērķi kopā, tad daudzāģentu sistēma ir tāda, kur aģenti sadarbojas. Intelektuālu mācību sistēmu realizācijai izmanto aģentus, kas spēj sadarboties – sistēmā integrēto aģentu kopīgais mērķis ir apmācību procesa realizēšana un mācību rezultātu sekmēšana un diagnosticēšana. Sistēmas uzbūvē tiek nodrošināti sadarbības un saziņas protokoli (ziņojumu fiziskai nosūtīšanai un ziņojumu sintakses specificēšanai) – aģentu spējai apmainīties ar ziņojumiem.

Katrs iepriekš raksturotais IMS modulis var tikt realizēts kā viena vai vairāku aģentu sistēma. Tādēļ katrā no moduļiem var izdalīt dažādus aģentus [30,74,84]. Promocijas darba IMS realizēšanai izmantotie aģenti aprakstīti 3.1.2.nodaļā.

2.3. Atgriezeniskās saites loma intelektuālās mācību sistēmās

Tā kā atgriezeniskā saite uzskatāma par apmācāmā motivācijas veicinātāju [67,103,104,105,106], tad tās īstenošanai tiek veidots viens vai vairāki aģenti, kas atbild par atgriezeniskās saites realizāciju un tiek integrēti apmācības modulī un lietotāja saskarnē. IMS izveidē nepieciešams ņemt vērā gan cilvēku vajadzības un prasības, gan arī informācijas tehnoloģiju iespējas [107,108,109,110]. No didaktisko līdzekļu lietojuma (mācību teorijas, mācību satura plāna, mācīšanas metodēm un organizatoriskās formas) atkarīgs atgriezeniskās saites veids un attēlojums IMS. Lai īstenotu iedarbīgu atgriezenisko saiti, nepieciešams

aptvert apmācāmā reakcijas uz mācību materiālu un analizēt mācību rezultātu veicināšanas iespējas. Turklāt IMS pielāgošanās spēja (viena no atgriezeniskās saites lomām) nozīmē ņemt vērā apmācāmā zināšanas par mācību vielu, intereses un mācīšanās stilus [54,105,109]. Realizējot IMS ar iespēju atvēlēt katram lietotājam saturu, kas vislabāk atbilst viņa interesēm un vēlmēm, individualizācijas process balstās uz diviem soļiem [108,111]:

1. Modeļu veidošana (lietotāju profili), kas atspoguļo lietotāju raksturīpašības, intereses un vēlmes;
2. Satura izvēle, kas pamatota iepriekš noteiktajā lietotāja modelī.

Individualizēšana var notikt pēc dažādām pazīmēm – pašiniciatīvas, mērķiem, individuālās rīcības, sociālajiem aspektiem, dzimuma un vecuma piederības. Lietotāja profila individualizēšana palīdz veicināt IMS pielāgošanās spēju. Turklāt apmācāmie ir vairāk motivēti strādāt ar sistēmu, kas ņem vērā viņu vajadzības [68,112,113].

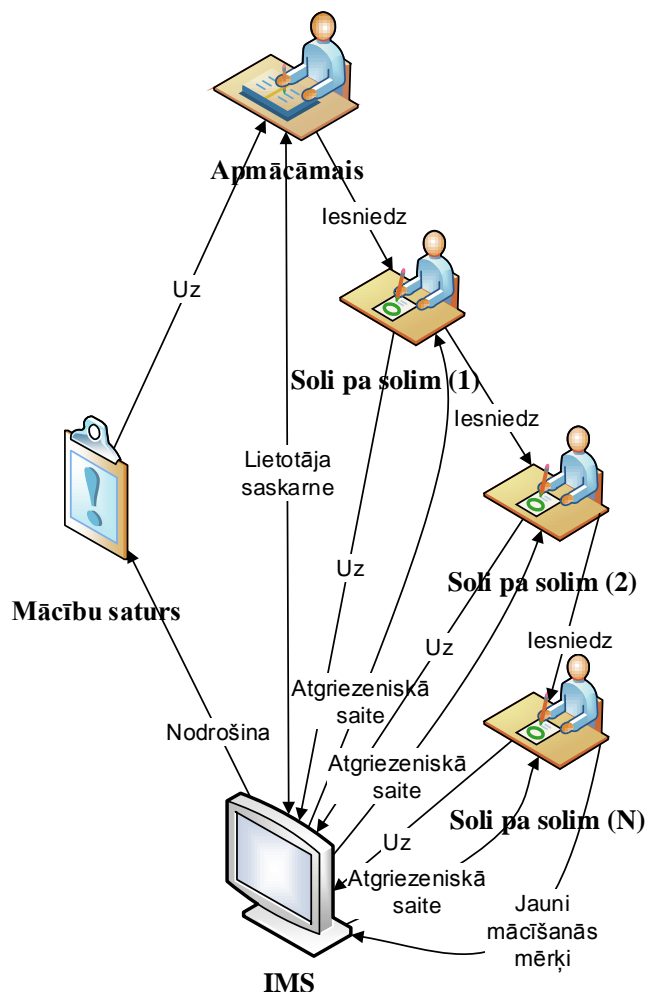
Atgriezeniskās saites īstenošana IMS notiek tūlītēji (nekavējoši) – soli pa solim [30,104] (skat.2.5.att.) Tas nozīmē atbildes sniegšanu pēc katra apmācāmā paveiktā soļa. Šādā procesā atgriezeniskās saites aģents visu laiku uzkrāj informāciju par apmācāmā darbībām. IMS ir iespējams un lietderīgi realizēt tikai negatīvu atgriezenisko saiti. Kā jebkura negatīva atgriezeniskā saite, arī tā, ko realizē IMS, nepieciešama, lai samazinātu starpību starp mērķi (standartu, pareizu uzdevuma izpildes gaitu un/vai rezultātu) un faktisko rezultātu (apmācāmā veikums).

Atgriezeniskā saite saistīta ar pedagoģisko paradigmu vērtējumā (starpības samazināšanas veidi):

1. Formatīvais vērtējums – kārtējā vērtēšana ar mērķi uzlabot mācīšanās procesa kvalitāti. IMS gadījumā – sistēma nekavējoši reaģē uz pieļautu kļūdu, dod padomu, kā to labot.
2. Summatīvais vērtējums – nobeiguma vērtēšana ar mērķi izmērīt apmācāmā mācību sasniegumu kvalitāti. IMS gadījumā – pēc tam, kad uzdevuma atrisinājums ir iesniegts, sistēma salīdzina ar eksperta atrisinājumu, novērtē atšķirības un iesaka, kas ir jāiemācās, lai atkārtoti veicot uzdevumu, iegūtu labāku rezultātu.

Ja apmācāmais ir kļūdījies darbībā, un tā neatbilst eksperta ievadītiem datiem sistēmā, tiek dota atbildes reakcija. Jau pieminēts, ka pārāk ātrs padoms vai pēc neatrisināta uzdevuma izsniegts grūtāks uzdevums var radīt apmulsumu un nepatiku pret mācību procesu kopumā. Pēc neatrisināta uzdevuma apmācāmajam iesaka izpildīt vieglāku uzdevumu, pamatlietu

pārbaudei, savukārt, pēc izpildīta uzdevuma, tiek piedāvāts grūtāks uzdevums augstāka līmeņa zināšanu pārbaudei.



2.5.att. Atgriezeniskā saite uzdevuma izpildes laikā [114]

No sistēmu teorijas viedokļa negatīvo atgriezenisko saiti lieto, lai (līdzīgi kā kibernetikā – konstatēta starpība starp vēlamu stāvokli un reālo) atgrieztu sistēmu vēlamajā darbībā. Izšķir trīs kārtu atgriezenisko saiti:

- pirmās kārtas atgriezeniskā saite, kuras funkcija ir uzturēt sistēmu vēlamajā līdzsvara stāvoklī, kas ir definēts attiecībā pret uzdotu ārēju mērķi. Apmācības gadījumā – IMS tas ir zināšanu vai kompetenču noteikts līmenis.
- otrās kārtas sistēma spēj ierosināt alternatīvas darbību kursus, atbildot uz ārējo apstākļu maiņu un spēj izvēlēties labāko darbību. Tas iespējams, jo sistēmai ir atmiņa (1. kārtas sistēmai tās nav), kas ietver sevī visas atgriezeniskās saites iespējas, lai uzkrātu un atsauktu pagātnē iegūtus datus, kurus izmantot tūlītējai atgriezeniskai saitei lietotāja darbību koriģēšanai (līdzsvarošanai). Iespējams, ka uzkrājot datus studenta modelī, tādu var realizēt IMS.

- trešās kārtas – spēj prognozēt stāvokli nākotnē pēc darbību veikšanas. Pašlaik (pie pašreizējās zinātnes un tehnikas attīstības) to var tikai cilvēks, bet nespēj intelektuāla sistēma.

Darba autora prakse un pieredze rāda, ka pārbaudes uzdevumos atgriezeniskā saite tās klasiskajā (soli pa solim) izpratnē var būt traucēklis korektai uzdevuma pārbaudei. Tādēļ sistēmā, kurā zināšanas tiek pārbaudītas (ar mērķi noskaidrot apmācāmā kompetenci nevis papildināt viņa zināšanas), informācija sniedzama pēc uzdevuma izpildes. Šāda informācija nav uzskatāma par atgriezenisko saiti kibernetikas izpratnē, bet gan par pārbaudes darba rezultējošos (izejas) informāciju, kas var tikt izmantota kā ieejas informācija citām aktivitātēm IMS (un tādejādi nosacīti uzskatāma par atgriezenisko saiti). Šādas pieejas trūkumi un priekšrocības apskatītas 2.1.tabulā.

2.1.tabula

Informācijas sniegšanas veidu salīdzinājums

Informācijas sniegšanas laiks:	1.Pēc uzdevuma izpildes	2.Uzdevuma izpildes laikā
Priekšrocības	<ul style="list-style-type: none"> • Piemērota ražošanas procesu ekspertu apmācībai. • Realizācija vienkāršāka – informāciju nav nepieciešams veidot kā atgriezenisko saiti un pielāgot katrai apmācāmā darbībai. • Ļauj apmācāmajam pašam spriest un izveidot risinājumu. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tūlītēja atgriezeniskā saite. • Mājieni pareizam risinājumam (uzdevuma sekmīgas izpildes veicināšanai). • Aģents var ieteikt vieglāku uzdevumu, ja apmācāmais nespēj izpildīt piedāvāto. • Piemērota pakāpeniskām apmācībām (iesācējiem).
Trūkumi	<ul style="list-style-type: none"> • Apmācību process var kļūt pārāk sarežģīts – apmācāmajam var zust motivācija, ja nav pietiekošas un savlaicīgas informācijas par uzdevumu. 	<ul style="list-style-type: none"> • Atgriezeniskā saite var būt priekšlaicīga (neļauj apmācāmajam pietiekoši ilgu laiku spriest), tādejādi samazinot apmācāmā iedziļināšanos un izzīni.

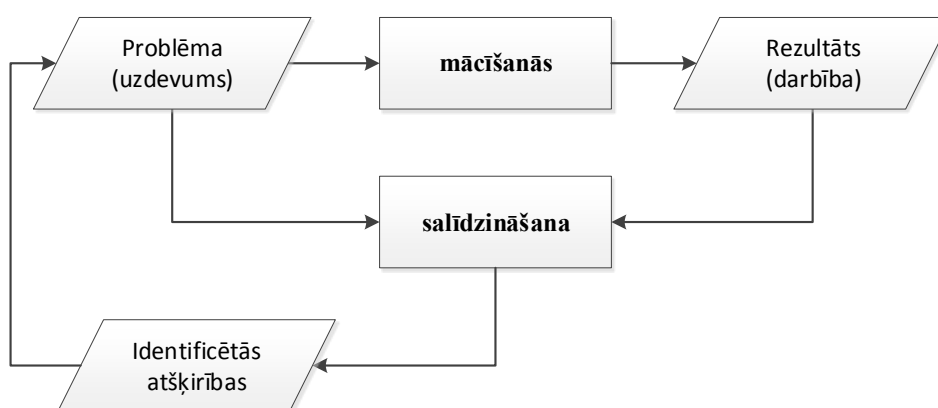
Efektīva atgriezeniskā saite ir šāda [103,115]:

- Atgriezeniskai saitei jābūt pēc iespējas atbilstoši apmācāmā individualitātei, interesēm, pašnovērtējumam. Tai jābūt tādai, lai apmācāmais gūtu paskaidrojumus un spētu iegūt papildus zināšanas pašmācības ceļā. Nodrošinot atgriezenisko saiti starp IMS un apmācāmo, tiek panākts augstāks apmācību rezultāts [116,117,118].
- Atgriezeniskā saite pati par sevi negarantē apmācāmā mācīšanos. Atgriezeniskā saite ir skolotāja/IMS sniegta informācija ar mērķi koriģēt apmācāmā rīcību, bet nekādā ziņā tā neatspoguļo apmācāmā rīcību. Atgriezeniskā saite ir daļa no apmācāmā mācīšanās regulatoriem [110]. Apmācāmais veic mācīšanos tikai tad, kad notiek iekšējā mācību pašregulācija.

Papildus atgriezeniskai saitei par apmācāmā darbību sistēmā, IMS var piedāvāt apmācību par pašu sistēmu, veikt iepazīstināšanu ar sistēmas darbību, atgriezeniskās saites veidiem un to nozīmi, tādejādi veicinot apmācāmā izpratni par IMS un līdz ar to arī uzlabot apmācības procesu un apmācāmā motivāciju [54,103,104,117,119]. Motivācija ir viens no svarīgākajiem faktoriem apmācības nodrošināšanai [120]. Par ārējo motivāciju kalpo šādi faktori: atzīmes, citu reakcija uz apmācāmā darbu, vides ietekme. Savukārt iekšējo motivāciju veido vēlme apgūt zināšanas, ieinteresētība mācību jomā, ticība, ka apgūtās zināšanas noderēs turpmākajā praktiskajā darbībā.

Atgriezeniskā saite vienmēr ir iekšēja mācību sistēmā, kurā līdzvērtīgi piedalās skolotājs (cilvēka vai IMS veidā), mācību saturs un apmācāmais. Mācību mērķis ir apgūt doto tēmu, skolotājam ir zināms standarts – informācija, kas liecina, ka tēma ir apgūta. Balstoties šajā informācijā, var izvirzīt problēmu – apgūstamo tēmu iekļaujot uzdevumā. Pēc mācīšanās procesa tiek iegūts rezultāts – informācija, kas atspoguļota iesniegtajā darbā vai paveiktajā darbībā. Pēc šī procesa notiek abu datu salīdzināšana – starpības konstatēšana starp uzdoto un paveikto (salīdzinājumu veic IMS vai skolotājs). Ja ir identificētas atšķirības, tās izmanto, lai dotu norādes – mājienus, kā novērst zināšanu trūkumus (skat. 2.6.att). Tā ir negatīvā atgriezeniskā saite, jo jauni uzdevumi, ieteikumi zināšanu uzlabošanai un mācību materiāli ir vērsti uz to, lai samazinātu atšķirību starp to, ko vajadzētu sasniegt (mērķis) un to, kas ir sasniegts (rezultāts).

Mācību sistēma (skolotājs, mācību saturs, apmācāmais)

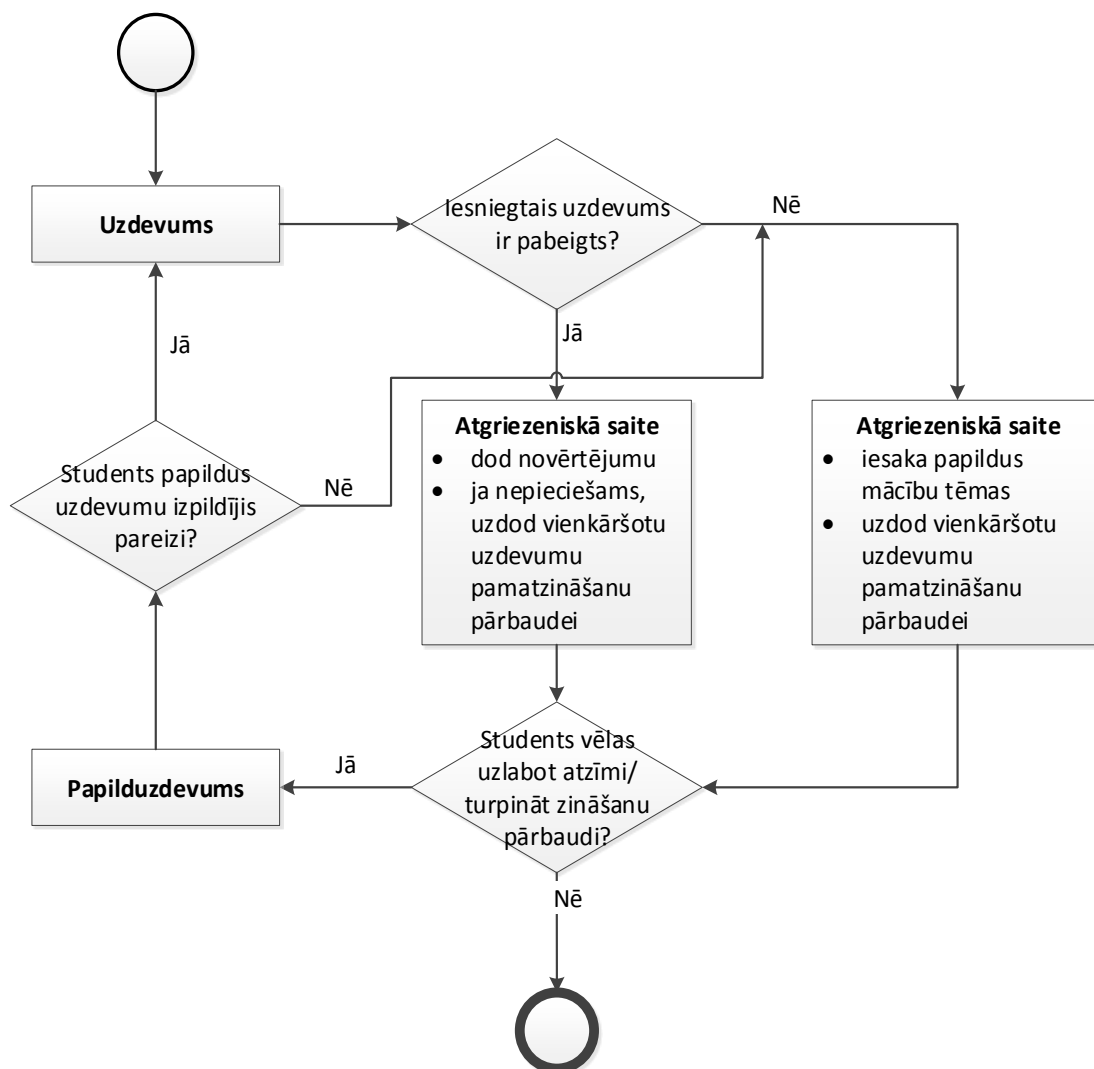


2.6.att. Atgriezeniskā saite mācību sistēmā

Šobrīd esošajā datorizētās projektēšanas sistēmu apmācības procesā tiek atspoguļota skolotāja reakcija uz apmācāmā darbībām un/vai bezdarbību, kā arī izpildīto uzdevumu. Kā jau iepriekš secināts – šis ir trūkums visā procesā divu aspektu dēļ. Pirmkārt, skolotājam pietrūkst informācijas par apmācāmā darbībām, līdz ar to nepieciešamo papildinformāciju, lai apmācāmais sekmīgāk apgūtu CAD/CAM sistēmu lietojumu. Otrkārt, apmācāmais netiek informēts par to, kur tas pieļāvis kļūdas un nepilnības uzdevuma izpildē – tādējādi netiek nodrošināta motivācija darbības pilnveidošanai. Līdz ar to IMS izveide apmācāmā darbību un zināšanu novērtējumam ļautu sekmīgi īstenot atgriezenisko saiti CAD sistēmu apmācībai un zināšanu pārbaudes īstenošanai. IMS integrētie līdzekļi ļautu konstatēt ne tikai izpildītā uzdevuma/projekta rezultāta atbilstību tā mērķim, bet arī aptvert procesu, kādā apmācāmais veicis darbu. Dotu informāciju par apmācāmā reakcijas ātrumu, izpildes soļus, aizķeršanos, konstatēt trūkumus ne tikai atsevišķu datorizētās projektēšanas sistēmas rīku/funkciju lietojumā, bet arī zināšanas par projektēšanas darbu secību/procedūrām.

Analizējot atgriezeniskās saites ietekmi uz apmācību procesu, var secināt, ka datorizētās projektēšanas sistēmas lietotāju (esošo vai topošo ekspertu) zināšanu novērtējumam piemērotāka ir nevis atgriezeniskā saite soli pa solim, bet informācija pēc uzdevuma izpildes (informācija par darba izpildi un/vai ieteikumi turpmākajām darbībām/uzdevumiem) (skat. 2.7.att.) – tā neiejaucas darba procesā (līdzīgi kā līdzšinējā apmācībā), un ļauj novērtēt arī darba izpildes laiku un katrai darbībai patērēto laiku (ekspertam sniegtā informācija). Tas savukārt ļauj salīdzināt divu darbinieku/apmācāmo zināšanu un darbību efektivitāti. Savukārt studentu pamatzināšanu pārbaudei – mācību procesa nodrošinājumam IMS lietderīgi paredzēt atgriezenisko saiti arī uzdevuma izpildes laikā (padomu un mājienu formā), ja aģents, kas seko apmācāmā darbībām, konstatē ieilgušas

pauzes uzdevuma izpildē, tas var nodot informāciju saskarnes aģentam par nepieciešamo palīdzību. Tomēr šāda palīdzība nedrīkst būt sasteigta, lai uzdevuma izpilde nekļūtu pārāk vienkārša un apmācāmais nezaudētu interesi par apmācību procesu vispār.



2.7.att. Zināšanu pārbaudes aktivitāšu diagramma

Tādejādi atgriezeniskā saite IMS aspektā ir ar apmācību uzdevumu – izpildot vienkāršus uzdevumus (skat. 1.5.att.) mācību/zināšanu nostiprināšanas nolūkā notiek nekavējoša atgriezeniskā saite. Taču veicot pārbaudi sarežģītāku projektu izstrādē, kādi piedāvāti turpmāk 3.1.4. nodaļā, atgriezeniskā saite uzskatāma par traucējošu CAD sistēmas lietotāja zināšanu novērtēšanai.

Literatūras avotu analīze parāda, ka mācību sistēmu (un arī intelektuālu mācību sistēmu) gadījumā praktiski visi pētnieki lieto terminu “atgriezeniskā saite” ar nozīmi, kas

atšķiras no kibernetikā lietotās nozīmes. Šajā promocijas darbā lietota šāda terminoloģija: ar informatīvu atgriezenisko saiti apzīmēta jebkura informācija, ko sniedz skolotājs vai IMS (vai nu uzdevuma izpildes laikā vai pēc tā izpildes), kas nesatur norādes lietotāja zināšanu pilnveidei. Piemēram, nav norādes uz apguvei ieteicamo papildliteratūru un/vai mācību materiāliem, vai arī nav ieteikti papilduzdevumi, kas jāatrisina.

Ar koriģējošo atgriezenisko saiti šajā promocijas darbā saprot informāciju, ko apmācāmais saņem uzdevuma risināšanas laikā un/vai pēc tā pabeigšanas. Informācija satur gan paveiktā novērtējumu, gan ieteikumus, kā uzlabot rezultātu, apgūstot papildus mācību vielu un izpildot uzdevumus. Jāatzīmē, ka vietās, kur tas nerada pārpratumus, promocijas darbā šo divu terminu vietā, lietots termins “atgriezeniskā saite”.

Otrās nodaļas kopsavilkums un secinājumi

Otrajā nodaļā analizēta intelektuālas mācību sistēmas uzbūve un realizācija ar mērķi identificēt IMS DPSLN realizācijai nepieciešamo uzbūvi. Tajā apskatīti intelektuālu mācību sistēmu moduļi ar mērķi izprast IMS lietojumu apmācībā, tradicionāli lietoto moduļu nepieciešamību IMS DPSLN realizācijai.

Svarīgākie otrās nodaļas rezultāti:

- Pamatota intelektuālu mācību sistēmu ieviešanas nepieciešamība datorizētās projektēšanas sistēmu apmācībai;
- Aprakstīta aģentos balstītas IMS realizācija, raksturots intelektuāls aģents, pamatotas aģentu pieejas priekšrocības. Secināta aģentu piemērotība IMS DPSLN izveidei;
- Aprakstīta (definēta) atgriezeniskā saite un tās loma apmācības procesā, analizēta atgriezeniskās saites veidu piemērotība IMS DPSLN, konstatēts nepieciešamais atgriezeniskās saites modelis.

Galvenie otrās nodaļas secinājumi:

- Ieviešot apmācību procesā intelektuālu/datorvadītu sistēmu intelektuālu mācību sistēmu (IMS), iespējams sasniegt lielāku apmācību efektivitāti, atgriezenisko saiti apmācāmajam, kā arī informāciju par apmācāmā darbībām un projektēšanai veltīto laiku, kas ļauj atbilstoši novērtēt paveikto.
- Sistēmas lietotāja intereses uzlabošanai, IMS lieto motivāciju rosinošus aspektus: atgriezenisko saiti mājienu un uzdevumu izpildes rezultāta vai padomu veidā. IMS integrētā pielāgošanās spēja (mācību satura, uzdevumu sarežģītības pielāgošana) ļauj pielāgot sistēmu plašam lietotāju lokam. Tādejādi intelektuāla mācību sistēma nodrošina vienlaicīgu dažāda līmeņa apmācāmo mācīšanu (šāda situācija ir gandrīz neiespējama auditorijā, kur pasniedzējs var veikt tikai nelielu pielāgošanos atsevišķām apmācāmo grupām, bet ne katram individuāli).
- Mācību procesā tieši atgriezeniskā saite ieņem nozīmīgāko lomu. Turklāt viena no galvenajām IMS pielāgošanās apmācāmajam iespējām ir atgriezeniskā saite. Caur atgriezenisko saiti apmācāmajam ir iespēja saprast, ko viņš jau zina un spēj paveikt, un kādas darbības nepieciešamas veikt turpmākajā mācību procesā.

- Eksistējošās IMS integrētie atgriezeniskās saites mehānismi ļauj izgūt informāciju pēc apgūtās vielas pilnīgas pārbaudes, gūstot pārliecību par sasniegto mācību mērķu kvalitāti un pilnīgumu. Kā arī gūt atgriezenisko saiti soli pa solim, veicot darbu ar sistēmu dialoga veidā, kur pēc katra soļa izpildes tiek dota atgriezeniskā saite. IMS CAD/CAM lietojuma novērtēšanai ir jā saglabā klasiskā pieeja atgriezeniskās saites īstenošanā zināšanu līmeņa pārbaudēs, savukārt kompetenču pārbaudes aspektā piemērota atgriezeniskā saite pēc pārbaudes uzdevuma izpildes, lai neietekmētu pārbaudes rezultātu ar pārsteidzīgu padomu vai mājienu sniegšanu.
- Aģentu lietojums ļauj īstenot IMS specializētām vajadzībām. Intelektuālās mācību sistēmās tiek lietoti, lielākoties, reaktīvi aģenti, kas veic savu uzdevumu, izpilda norādes, komunicē ar pārējiem aģentiem, nodod un uztver informāciju.

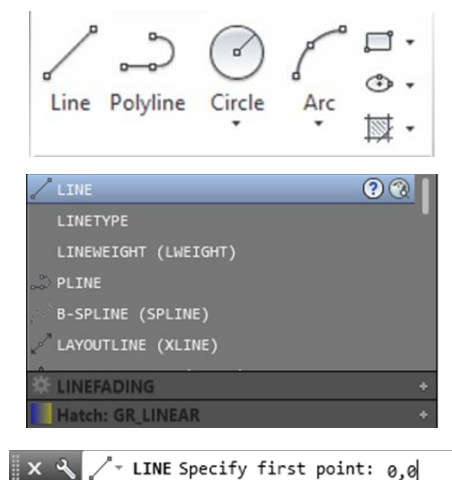
Nodaļā aprakstītās IMS, to realizācijas veidi un pieejas, ļauj izvirzīt prasības intelektuālai mācību sistēmai datorizētās projektēšanas sistēmu apmācībai. Kā galvenā problēma CAD sistēmu lietojuma apmācībā un apmācāmo rezultātu novērtēšanā identificējams informācijas trūkums par apmācāmā darbībām uzdevumu izpildes laikā. Tā kā pasniedzējs, izsniedz uzdevumu, students to izpilda un iesniedz rezultātu, tad pasniedzējs iegūst informāciju par apmācāmā darba rezultātiem, bet ne procesu. Viņam ir grūti (pat neiespējami) analizēt veiktā darba efektivitāti – lietoto rīku/funkciju atbilstību darba uzdevumam, procesa secīgumu un lietderīgumu. Lai analizētu šīs apmācāmā darbību komponentes, pasniedzējam apmācāmais ir jānovēro – jāseko līdzi visām viņa darbībām. Šāda pieeja nav iespējama tradicionālajā apmācību procesā (ja vien nenotiek individuālā apmācība; taču arī tad apmācāmā snieguma kvalitāti var ietekmēt psiholoģiskie aspekti).

3. INTELEKTUĀLA MĀCĪBU SISTĒMA DATORIZĒTĀS PROJEKTĒŠANAS APMĀCĪBAI

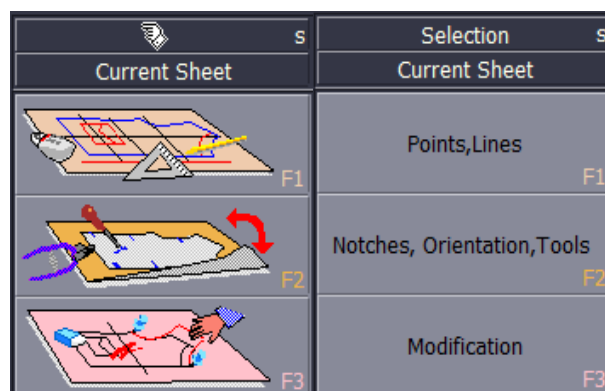
Lai izvēlētos IMS izveides platformu, lietderīgi zināt, ka šobrīd tirgū pieejamās CAD/CAM sistēmas ir bāzētas uz MS Windows platformas. Nozares eksperti [121,122], analizējot situāciju, secina, ka arī tās sistēmas, kas datorizētās projektēšanas attīstības pirmsākumos tika būvētas uz citām platformām, mūsdienās tiek būvētas tikai MS Windows videi. Tas skaidrojams ar nepieciešamību migrēt datus starp sistēmām un sadarbības uzņēmumiem – datu saderības nodrošināšana starp datorprojektēšanas sistēmām jau pats par sevi ir sarežģīts uzdevums (vairums sistēmu saglabā datus līdzīgos formātos; tiek vienlaicīgi izmantotas reģistru bibliotēkas; turklāt biznesa konkurences dēļ, saglabātie formāti pat, ja tie ir ar vienādu paplašinājumu, nav saderīgi dažādās CAD/CAM sistēmās). Minēto iemeslu dēļ CAD/CAM sistēmu darbība tiek nodrošināta tikai Windows platformā. Tādēļ arī IMS datorizētās projektēšanas sistēmu lietojuma novērtēšanai (DPSLN) projektējama Windows platformai.

3.1. IMS DPSLN koncepcija

Lai realizētu IMS, kas nodrošina lietotāju zināšanu pārbaudi un lietojuma izsekošanu darbā ar datorizētās projektēšanas sistēmu (CAD/CAM sistēmu apguves posmi analizēti 2.nodaļā un doti 2.2.attēlā), nepieciešams pārzināt datorizētās projektēšanas sistēmu uzbūvi. CAD/CAM sistēmas ir būvētas uz līdzīgiem darbības principiem – sistēmu darba virsmā ietilpst krītošās komandkartes (visbiežāk ekrāna augšējā daļā). Komandkartes dod iespēju veikt sistēmas vadības funkcijas (atvērt datni, aizvērt, saglabāt, mainīt darba lauka izvietojumu u.c.). Ir sistēmas, kurās komandkartēs integrētās funkcijas dublē vai aizstāj sistēmas darbības attēlojumi – darba ikonas (funkcijas, projektēšanas rīki). Sistēmas loga labajā vai kreisajā sānā izvietotas komandu grupas un/vai ikonas – vairumā sistēmu ir iespējams darba ikonas pārvietot un izkārtot tā, lai projektētājam būtu ērtāk, kā arī rādīt piktogrammas vai teksta veidā (piemēru skat. 3.1.attēlā). Darba laukums – zona, kurā notiek projektēšana, novietots centrāli un tam tiek atvēlēts vislielākais laukums no sistēmas lietotāja saskarnes.



CAD/CAM AutoCAD (autora attēls)



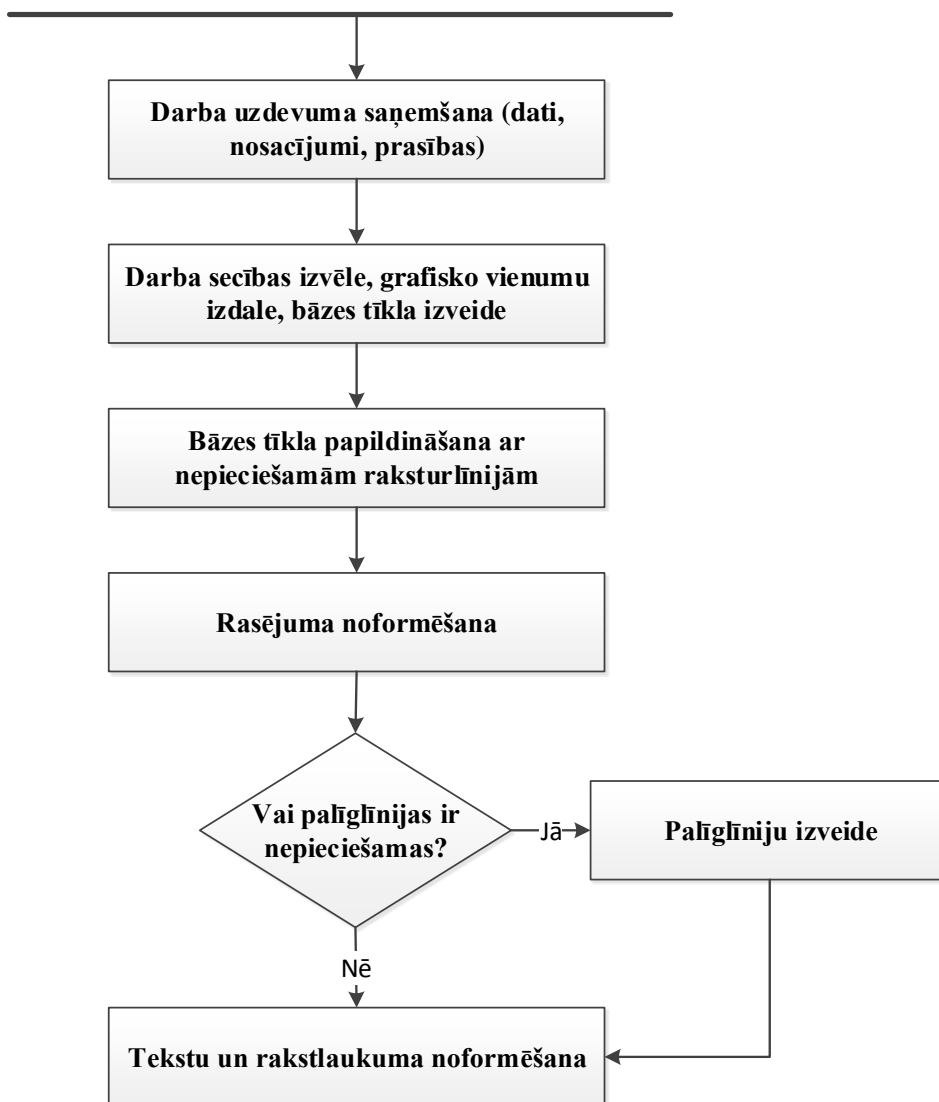
CAD/CAM Lectra (autora attēls)

3.1.att. Komandu/funkciju/rīku attēlošanas iespējas CAD/CAM sistēmās

Grafisko uzdevumu veikšanai CAD/CAM vidē ir sava noteikta secība/kārtība (skat.3.2.attēlu), taču veikto uzdevumu kvalitāti (precizitāti, ātrumu u.tml.) tieši iespaido rasētāja/projektētāja zināšanas un prasmes sistēmas lietošanā.

Piemēram, ja konkrēta objekta rasējumam ir pieejama viena atsevišķa komanda, bet apmācāmais lieto vairākas līnijas, lai tādu izveidotu, tas uzskatāms par trūkumu un laika kavējumu rasētāja darbā (četrstūra zīmēšanas komanda sastopama teju visās projektēšanas sistēmās, tomēr dažkārt lietotāji pamanās to neizmantot, kamēr sistēma nav apgūta pilnībā). Kā jau minēts, šādus lietotāja kļūdainus un/vai darbietilpīgus lēmumus pasniedzējam nav iespējams analizēt, ja vien viņš nenovēro apmācāmo visu uzdevuma izpildes laiku, fiksējot ikvienu apmācāmā kustību [123]. Jau iepriekšējās nodaļās secināts, ka darba izpildes novērošanu var veikt ar IT atbalstu mācību procesā, īstenojot to IMS veidā. Otrajā darba nodaļā secināts, ka aģentu darbība un sadarbība ļauj ne vien uzkrāt zināšanas par lietotāja darbībām sistēmā, bet arī dot apmācāmajam atgriezenisko saiti ar darbību analīzi.

Grafisko uzdevumu veikšana CAD/CAM vidē



3.2.att. Grafisko uzdevumu veikšanas struktūra

Projektēšana CAD/CAM sistēmās notiek atbilstoši darba uzdevumam – projektēšanas rezultātā iegūtais rasējums ir atšķirīgs, atkarīgs no projektējamā priekšmeta parametriem un lietojuma. Tā kā nav iespējams paredzēt visus iespējamus rasējumus (un līdz ar to formalizēt uzdevumu), darba ar datorizētās projektēšanas sistēmu novērtējumam ir šādi svarīgi faktori:

- darbību secība,
- darbību loģiskums,
- darbam veltītais laiks,
- lietotie darba instrumenti.

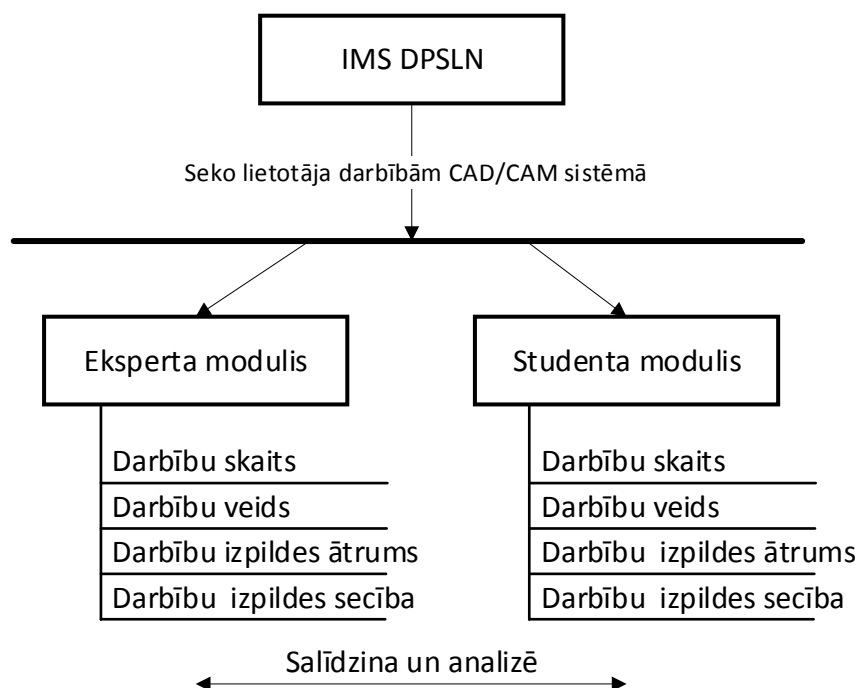
Kā jau minēts promocijas darba pirmajā nodaļā, šobrīd nav iespējams novērtēt darbinieka prasmes (iepriekš minēto faktoru ievērošanu), jo vērtētājam ir pieejams tikai gala rezultāts. Tādēļ ir iespējams novērtēt tikai darba uzdevuma izpildes rezultātu, bet ne procesu.

Procesa analīze ir svarīga projektēšanas darbu darbietilpības samazināšanai un līdz ar to šo darbu resursietilpības (laika, cilvēka darba un atalgojuma, kopējo projekta izmaksu) samazināšanai.

3.1.1. IMS DPSLN uzbūve

Lai nodrošinātu aprakstīto resursietilpības novērtēšanu, projektējamai IMS DPSLN nepieciešamie moduļi neatšķiras no tradicionālās IMS moduļiem, taču atšķiras tajos integrējamās darbības:

Studenta modulis - realizējot IMS konkrētai problēmsfērai, tiek modelēts tāds studenta moduļa saturs, kas atbilst sistēmas mērķiem un uzdevumiem, kā arī ko sistēma spēj izmantot apmācības īstenošanai. Tā kā IMS DPSLN mērķis nav apmācība tradicionālajā izpratnē – mācību īstenošana kā metodisks mācību satura izklāsts ar IMS DPSLN netiek plānota, tad studenta modulim nav jāsaturs informācija (kuru IMS studentu modulis tradicionāli satur) par mācību saturu, kāds studentam ir jāapgūst un kādu tas jau apguvis. IMS DPSLN studenta modulim ir jāsaturs informāciju par uzdevumiem, kurus eksperts ir nosūtījis studentam izpildei, par uzdevumiem, kas jau ir izpildīti un studenta sekmēm. IMS DPSLN jāuzkrāj informācija par katru apmācāmā darbību datorizētās projektēšanas sistēmā, jāveic darbību analīze un zināšanu līmeņa analīze.



3.3.att. IMS DPSLN studenta un eksperta moduļu darbības detalizācija

IMS DPSLN jāīsteno CAD/CAM sistēmu lietojuma novērtēšana, jāseko apmācāmā darbībām (un jāanalizē tās) datorizētās projektēšanas sistēmas (CAD) lietojuma laikā – jāsalīdzina apmācāmā veikumu ar eksperta darbībām (3.3.att.).

IMS DPSLN ar ekrāna nolasīšanu seko apmācāmā darbībām, uzskaita tās, piefiksē darbību veidu (funkcijas un rīkus, kurus apmācāmais izvēlas uzdevuma īstenošanai), uzskaita darbību izpildes ātrumu un secību, veicot darba organizācijas analīzi CAD/CAM sistēmas lietošanas laikā.

Eksperta modulis – lai realizētu IMS, kas novērtē mācību uzdevumu izpildi datorizētās projektēšanas sistēmā, eksperta modelī nepieciešams ģenerēt uzdevumus, to izpildes parametrus un grūtības pakāpes. IMS DPSLN eksperta moduļa arhitektūra, atšķirībā no tradicionālā IMS iekļautā eksperta moduļa, līdztekus ekspertu modelim un ekspertu ģenerēto uzdevumu pārvaldībai satur arī eksperta darbību izsekošanu. Šāda komponente nepieciešama, lai sistēma īstenotu savu galveno uzdevumu – novērtētu apmācāmā uzdevumu izpildi darbā ar CAD/CAM sistēmām, salīdzinot to ar eksperta veikumu.

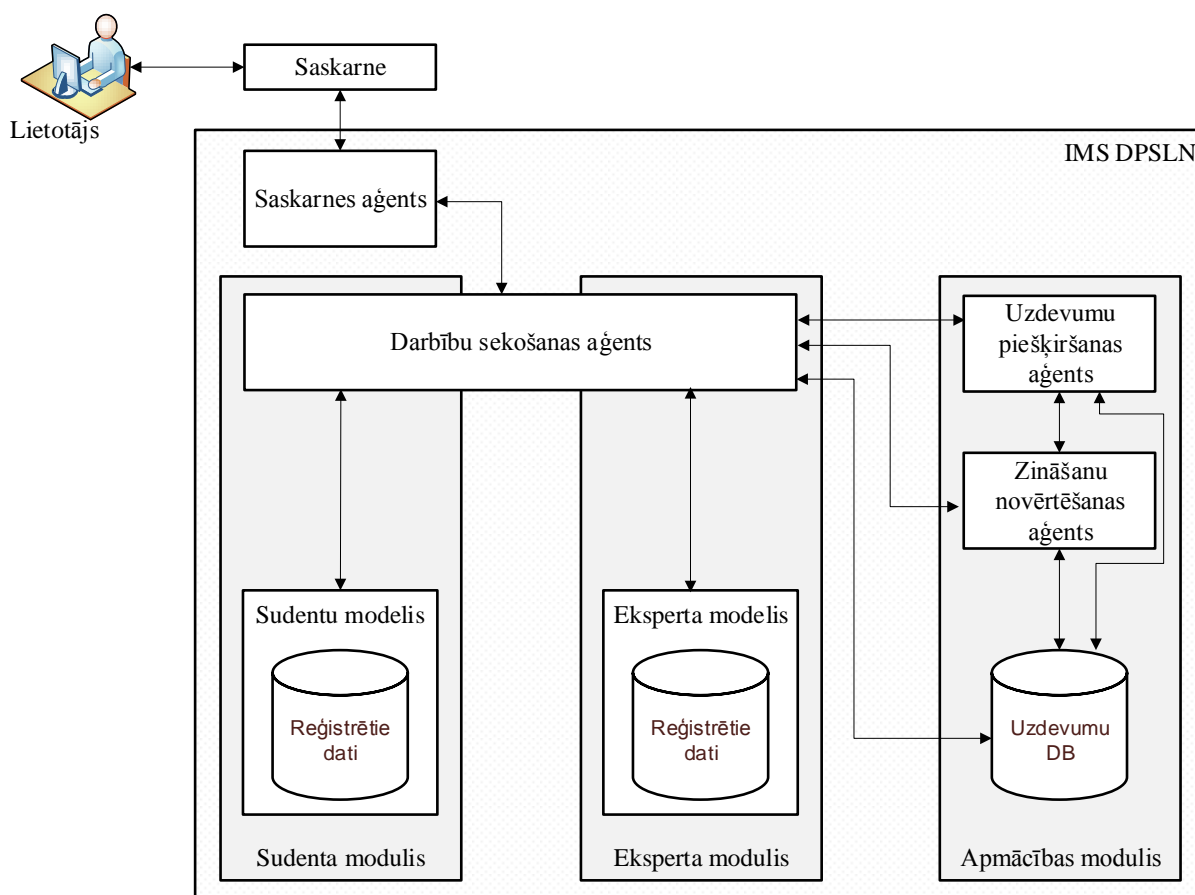
Apmācību modulis - tā kā IMS DPSLN mērķis nav apmācība, bet gan CAD/CAM sistēmu lietojuma novērtēšana, tad no tradicionālā IMS apmācību moduļa IMS DPSLN realizācijai ir jālieto tikai tās funkcijas, kas saistītas ar uzdevumu uzglabāšanu, uzdevumu ģenerēšanu, piešķiršanu un zināšanu novērtēšanu. Apmācību modulī zināšanu novērtēšanai datorizēto sistēmu lietojumā nepieciešams integrēt zināšanu novērtēšanas un uzdevumu piešķiršanas funkcionalitātes.

Lietotāja saskarne – tai ir jākalpo kā komunikāciju platformai, kurā izvada problēmu (izsniedz apmācāmajam uzdevumu, informē par izpildes noteikumiem), pieņem risinājumus.

Visiem minētajiem moduļiem jāsadarbojas, sniedzot (dodot) un saņemot informāciju, izgūstot uzdevumus no datu bāzes un nosūtot informāciju par to izpildi. Atdalāmas IMS funkcijas var tikt realizētas kā atsevišķi aģenti, kuru īpašībās ietilpst spēja komunicēt, sadarboties un apmācīties vienam no otra, lai sasniegtu apmācību mērķus. Līdz ar to procesu dekompozīcija un lietotāja katra soļa uzskaitē, pārbaudē un darbību analīzē ir priekšnosacījumi aģentu integrēšanai IMS DPSLN. Tā kā visu klasisko IMS moduļu lietojums IMS DPSLN saistāms ar CAD/CAM sistēmu lietojuma novērtēšanu un sekošanu apmācāmā darbībām, kā arī darbību salīdzināšanu ar eksperta darbībām, tad šādu procesu nodrošināšanai IMS moduļu atsevišķās funkcijas ir lietderīgi īstenot ar aģentu palīdzību.

3.1.2. IMS DPSLN aģenti

Promocijas darbā ir piedāvāts IMS DPSLN ir veidot kā daudzāģentu sistēmu, kas sastāv no četriem programmatūras aģentiem, kas savā starpā nodod datus un diviem cilvēkiem – aģentiem: eksperta un apmācāmā, kas komunicē ar saskarnes aģentu. Pārējie aģenti rīkojas atbilstoši aģentu darbībām intelektuālās mācību sistēmās (aprakstīti promocijas darba 2.2.nodaļā) [124]. Iesaistāmie aģenti: saskarnes aģents, darbību sekošanas aģents, uzdevumu piešķiršanas aģents un zināšanu novērtēšanas aģents. Aģenti veic apmācāmā darbību izsekošanu, eksperta uzdoto uzdevumu ievietošanu datu bāzē un atbalsta uzdevumu piešķiršanas procesā, novērtē apmācāmā izpildītos uzdevumus atbilstoši iegūtai un datu bāzē saglabātajai informācijai (3.4.att.).



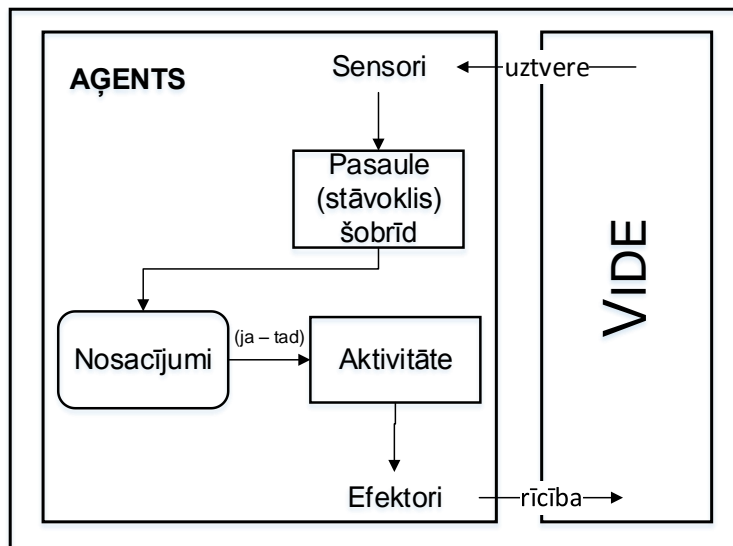
3.4.att. IMS DPSLN arhitektūra

Sistēmu paredzēts lietot divu atšķirīgu lomu lietotājiem – ekspertiem (eksperta loma var būt paplašināta ar administratora tiesībām) un apmācāmajiem. Eksperta uzdevums ir ģenerēt sistēmā uzdevumus, veikt uzdevumu paraugu izpildi un saglabāšanu sistēmas datu bāzē. Savukārt, apmācāmie piekļūst sistēmai, lai izpildītu uzdevumus. Apmācāmie CAD/CAM sistēmu apguves jomā nosacīti iedalāmi studentos (tādi, kuru apmācībā

nepieciešamie pārbaudes uzdevumi var būt pavisam vienkārši – mācību procesā zināšanu pārbaudei) un nozares ekspertus (profesionāļi, kuri ir gatavi darboties vai jau strādā ar CAD/CAM sistēmu noteiktā nozarē – kompetenču pārbaudei un novērtējumam).

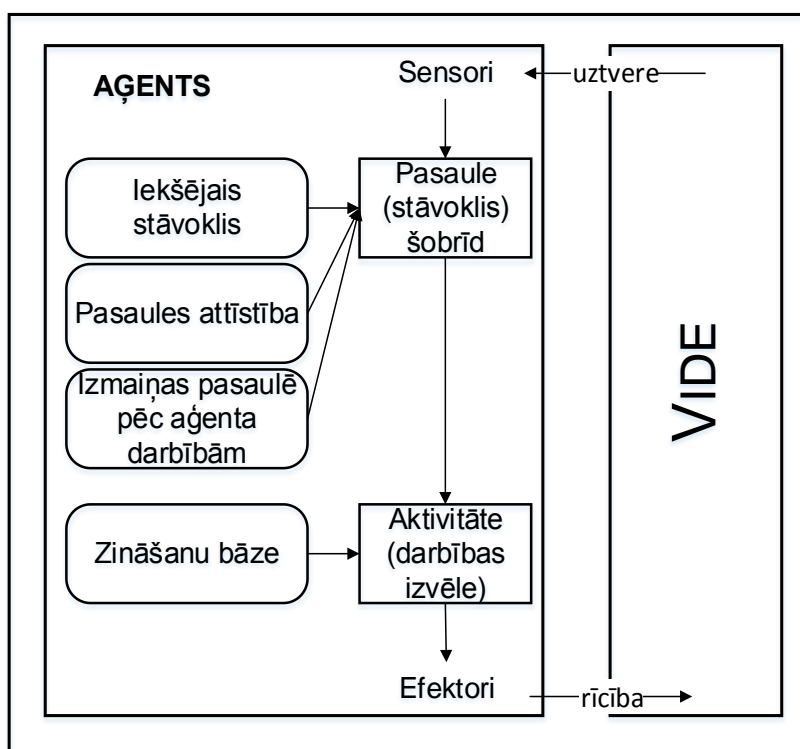
IMS DPSLN arhitektūrā izmantoti klasiskie trīs moduļi – studenta, eksperta un apmācības modulis, kuru darbība atbalstīta ar aģentiem. Aģentu darbības nodrošina IMS DPSLN galveno uzdevumu, kāds netiek realizēts tradicionālajās IMS – soli pa solim sekot un reģistrēt lietotāja darbības, izdalot tās atsevišķos, uzskaitāmos un pārbaudāmos vienumos (izmantotās funkcijas, to skaits, katras funkcijas izpildei/lietošanai patērētais laiks). Sekošanas aģents caur saskarnes aģentu uztver lietotāja darbības uz darba virsmas (funkcijtaustiņu pārvietošanu, darbu izpildes secību, laiku, izmantotās funkcijas, lietošanas ilgumu un biežumu, darbības ar IMS DPSLN taustiņiem), nodod uzdevumus datu bāzei, nodod informāciju uzdevumu piešķiršanas aģentam un zināšanu novērtēšanas aģentam. Sistēma datus saglabā datu bāzē (datu bāze, kas ir kopīga visiem moduļiem, ir aprakstīta 3.1.3.nodaļā). Uzdevumu piešķiršanas aģents komunicē gan ar sekošanas aģentu, gan novērtēšanas aģentu – piešķir uzdevumus atbilstoši nepieciešamajai pārbaudei.

IMS DPSLN realizācijai refleksu aģenta funkcijas (aģentu apraksts dots 2.2.nodaļā) ir noderīgas saskarnes aģenta, uzdevumu piešķiršanas un zināšanu novērtējuma aģentu īstenošanai. Šie aģenti reaģē uz nosacījumiem, kas aprakstīti “ja – tad” likumos. Vispārēja refleksu aģenta shēma dota 3.5.attēlā.



3.5.att. Refleksu aģenta vispārīga shēma, adaptēts no [86]

Darbību sekošanas aģents ir aģents, kas seko līdzī izmaiņām pasaulē¹⁶ (uz modeļa balstīts aģents), jo tam ir ne tikai jāreaģē uz nosacījumiem, bet jāseko līdzī izmaiņām sistēmā. Tādēļ ir jāizmanto aģentus, kas reaģē uz izmaiņām – uztver, kāds ir pasaules stāvoklis (uzdevumu izpildes stadija), analizē iekšējo stāvokli (uzskaitītās darbības), pasaules attīstību (jaunas lietotāja veiktās darbības), pasaules izmaiņas pēc aģenta darbībām un no zināšanu bāzes izvēlas turpmākās darbības, kuras īsteno ar izpildmehānismu (efektoru) palīdzību. Šī aģenta darbība ir nepārtraukta – to nevar izdalīt diskrētos laika momentos, jo tas nepārtraukti (kamēr vien IMS DPSLN ir aktīva) seko izmaiņām vidē (CAD/CAM sistēmā) – lietotāja darbībām un notikumiem vidē. Aģenta, kas seko līdzī izmaiņām pasaulē shēma dota 3.6. attēlā.



3.6.att. Aģenta, kas seko līdzī izmaiņām pasaulē, vispārīga shēma, adaptēts no [86]

IMS DPSLN mērķu īstenošanai nepieciešamie aģenti (piesaistīti katram modulim atkarībā no uzdevumiem un funkcijām, kuras tas veic):

- Eksperta modulis.
 - Darbību sekošanas aģents uzkrāj informāciju par uzdevumiem un to izpildi (eksperta darbībām). Atbilstoši izvēlētajai (lietotājam) CAD/CAM sistēmai spēj izdalīt uzdevumu.

¹⁶ Šī darba aspektā aģenta pasauli veido uztvertās darbības tā darbības vidē – CAD/CAM sistēmas lietojuma novērojumā.

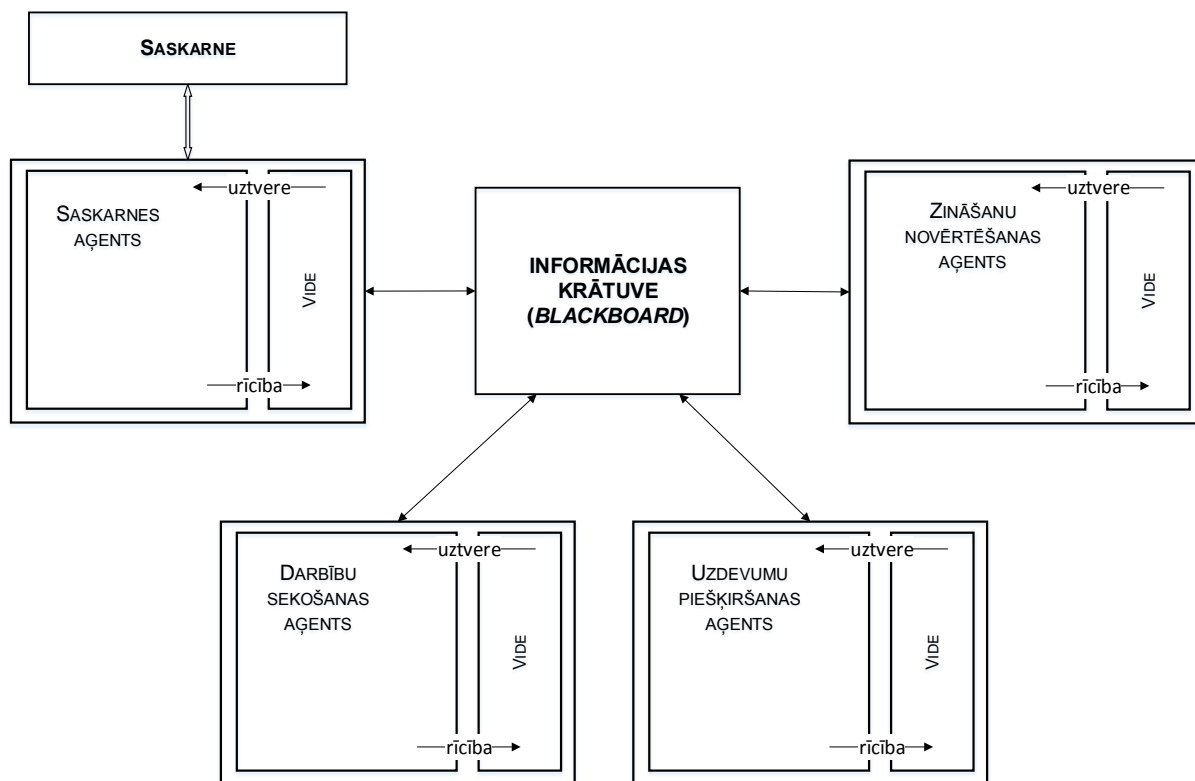
- Studenta modulis.
 - Darbību sekošanas aģents – seko informācijai par IMS DPSLN lietošanu un CAD/CAM sistēmas iespēju izmantošanu.
- Apmācības modulis.
 - Zināšanu novērtēšanas aģents uzkrāj informāciju par apmācāmā paveikto un uzrādītajām prasmēm uzdevumu izpildē, iegūto informāciju izmanto zināšanu un prasmju stāvokļa noteikšanai.
 - Uzdevumu piešķiršanas aģents izvēlas uzdevumus atbilstoši apmācību plānam, eksperta norādēm, apmācāmā zināšanu līmenim un sekmēm līdzšinējo uzdevumu izpildē.

Lietotāja saskarnes aģents komunicē ar lietotāju. Šāda aģenta izskats var būt realizēts gan vienkāršu paziņojumu veidā (tekstlodziņi), vai arī nekustīga (statisks attēls), vai kustīga (animēta) vizualizācija [125]. Animēti vizualizēts lietotāja saskarnes aģents tiek saukts par animētu pedagoģisku aģentu (APA). APA atdzīvina un padara interaktīvu informācijas tehnoloģijās atbalstītu apmācību un piedāvā individualizētu informācijas apmaiņu starp apmācāmo un IMS. Lielākoties, kā komunikācijas veids tiek lietots dialogs. Lielākā daļa aģentu lieto runu, daži lieto gan runu, gan rakstīto tekstu. Ne reti [125,126,127,128] ar IMS integrētu APA palīdzību apmācāmajiem ir iespēja risināt sarežģītas inženiertehniskas problēmas, darboties grupās, pārbaudot iespējas sadarboties vienā laboratorijā, imitējot reālus apstākļus un laborantus APA personā.

Neatkarīgi no tā, vai lietotāja saskarnes aģents ir realizēts kā APA vai paziņojumu veidā, tas komunicē ar lietotāju, sniedzot visus rezultātus, ieteikumus, padomus un citu informāciju, ko sagatavojuši citi aģenti. Turklāt šis aģents sniedz informāciju citiem aģentiem par apmācāmā darbībām ar ievadierīcēm – tradicionāli tās ir datorpele un klaviatūra, taču šo ierīču klāsts var būt papildināts ar specializētiem sensoru cimdkiem, acenēm, videoierīcēm, taktilajām planšetēm un citu aprīkojumu.

Tā kā IMS DPSLN mērķis ir novērot un novērtēt apmācāmā darbu ar CAD/CAM sistēmām, tad saskarnes aģenta izskats veidots pēc iespējas neitrālāks. IMS DPSLN integrētais aģents komunicē ar lietotāju ar paziņojumu palīdzību, informējot lietotāju par paveikto vai nepieciešamajām darbībām, izsniedzot uzdevumus un rezultātu analīzi ar norādēm, kas ir jāapgūst, lai uzlabotu rezultātu. Šādā veidā lietotāja saskarnes aģents izpilda atgriezeniskās saites aģenta lomu.

Datorizētās projektēšanas sistēmu lietotāju zināšanu novērtēšanas IMS funkciju īstenošanai nepieciešamie aģenti nodod informāciju par lietotāju darbībām sistēmā (izgūst no vides – CAD/CAM sistēmas lietojuma novērošanas) – eksperta sagatavotajiem uzdevumiem, to piešķiršanu, studenta darbībām, zināšanām un to novērtēšanu, informācija tiek izgūta no informācijas krātuves (*blackboard*) (sadarbības shēmu skat.3.7.attēlā).



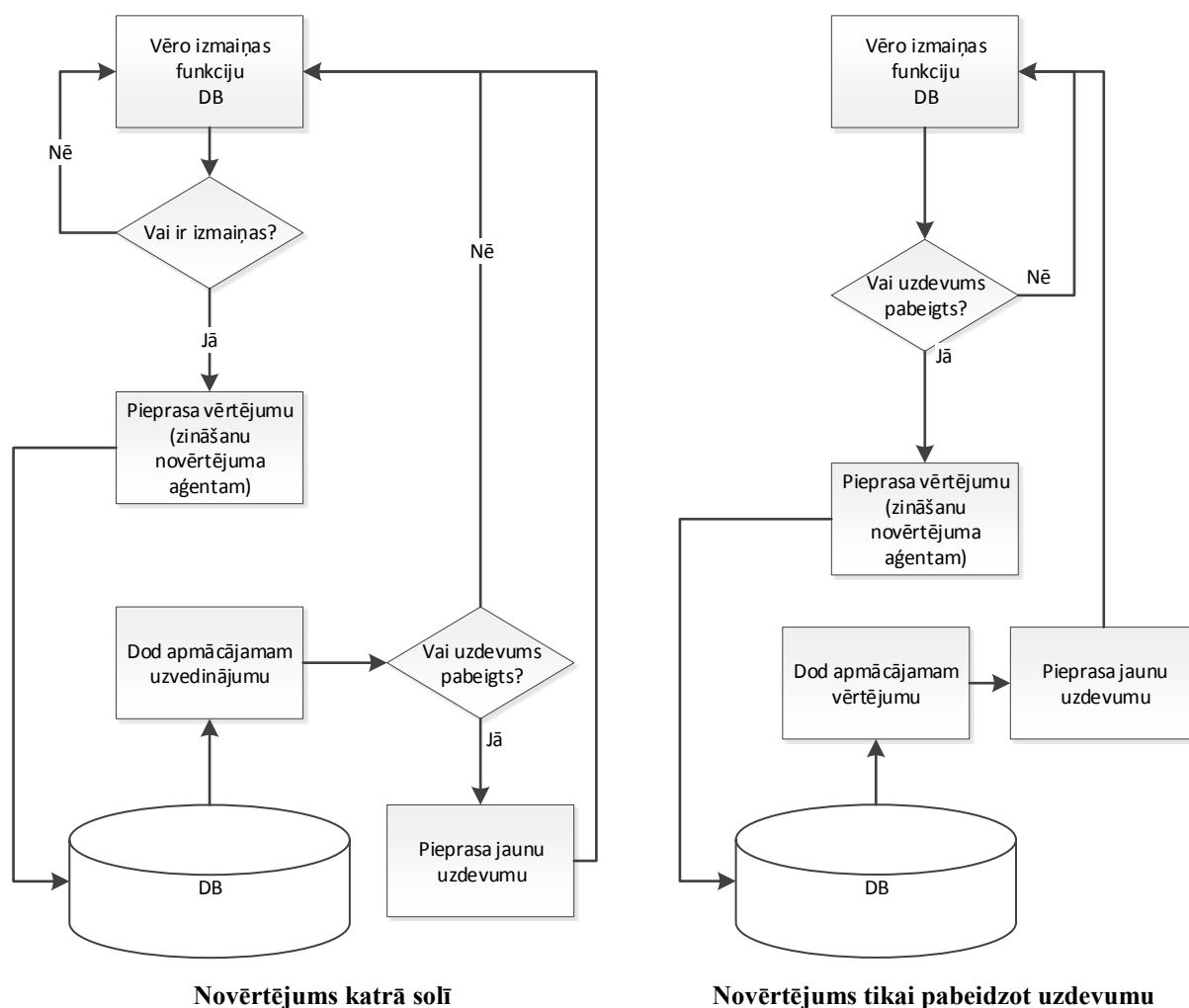
3.7.att. Aģentu sadarbības shēma

Aģentu iesaiste ir īpaši svarīga IMS galvenajai funkcionalitātei – ieviest pilnvērtīgu mehānismu apmācāmā zināšanu novērtēšanai. Tādejādi tiek pilnveidots un uzlabots viss apmācības process. 1.nodaļā jau konstatēts, ka tieši informācijas trūkums par apmācāmā darbībām uzskatāms par šī brīža apmācību procesa galveno nepilnību.

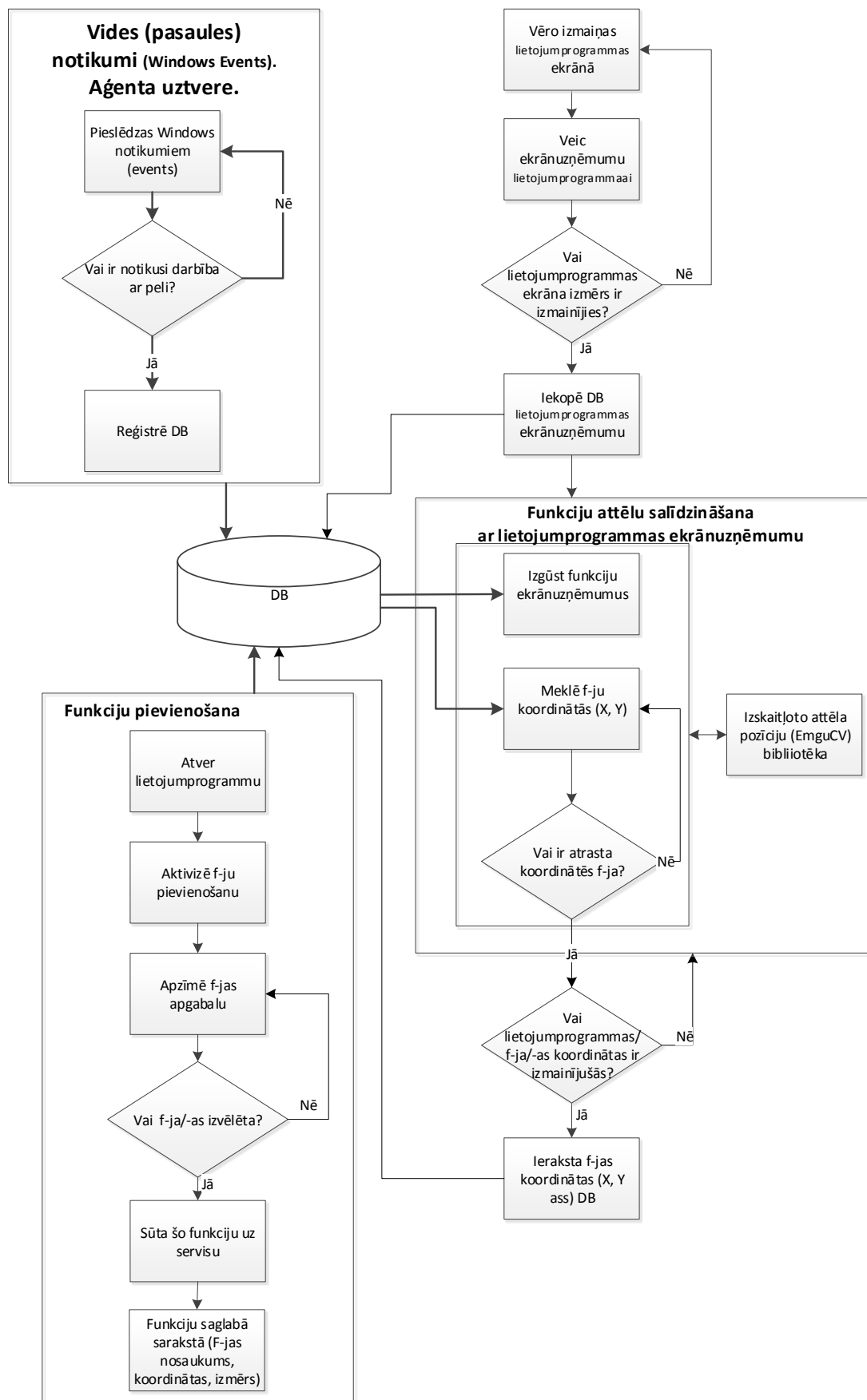
Saskarnes aģents nodrošina visas informācijas atspoguļošanu lietotājam. Tā kā sistēma var strādāt divos režīmos – ar atgriezenisko saiti, kas tiek nodrošināta zināšanu pārbaudē soli pa solim un bez atgriezeniskās saites – kompetenču novērtējumam, tad saskarnes aģenti tiek projektēti divi – katram režīmam viens. 3.8.dotā shēma izstrādāta abiem variantiem – gan novērtējums un ieteikumi zināšanu pilnveidošanai (atgriezeniskā saite) katrā solī, gan novērtējums tikai pabeidzot uzdevumu. Novērtējumu un informāciju par paveikto lietotājs saņem abos sistēmas darbības režīmos.

Saskarnes aģents vēro izmaiņas funkciju datu bāzē, kuru papildina darbību sekošanas aģents, ja izmaiņas ir notikušas, darbību izsekošanā soli pa solim (formatīvais vērtējums), tiek

sniegta atgriezeniskā saite – ieteikumi zināšanu pilnveidošanai un kļūdu labošanai. Atgriezeniskā saite tiek publicēta lietotājam tikai tad, ja tā ir nepieciešama darbību korigēšanai (apmācāmais netiek traucēts darbā ar pozitīviem paziņojumiem). Ja notiek kompetenču novērtēšana (ekspertu sagatavotības un prasmju, rīcības CAD/CAM sistēmā novērtēšana), tad informācija par padarīto lietotājam tiek sniegta tikai darba beigās (summatīvais vērtējums), aģents seko izmaiņām funkciju datu bāzē ar nolūku pārbaudīt, vai uzdevums jau ir pabeigts (ir izpildīti visi soļi, kas bija reģistrēti datu bāzē, visi ģeometriskie vienumi atrodas CAD/CAM sistēmas zīmēšanas/rasēšanas laukā). Atgriezeniskā saite tiek sniegta kā ieteikumi zināšanu papildināšanai – papildus apgūstamās CAD/CAM sistēmas funkcijas un/vai ieteikumi papildus uzdevumu izpildei.



3.8.att. Saskarnes aģenta darbības shēma



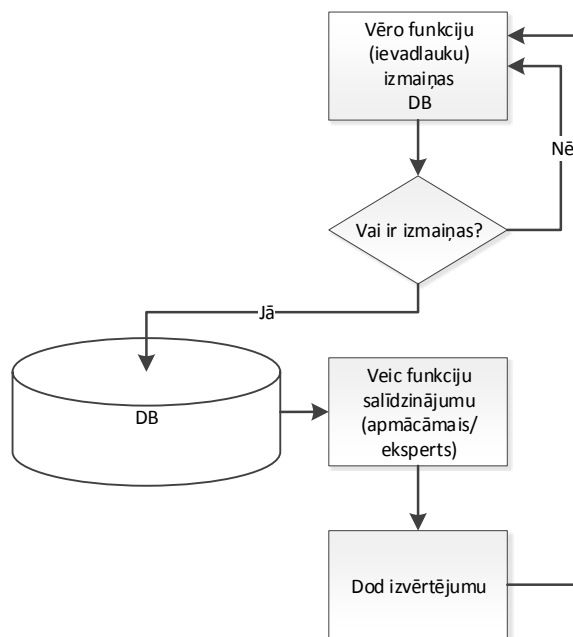
3.9.att. Darbību sekošanas aģenta darbības shēma

Darbību sekošanas aģents (darbības scenārija shēmu skat. 3.9.att.) vēro un uztver vides izmaiņas (notikumus – lietotāja darbības), kurus redz (kuri notiek) šobrīd. Darbību sekošana notiek aplūkojot vidi – lietojumprogrammas ekrānu. Aģents vēro ekrānu, veic ekrānu uzņēmumu lietojumprogrammai un salīdzina iegūto attēlu ar iepriekšējo, ja izmaiņas ir notikušas, maiņa tiek ierakstīta datubāzē, ja izmaiņas nav notikušas, aģents turpina vērot lietojumprogrammas ekrānu. Izmaiņu attālums laikā tiek piefiksēts, lai analizētu lietotāja darbību ātrumu. Darbību izmaiņas veido aģenta pieredzi, kura nav gūta līdz šim – iekopē jauno informāciju datu bāzē, ja lietojumprogrammas (CAD/CAM sistēmas) ekrāna izmērs ir mainījies. Eksperts, ģenerējot uzdevumu, ieraksta datu bāzē lietoto CAD/CAM sistēmas funkciju¹⁷ nosaukumus un izkopē to attēlus. Funkciju attēlu (ikonu) izvietojums ekrānā aprakstāms koordinātu sistēmā. Pieņemot Dekarta koordinātu izvietojumu laukumā, tiek aprēķināta katras funkcijas atrašanās vieta. Ja lietotājs funkcijas (rīka) ikonu pārvieto, tad tai tiek aprēķināta jauna koordinātu vērtība.

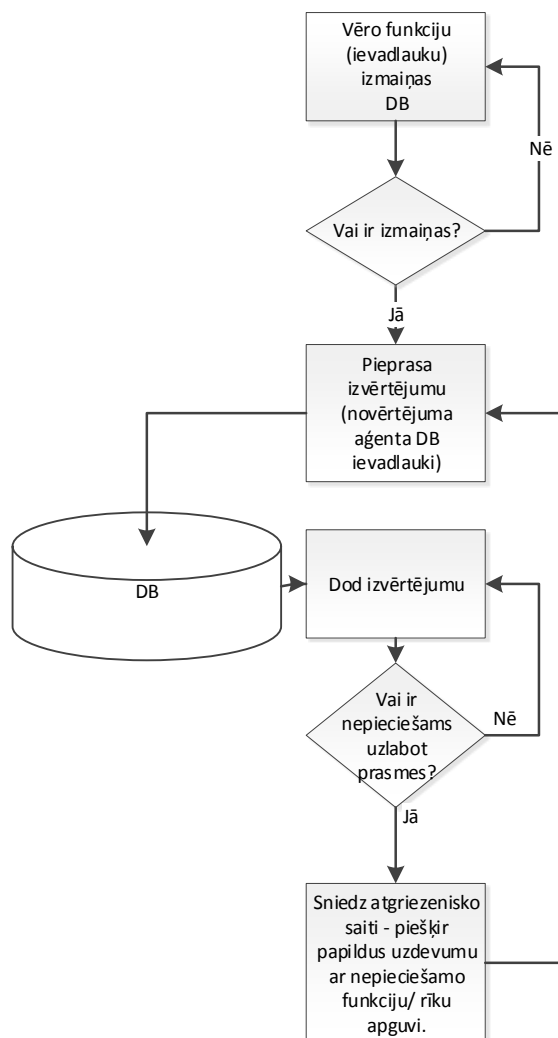
Darbību sekošanas aģents veic funkciju attēlu salīdzināšanu, izgūst ekrānu uzņēmumus, salīdzina tos ar datu bāzē esošo informāciju un izskaitļo to atrašanās vietu, ko saglabā bibliotēkā (bibliotēkas tips – EmguCV). Eksperta darbības laikā sekošanas aģents veic CAD/CAM sistēmā lietoto funkciju pievienošanu datu bāzei – izvēlētais funkcijas ieraksta datu bāzē, lai pēc tam tās izgūtu funkciju salīdzināšanas procesā. Pasaulei (videi) attīstoties, piemēram, apmācāmais izpilda uzdevumu un veic soli pa solim rasējuma īstenošanu, aģents izgūst no datu bāzes informāciju par eksperta lietotajām funkcijām un salīdzina tās, lai reģistrētu apmācāmā darba izpildes secību, soļu izpildes kārtību un tiem patērēto laiku.

Pēc tam, kad apmācāmais ir nosūtījis pārbaudei savu izpildīto uzdevumu, zināšanu novērtēšanas aģents (shēmu skat. 3.10.att.) salīdzina apmācāmā veikto uzdevumu ar eksperta doto paraugu, analizē apmācāmā veiktās darbības un to ilgumu, veic vērtējuma aprēķinu un atgriezeniskās saites ģenerēšanu, pamatojoties uz risinājuma paraugu. Zināšanu novērtēšanas aģents ģenerēto informāciju nodod zināšanu bāzei, atkarībā no vērtējuma un tālākajām darbībām (ja nepieciešams papildus uzdevums) vai nu tiek pieprasīta informācija uzdevumu piešķiršanas aģentam un tad to nodod saskarnes aģentam vai arī (ja papildus uzdevums nav nepieciešams) uzreiz nodod informāciju saskarnes aģentam, kas to atspoguļo apmācāmajam.

¹⁷ CAD/CAM sistēmās, kā jau aprakstīts 1. nodaļā, darbības veids tiek izsaukts ar funkcijas/rīka palīdzību. Katrai šai funkcijai ir nosaukums, tā izvietota CAD/CAM sistēmā noteiktā vietā (koordinātās), dažās CAD/CAM sistēmās funkcijas/ rīkus iespējams pārvietot (skat 3.1.att.).



3.10.att. Zināšanu novērtēšanas aģenta darbības shēma



3.11.att. Uzdevumu piešķiršanas aģenta darbības shēma

Uzdevumu piešķiršanas aģents (shēmu skat. 3.11.att.) reaģē uz zināšanu novērtēšanas aģenta ievadītajiem datiem informācijas krātuvē. Ja atgriezeniskā saite satur papildus uzdevumu, tāds tiek piešķirts.

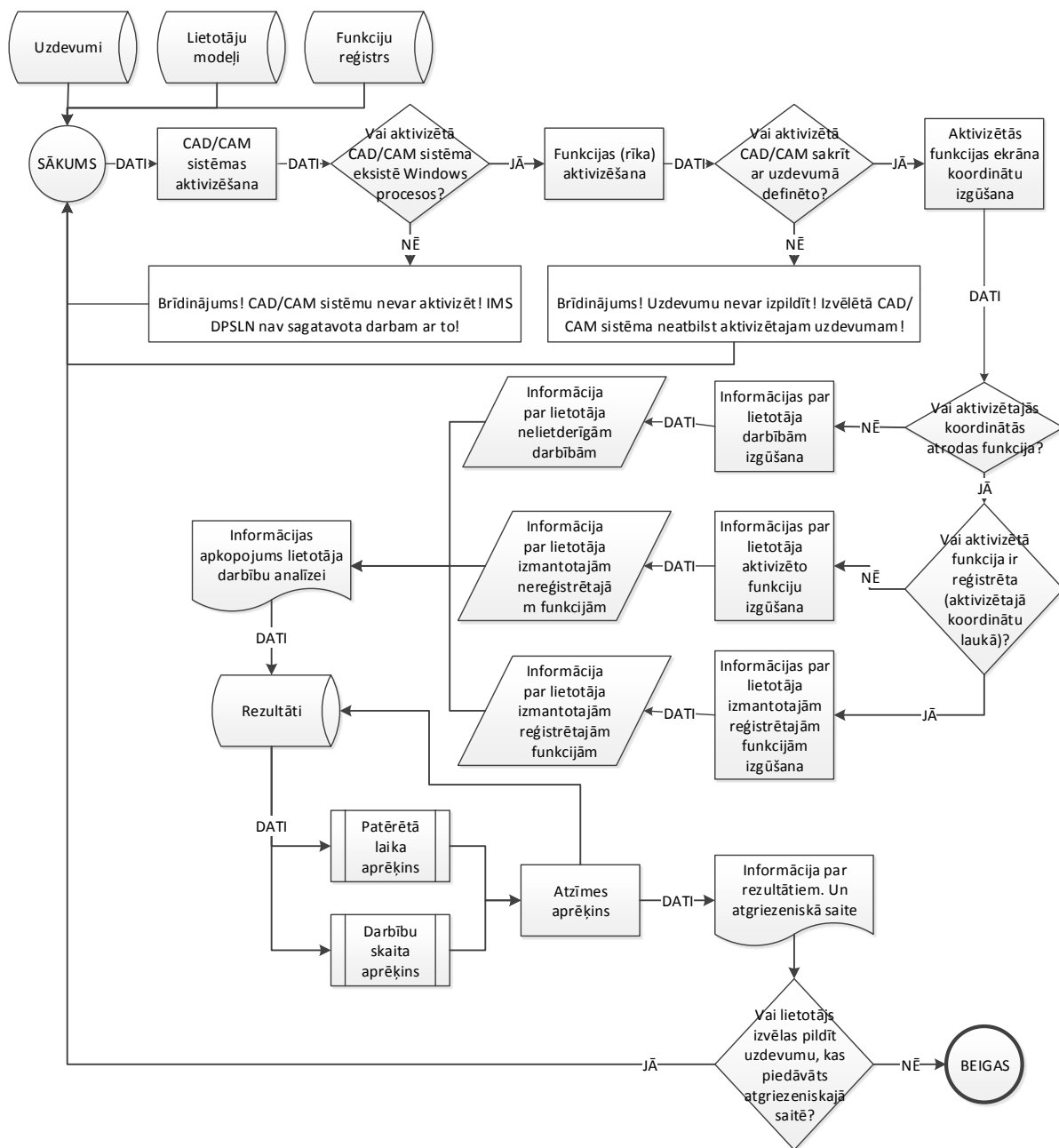
Aģenti un to darbība, kurā aģenti vēro, analizē, apkopo informāciju, informē cits citu un veic apmācāmā novērtēšanu darbā ar CAD/CAM sistēmu (AutoCAD, Lectra, bCAD, Grafis u.c.), iespējams izsekot studenta darbībām (to ātrumam, precizitātei, lietotajiem instrumentiem – funkcijām/rīkiem, saskaņotībai un secīgumam) un tādejādi veikt apmācāmā prasmju diagnostiku, uzdevumu un papildus mācību materiāla adaptāciju.

IMS DPSLN darbības algoritmu veido procesi, kas nepieciešami lietotāju darbību izsekošanai, uzskaitēi, analīzei un saglabāšanai. Sistēmas darbība parādīta 3.12. attēlā.

Uzsākot darbu IMS DPSLN, notiek reģistrēšanās, dati par to, kāda veida darbība ir izvēlēta, tiek pārsūtīti uz nākamo procesu. Dati satur informāciju par lietotāju (izgūst no iepriekš sagatavotas datu bāzes – apmācāmo un ekspertu modeļu dati: reģistrācija, veiktās darbības), pārbaudei (vai uzdevuma ģenerēšanai) izvēlēto CAD/CAM sistēmu, izvēlēto uzdevumu un funkcijas, kas reģistrētas atbilstoši CAD/CAM sistēmai (pirms darba uzsākšanas sistēmas rīki un funkcijas jāreģistrē IMS DPSLN datu bāzē, lai ekrāna nolasīšanas laikā tiktu atpazītas visas darbības).

Rezultātu izgūšana notiek atbilstoši tam, kāda informācija savākta IMS DPSLN sistēmā:

- Informāciju par lietotāja darbībām, aktivizētajām funkcijām un reģistrētajām funkcijām izgūst un informācijas krātuvē novieto lietotāja darbību sekošanas aģents.
- Informāciju par lietotāja iegūtajiem rezultātiem – zināšanu novērtēšanas aģents.
- Jaunu uzdevumu piešķiršana (gan darba sākumā, gan pēc jau izpildītā uzdevuma ir uzdevumu piešķiršanas aģenta aktivitāte.
- Saskarnes aģents informāciju par rezultātiem un atgriezenisko saiti nogādā lietotājam.



3.12.att. IMS DPSLN darbības algoritms

Pēc datu pārbaudes, izvēlētas CAD/CAM sistēmas un uzdevuma atbilstības pārbaudes, lietotājs var uzsākt uzdevuma izpildi. Aktivizējot jebkuru ekrānpunktu (tiek reģistrēti kā skaitliskas vērtības ortogonālās koordinātās), IMS DPSLN pārbauda(ekrāna nolasīšana notiek netraucējot lietotāju), vai aktivizētajās koordinātās atrodas uzdevuma izpildei nepieciešama funkcija. Tiek uzskaitītas gan lietderīgās darbības, gan tādas, kuras uzdevuma izpildē eksperts nebija iekļāvis. Informācija tiek iekļauta sistēmas datu bāzē turpmākai analīzei. No datu bāzes tiek izgūti dati, kas satur informāciju par uzdevumu, tam reģistrētajām funkcijām, sarakstu ar lietotāja (gan eksperta – uzdevuma parauga veidotāja, gan apmācāmā) veiktajām darbībām, izpildes laiku, lietoto funkciju skaitu un veidu. Pēc šiem datiem tiek aprēķināta atzīme

(atzīmes aprēķins detalizēti aprakstīts 3.1.5. nodaļā). Atzīme un citi rezultāti – informācija lietotājam, atgriezeniskā saite un uzdevumi tiek saglabāti sistēmas datu bāzē. Ja lietotājs izvēlas sekot atgriezeniskās saites ieteikumam, sistēma aktivizē sākuma logu un ļauj uzsākt uzdevuma izpildi, ja nē, IMS DPSLN darbu beidz.

Sistēmas darbība īstenojas ar mērķi sekot visām apmācāmā darbībām, salīdzināt tās ar pasniedzēja/eksperta veikumu un noteikt ar kļūdu saistītās darbības, secināt to nozīmību un ietekmi uz darbu kopumā.

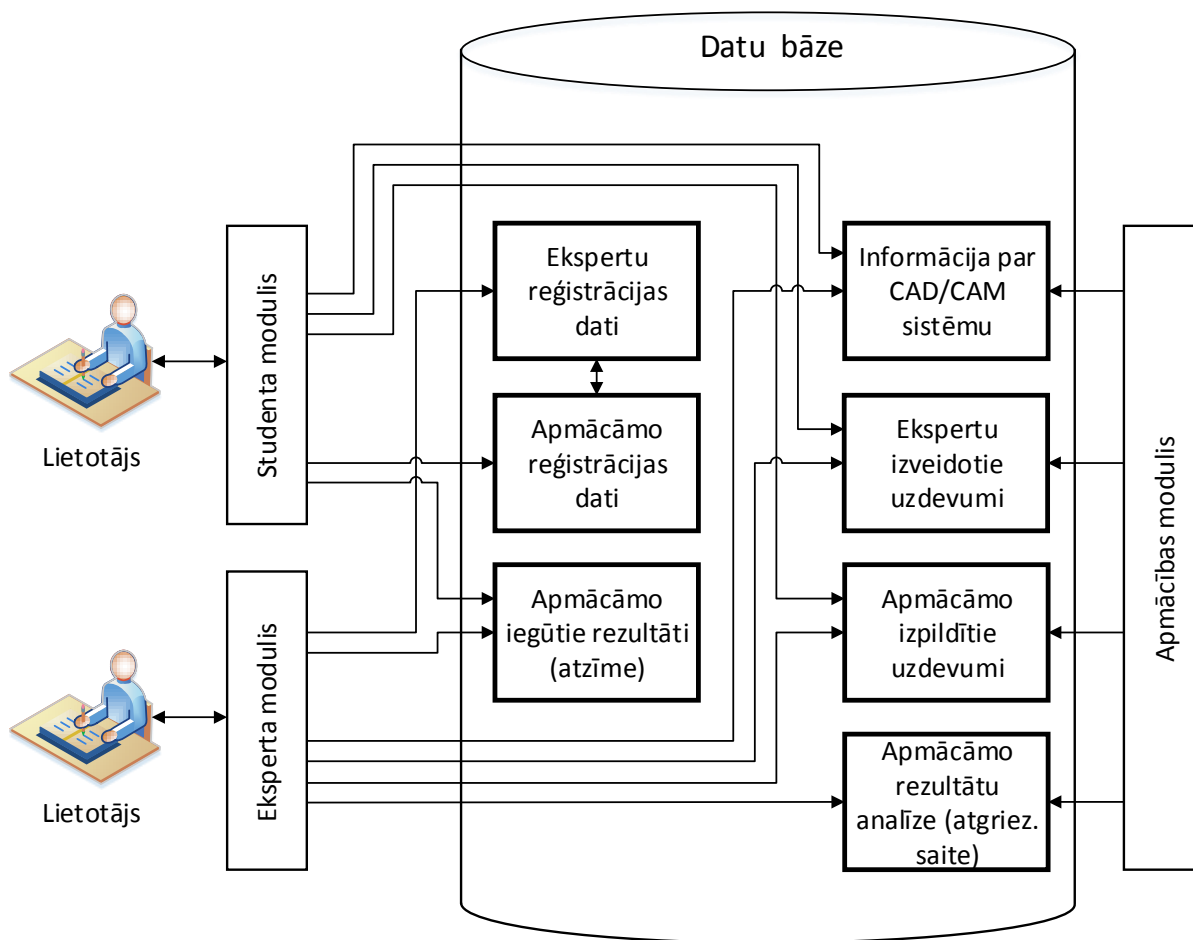
Promocijas darbā veidotā sistēma (IMS DPSLN) paredz informāciju tikai pēc darba beigām, ja tiek veikta lietotāja kompetenču pārbaude, tad pēc uzdevuma veikšanas apmācāmajam tiek piedāvāts vērtējums un kļūdu analīze. Pēc šādas analīzes apmācāmais var uzzināt nepilnības savās zināšanās. Turklāt sistēma piedāvā papildus uzdevumus zināšanu padziļināšanai, nostiprināšanai vai trūkstošo zināšanu papildināšanai. Līdz ar to sistēma piedāvā atgriezenisko saiti apmācāmajiem, kuri izpilda uzdevumus zināšanu pārbaudes nolūkā.

3.1.3. IMS DPSLN datu uzglabāšana

Ar visu aprakstīto aģentu palīdzību tiek īstenotas visas iepriekš aprakstītās zināšanu pārbaudes aktivitātes (2.7.att.), visa informācija tiek ierakstīta datu bāzē. Datu bāze visiem moduļiem ir viena (3.13.att.) – tajā tiek glabāti visu lietotāju reģistrācijas dati, informācija par ekspertu izveidotajiem uzdevumiem, apmācāmo izpildītajiem uzdevumiem un iegūtajiem vērtējumiem.

Datu bāzi veido 14 tabulas (3.14.att.):

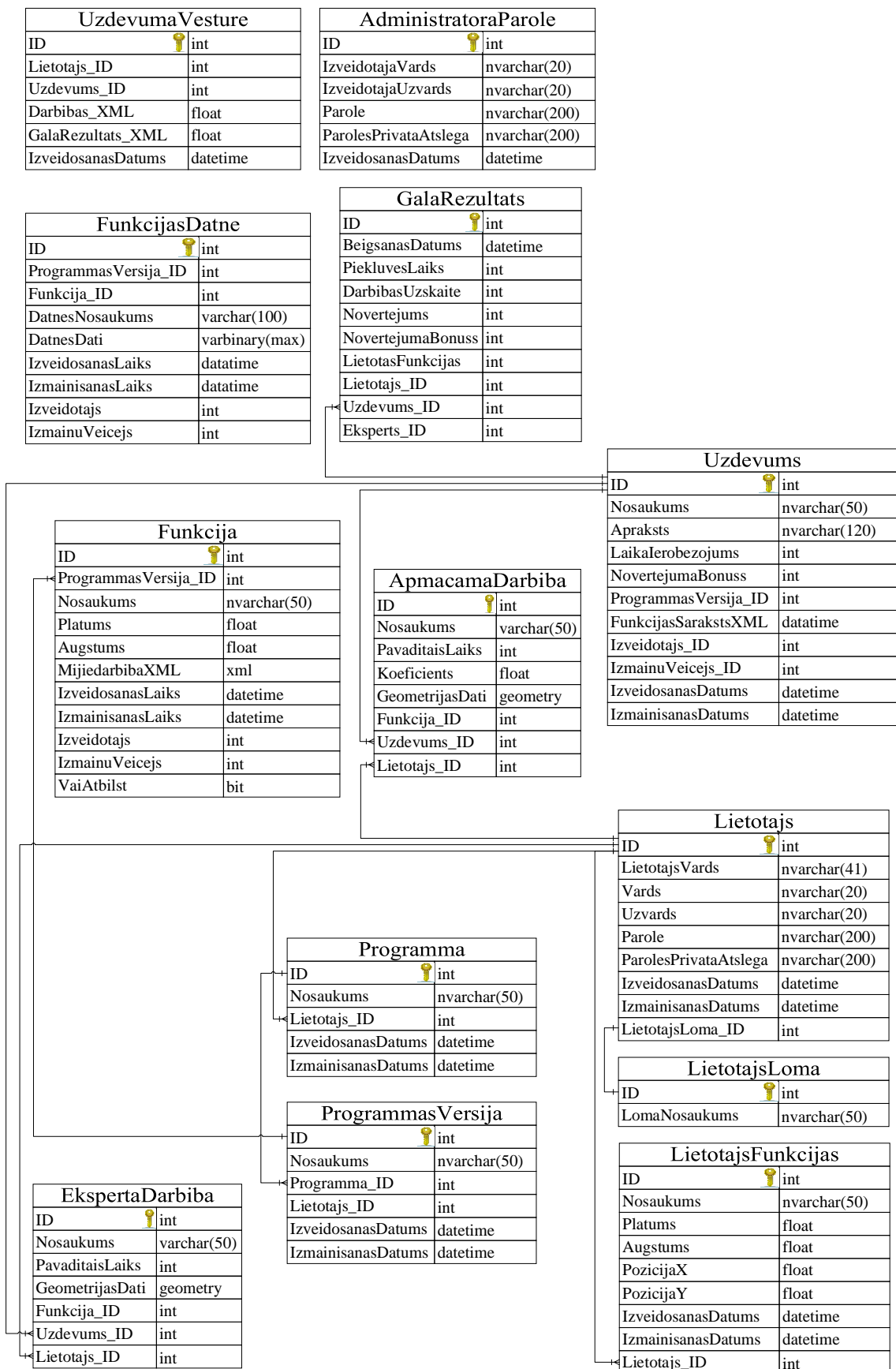
- tabula „*AdministratorsParole*” glabā datus par administratora paroli: paroles unikālo identifikatoru (*ID*), paroles izveidotāja vārdu (*IzveidotajaVards*), paroles izveidotāja uzvārdu (*IzveidotajaUzvards*), parole (*Parole*), paroles privāto atslēgu (*ParolesPrivataAtslega*) un paroles izveidošanas datumu (*IzveidosanasDatums*);



3.13.att. IMS DPSLN datu bāzes saturs

- tabula „*Programmas*” glabā datus par lietojumprogrammām, kas tiek izmantotas uzdevuma veidošanā: lietojumprogrammas unikālo identifikatoru (*ID*), lietojumprogrammas nosaukumu (*Nosaukums*), lietotāja unikālo identifikatoru (*Lietotajs_ID*), lietojumprogrammas versijas izveidošanas datumu (*IzveidosanasDatums*) un lietojumprogrammas versijas izmainīšanas datumu (*IzmainisanasDatums*);
- tabula „*ProgrammasVersija*” glabā datus par programmas versijām: lietojumprogrammas versijas unikālo identifikatoru (*ID*), lietojumprogrammas versijas nosaukumu (*Nosaukums*), lietojumprogrammas unikālo identifikatoru (*Programma_ID*), lietotāju unikālo identifikatoru (*Lietotajs_ID*), lietojumprogrammas versijas izveidošanas datumu (*IzveidosanasDatums*) un lietojumprogrammas versijas izmainīšanas datumu (*IzmainisanasDatums*);

- tabula „*LietotajsLoma*” glabā datus par lietotāja piešķirto lomu (piesaistīta lietotāja modulim): lietotāja lomas unikālo identifikatoru (*ID*) un lietotāja lomas nosaukumu (*Nosaukums*);
- tabula „*EkspertaDarbiba*” glabā datus par eksperta veiktajām darbībām uzdevuma īstenošanas laikā: eksperta darbību unikālo identifikatoru (*ID*), eksperta darbības nosaukumu (*Nosaukums*), eksperta pavadīto laiku (*PavaditaisLaiks*), koordinātes eksperta darbību reģistrēšanai (*GeometrijasDati*), funkcijas unikālo identifikatoru (*Funkcija_ID*), uzdevuma unikālo identifikatoru (*Uzdevums_ID*) un lietotāja unikālo identifikatoru (*Lietotajs_ID*);
- tabula „*LietotajsFunkcijas*” glabā datus par lietotāja izmantotajām funkcijām un to pārvietošanu uzdevuma izpildes laikā: lietotāja funkcijas unikālu identifikatoru (*ID*) lietotāja funkciju nosaukumu (*Nosaukums*), funkcijas platumu (*Platums*), funkcijas augstumu (*Augstums*), funkcijas pozīciju pa X asi (*PozīcijaX*), funkcijas pozīciju pa Y asi (*PozīcijaY*), lietotāja funkcijas izveidošanas datumu (*IzveidosanasDatums*) un lietotāja funkcijas izmainīšanas datumu (*IzmainisanasDatums*);
- tabula „*Lietotajs*” glabā datus par lietotāju: lietotāja unikālo identifikatoru (*ID*), lietotāja vārdu (*LietotajaVards*), lietotāja uzvārdu (*LietotajaUzvards*), lietotāja paroles privāto atslēgu (*ParolesPrivataAtslega*), lietotāja profila izveidošanas datumu (*IzveidosanasDatums*), lietotāja datu izmainīšanas datumu (*IzmainisanasDatums*) un lietotāja lomas unikālo identifikatoru (*LietotajsLoma_ID*);
- tabula „*GalaRezultats*” glabā datus par izpildītā uzdevuma gala rezultātu: gala rezultāta unikālo identifikatoru (*ID*), gala rezultāta datumu (*BeigšanasDatums*), piekļuves laiku (*PiekluvesLaiks*), lietoto darbību uzskaiti (*DarbibasUzskaites*), gala rezultāta novērtējumu (*Novertējums*), gala novērtējuma papildus laiku (*NovertējumaBonuss*), lietotās funkcijas (*LietotasFunkcijas*), lietotāju unikālo identifikatoru (*Lietotajs_ID*), uzdevuma unikālo identifikatoru (*Uzdevums_ID*) un eksperta unikālo identifikatoru (*Eksperts_ID*);



3.14.att. IMS DPSLN datu bāzes struktūra

- tabula „*Uzdevums*” glabā datus par uzdevumu: uzdevuma unikālo identifikatoru (*ID*), uzdevuma nosaukumu (*Nosaukums*), uzdevuma aprakstu (*Apraksts*), laika ierobežojumus uzdevumam (*LaikaIerobezojums*), uzdevuma novērtējuma papildlaiku (*NovertējumaBonuss*), programmas versijas unikālo identifikatoru (*ProgrammasVersija_ID*), funkciju sarakstu XML (*FunkcijasSarakstsXML*), uzdevuma izveidotāja unikālu identifikatoru (*Izveidotajs_ID*), uzdevuma izmaiņu veicēja unikālo identifikatoru (*IzmaiņuVeicejs_ID*), uzdevuma izveidošanas datumu (*IzveidošanasDatums*) un uzdevuma datu izmainīšanas datumu (*IzmainisanasDatums*);
- tabula „*ApmacamaDarbiba*” glabā datus par apmācāmā veiktajām darbībām uzdevumā: apmācāmā darbību unikālo identifikatoru (*ID*), apmācāmā darbību nosaukumus (*Nosaukums*), pavadīto laiku kopš funkcijas aktivizācijas (*PavaditaisLaiks*), koordinātes apmācāmā darbībām (*GeometrijasDati*), funkcijas unikālo identifikatoru (*Funkcija_ID*), uzdevuma unikālo identifikatoru (*Uzdevums_ID*) un lietotāja unikālo identifikatoru (*Lietotajs_ID*);
- tabula „*Funkcija*” glabā datus par visām izveidotajām funkcijām: funkcijas unikālo identifikatoru (*ID*), programmas versijas unikālo identifikatoru (*ProgrammasVersija_ID*), funkcijas nosaukumu (*Nosaukums*), funkcijas platumu (*Platums*), funkcijas augstumu (*Augstums*), funkcijas parametru (*MijiedarbibaXML*), funkcijas izveidošanas datumu (*IzveidošanasDatums*), funkcijas izmainīšanas datumu (*IzmainisanasDatums*), informāciju par funkcijas izveidotāju (*Izveidotājs*), informāciju par funkcijas izmaiņu veicēju (*IzmainuVeicejs*) un funkcijas atbilstības parametru (*VaiAtbilst*);
- tabula „*UzdevumaVesture*” glabā datus par uzdevumā veiktajām darbībām: uzdevuma vēstures unikālo identifikatoru (*ID*), lietotāja unikālo identifikatoru (*Lietotajs_ID*), uzdevuma unikālo identifikatoru (*Uzdevums_ID*), lietoto darbību sarakstu XML (*DarbibasXML*), gala rezultātu XML (*GalaRezultats_XML*) un izveidošanas datumu (*IzveidošanasDatums*);
- tabula „*FunkcijasDatne*” glabā lietojumprogrammas darba virsmas ekrānuzņēmumu: funkcijas datnes unikālo identifikatoru (*ID*), programmas versijas unikālo identifikatoru (*ProgrammasVersija_ID*), funkcijas unikālo identifikatoru (*Funkcija_ID*), funkcijas datnes nosaukumu (*DatnesNosaukums*), datnes datus (*DatnesDati*), funkcijas datnes izveidošanas laiku


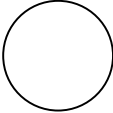

(*IzveidosanasLaiks*), funkcijas datnes izmaiņas laiku (*IzmainisanasLaiks*), informāciju par funkcijas datnes izveidotāju (*Izveidotajs*) un informāciju par funkcijas datnes izmaiņu veicēju (*IzmainuVeicejs*).

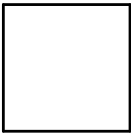
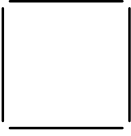

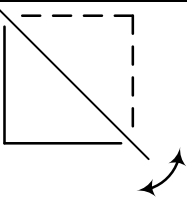


3.1.4. Uzdevumu scenāriju izveide


Sākotnēji IMS datorizētās projektēšanas sistēmu lietojuma novērtēšanai (DPSLN) tiek definēti pamatelementi, kuri tiks izmantoti zināšanu novērtēšanai CAD/CAM sistēmā. Šie elementi tiek definēti katrai CAD sistēmai atsevišķi, taču ir universāli to ģeometriskā raksturojuma aspektā. 3.1.tabulā attēloti grafiskie vienumi un to izveides varianti

3.1.tabula

Grafiskie vienumi un to izveides varianti CAD/CAM sistēmās

	Izveides varianti	Objekta attēls	Objekta raksturojums
<u>Nogrieznis</u>			
1.	nogrieznis		Divi galapunkti savienoti ar līniju, kam ir noteikts garums. Visbiežāk attēlojams ar abu galapunktu definēšanas palīdzību. Iespējamie varianti: uzdot galapunktu koordinātas, uzdot sākumpunktu, līnijas virzienu un garuma vērtību, norādīt divus rasējumā jau eksistējošus punktus. Izpilde atkarīga no uzdevuma specifikas
<u>Rinkis</u>			
2.	riņķis		Plaknes daļa, ko ierobežo riņķa līnija ar centru tajā. Visbiežāk izpildāms norādot centra punktu un riņķa līnijas rādiusu vai diametru.
<u>Elipse</u>			
3.	elipse		Plaknes daļa, ko ierobežo līnija, kam jebkura punkta attālumu summa līdz diviem fiksētiem punktiem ir konstanta. Visbiežāk izpildāms norādot abus centrus un augstumu.

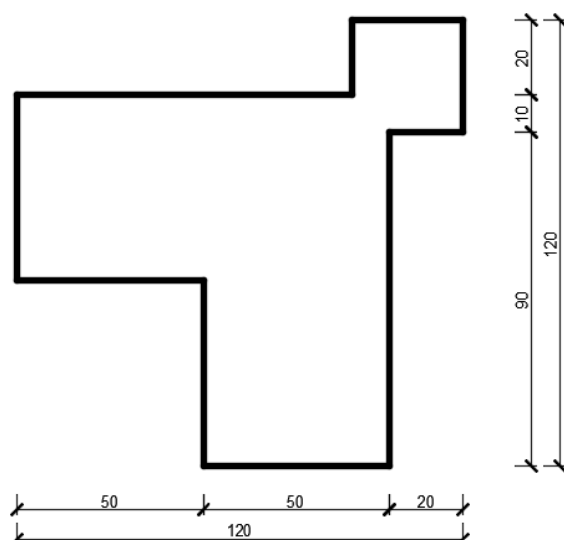
	Izveides varianti	Objekta attēls	Objekta raksturojums
<u>Kvadrāts</u>			
4.a	kvadrāts		Visas malas ir vienāda garuma. Visi leņķi ir vienādi (90°). izpildāms ar vienu CAD/CAM sistēmas funkciju velkot no stūra un norādot diagonāli pretējos stūri vai norādot malas garumu.
4.b	nogrieznis, nogrieznis, nogrieznis, nogrieznis		Šajā variantā vienas funkcijas un vienai vai divu peles klikšķu vietā tiek zīmētas četras līnijas, kuru uzdošanas parametri raksturoti pie vienuma “nogrieznis”, tādejādi izpildāms ar 8 līdz 12 darbībām.
4.c	nogrieznis, nogrieznis, paralēla kopēšana, paralēla kopēšana		Šāda četrstūra zīmēšanas secībai tiek izpildītas četras funkcijas, kas, atkarībā no CAD/CAM sistēmā integrētās kopēšanas veida, var būt izpildāmas ar 6 līdz 8 darbībām.
4.d	nogrieznis, nogrieznis, simetrijas kopēšana		Šāda veida kopēšana pieejama ne visas CAD/CAM sistēmās, tāda kvadrāta uzzīmēšana aizņem 5 – 9 darbības.
<u>Taisnstūris</u>			
5.a	taisnstūris		Paralēlās malas ir vienāda garuma. Visi leņķi ir vienādi (90°), taču malu garumi atšķirīgi, līdz ar to, ja taisnstūris tiek zīmēts ievadot malu garumus, tiek atkārtotas divas secīgas parametru ievades.
5.b	nogrieznis, nogrieznis, nogrieznis, nogrieznis		Izveide līdzīga kā kvadrāta četru līniju variantā – atšķirība tikai atšķirīgajos malu garumos (nogriežņu ievades parametri).

	Izveides varianti	Objekta attēls	Objekta raksturojums
5.c	nogrieznis, nogrieznis, paralēla kopēšana, paralēla kopēšana		Izveide līdzīga kā kvadrāta četru līniju variantā – atšķirība tikai atšķirīgajos malu garumos (nogriežņu ievades parametri).

Kā redzams 3.1.tabulā, pastāv vairāki varianti ģeometrisku pamatvienumu izveidei CAD/CAM sistēmās, tos iespējams uzkonstruēt ar dažādu soļu skaitu, kas ietekmē gan patērēto darba laiku, gan darba precizitāti (autora pieredze rāda, ka ar vairāk komandām/funkcijām izveidots objekts prasa no izpildītāja augstāku koncentrēšanos). Un tas pamato iespēju īstenot CAD/CAM sistēmu lietojumu novērtēšanu, sekojot apmācāmā darbībām un analizējot tās CAD sistēmas lietojuma laikā.

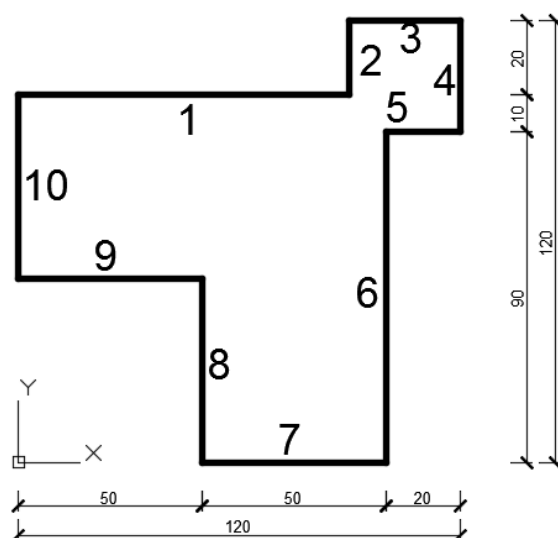
Zināšanu pārbaudei eksperts/skolotājs veic testa piemēra sagatavošanu, kā arī identificē funkcijas, kuras ir nepieciešamas konkrētā uzdevuma izpildei. Tā kā nav daudz paraugu un sagatavju zināšanu pārbaudes uzdevumiem CAD/CAM sistēmās, tad katrs skolotājs visbiežāk veido savu uzdevumu komplektu. Kā jau minēts pirmajā nodaļā, dažkārt specializēto CAD/CAM sistēmu pārstāvji aktualizē speciālas skolu un universitāšu programmas, kurās piedāvā slēgtas pieejas materiālus. Šādus materiālus piedāvā, piemēram, sistēma Lectra [53], taču, jāatzīst, ka uzdevumi ir ļoti vienkāršoti un vērsti tikai pamatzināšanu pārbaudei.

3.15.attēlā redzami uzdevumu varianti pārbauda vienkāršu CAD/CAM sistēmas funkciju/rīku lietojumu. Tajos ietverta zināšanu pārbaude tādiem grafiskajiem vienumiem kā kvadrāts, nogrieznis, kā arī to dažādi savstarpēji ģeometriskie novietojumi. Arī šajos uzdevumos izpilde iespējama dažādi – gan izmantojot sistēmas funkcijas/rīkus racionāli (izvēloties atbilstošo rīku nepieciešamā grafiskā vienuma izveidei), gan arī lietot tikai vienu vai divus no apgūtajiem rīkiem, variējot vien ievadi, izpildot darbu ilgāk un darbietilpīgāk (veikto darbību skaits var pieaugt pat divas reizes).



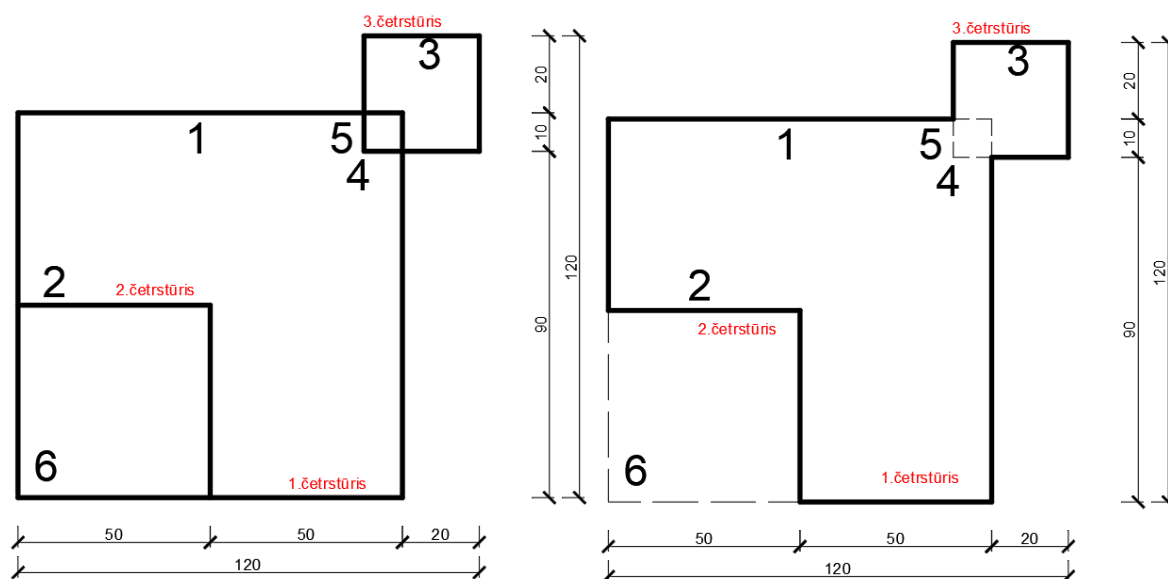
3.15.att. Uzdevums ēkas plāna ārējai līnijai, īstenots AutoCAD

Veidojot uzdevumus, ekspertam jādomā par iepriekš apskatītajiem aspektiem, kuri iekļauj uzdevuma pietuvināšanu praksei. Tā, piemēram, ja uzdevuma nosacījumos ir uzzīmēt ārējo līniju nosacītam ēkas plānam (3.15.attēls), tad ekspertam tas jāveido tā, lai tā īstenošanu būtu iespējams veikt gan racionāli, gan arī lietojot neracionālus darba paņēmienus. Doto piemēru (3.15.attēls) iespējams izpildīt ar dažādiem paņēmieniem – atšķirsies veikto darbību skaits un līdz ar to darbam patērētais laiks un līdz ar to kritīsies darba efektivitāte.



3.16.att. Uzdevuma izpildes 1.piemērs, īstenots AutoCAD [123]

Zīmējot plānu ar funkciju “nogrieznis”, ir vajadzīgi desmit soļi. Turklāt rasētājam ir jāuzmanās parametru ievadē, lai neizjauktu plānoto ģeometriju – taisnleņķa līniju savienojumus un savstarpējās proporcijas.



3.17.att. Uzdevuma izpildes 2.piemērs, īstenots AutoCAD [123]

Otrajā izpildes piemērā demonstrēts racionālāki zīmēšanas paņēmieni. Nogriežņu vietā tiek zīmēti četrstūri – pirmais līdz trešais solis. Ceturtajā solī četrstūri tiek pārvietoti, piektais un sestais solis dzēš liekās līnijas. Salīdzinot soļu skaitu, var redzēt, ka pirmais izpildes variants nav racionāls – tajā ir četri lieki soļi.

Analizējot šo izveidoto uzdevumu pēc 1.3.4.nodaļā aprakstītajiem ieteikumiem, var secināt, ka tas ir atbilstošs apmācāmo zināšanu pārbaudei CAD/CAM sistēmu lietojumam. 3.2.tabulā apkopotas prasības un skaidrojums par uzdevuma atbilstību tām.

3.2.tabula

Izveidotā uzdevuma analīze

	Uzdevuma analīzes aspekti, pēc [61]	Uzdevuma analīze
1.	Vai aktivitāte rosina lietotāju interesi?	DAĻĒJI. Pats ēkas plāns nav sarežģīts, taču tā korekta izpilde ir interesanta, jo īstenošana nav acīmredzama – vienkāršotākais risinājums nav efektīgākais. Par to apmācāmais ir jāinformē.
2.	Vai uzdevums fokusējas uz mācību vielas būtību?	JĀ. Uzdevums fokusēts uz kvadrātu zīmēšanu, risinājuma efektivitātes paaugstināšanu un satur elementus, kas liek atrast labāko risinājumu.
3.	Vai uzdevumam ir rezultāts?	JĀ. Uzdevums ir rasējums, kura uzzīmēšana ir acīmredzams rezultāts.
4.	Vai izpildes rezultāts fokusējas	JĀ. Tikai pabeigts uzdevums ir sasniedzis

	Uzdevuma analīzes aspekti, pēc [61]	Uzdevuma analīze
	uz rezultātu? Vai uzdevuma pabeigšana ir prioritāte?	rezultātu.
5.	Vai uzdevums (aktivitāte) saistāms ar reālās (prakses) pasaules aktivitātēm?	JĀ. Līdzīgs uzdevums CAD/CAM sistēmas lietotāju var sasniegt arī praktiskajā (darba) dzīvē. Tā izpilde ir rasētāja rutīnas darba sastāvdaļa.

Kā jau iepriekš aprakstīts, pieejas autors apgalvo, ka aktivitāte ir uzskatāma par jēgpilnu uzdevumu, ja uz vairumu jautājumu tiek gūta atbilde JĀ. Konkrētais uzdevums uzskatāms par labi strukturētu un jēgpilnu apmācāma zināšanu pārbaudei CAD/CAM lietojumā. Uzdevums lietots darba aprobācijā mācību priekšmetā “Datormācība” RTU DTI studentiem.

3.1.5. Uzdevumu izpildes novērtējums

Iepriekš aprakstīts (3.1.tabula), ka vienu un to pašu grafisko pamatvienumu var izveidot ar dažādu darbību skaitu. Lai izvairītos no problēmas, ka izpildītājs izvēlas sev zināmāko ceļu līdz rezultātam (izmantojot tikai tās funkcijas, kas viņam šķiet parocīgas), kas ne vienmēr ir ātrākais un efektīvākais paņēmieni, ir nepieciešams ieviest objektu izveides darbību uzskaiti. Apmācāmo zināšanu novērtēšana notiek salīdzinot apmācāmā izpildītos uzdevumus ar eksperta veikumu. Vispirms sistēmā tiek izveidota darbību, procesa un laika uzskaites ekspertam. Šī informācija ir eksperta aģenta rīcībā, kurš tālāk informē uzdevumu piešķiršanas un zināšanu novērtēšanas aģentus. Apmācāmā darbību novērtēšanai tiek identificēts, cik daudz pareizu darbību students ir veicis, līdz ar to viņa paveiktā vērtējums tiek izteikts ar formulu (3-1).

$$A_d = 10 * \left(\sum_{i=1}^n DA_i \right)^{-1} * \left(\sum_{i=1}^n DE_i \right) \quad (3-1)$$

A_d – atzīme par veikto uzdevumu, ja atzīmes aprēķinam tiek ņemts vērā tikai darbību skaits.

10 – šobrīd Latvijā lietotās vērtēšanas sistēmas maksimālā atzīme.

DA – apmācāmā veiktās darbības.

DE – eksperta veiktās darbības.

n – darbību skaits, kur n ir naturālu skaitļu kopa.

Konkrēta, praktiski pārbaudīta atzīmes piemēra aprēķins dots 4.2.nodaļā.

Jau iepriekš aprakstīts, ka svarīgi ne tikai tas, cik funkcijas/rīkus sistēmā lieto apmācāmais (ar mērķi panākt atbilstošu rīku lietojumu darba efektivitātes nodrošināšanai), bet arī patērētais laiks iespaido projektētāja darba novērtējumu. Jo ātrāk darbinieks/apmācāmais spēj veikt uzdevumu, jo vērtīgāks šāds darbinieks ir industrijā. Lai aprēķinātu atzīmi (formula (3-4)), kas atkarīga no uzdevuma izpildes laika, tiek ieviesti divi koeficienti – koeficients, ja apmācāmais ir iekļāvis eksperta uzdotajā laikā (aprēķina pēc formulas (3-2)), un koeficients, ja apmācāmais ir pārsniedzis gan eksperta laiku, gan arī doto papildlaiku (aprēķina pēc formulas (3-3)).

$$K_l = \sum_{i=1}^n LA_i * \left(\sum_{i=1}^n LE_i \right)^{-1} - 1 \quad (3-2)$$

$$K_{pl} = \sum_{i=1}^n L_{pl_i} * \left(\sum_{i=1}^n LE_i \right)^{-1} \quad (3-3)$$

$$A_l = 10 - K_l * K_{pl}^{-1} \quad (3-4)$$

A_l – atzīme par veikto uzdevumu, ja atzīmes aprēķinam tiek ņemts vērā tikai izpildes laiks.

K_l – koeficients, kas atkarīgs no laika (laiks, kurā eksperts izpilda uzdevumu).

K_{pl} – koeficients, eksperta dotais papildlaiks, ja uzdevums ir sarežģīts.

10 – šobrīd Latvijā lietotās vērtēšanas sistēmas maksimālā atzīme.

LA – apmācāmā uzdevuma izpildes laiks.

LE – eksperta uzdevuma izpildes laiks.

L_{pl} – eksperta dotais papildlaiks.

n – laika uzskaitījuma minūšu skaits, kur n ir naturālu skaitļu kopa.

Gala vērtējums tiek aprēķināts summējot abas iegūtās atzīmes (formula (3-5)), kas var tikt koriģētas ar koeficientiem. Korekcija nepieciešama tajā gadījumā, ja kāda no darba izpildes komponentēm (darbību skaits, izpildes laiks) ir svarīgāka par otru. Abu koeficientu summai jābūt viens – lai neveiktu atzīmes neatbilstošu korekciju (nepārkāptu maksimālās

atzīmes vērtību 10). Pēc noklusējuma koeficientu vērtības ir $\frac{1}{2}$ – tādejādi gala atzīmē vienlīdz svarīgi tiek ņemts vērā gan laiks, kurā apmācāmais izpildījis darbus, gan darbību skaits. Atbilstoši eksperta pieredzei un zināšanām, šie koeficienti ir koriģējami. Ja eksperts zina, ka galvenais uzdevuma izpildē ir laiks (piemēram, vienkāršs pārbaudes uzdevums, kurā lietojams neliels skaits funkciju), tad viņš izmaina K_2 un K_1 tiek aprēķināts automātiski, ņemot vērā, ka abu koeficientu summa nedrīkst pārsniegt vērtību 1.

$$A = K_1 * A_d + K_2 * A_l \quad (3-5)$$

A – atzīme par veikto uzdevumu.

A_d – atzīme par veikto uzdevumu, ja atzīmes aprēķinam tiek ņemts vērā tikai darbību skaits.

A_l – atzīme par veikto uzdevumu, ja atzīmes aprēķinam tiek ņemts vērā tikai izpildes laiks.

K_1 – darbību skaita svarīguma koeficients.

K_2 – izpildes laika svarīguma koeficients.

Konkrēta, praktiski pārbaudīta koeficientu maiņas piemēra aprēķins dots 4.2.nodaļā.

Līdztekus atzīmei, lietotāji saņem informāciju par paveikto. Ekspertam pieejams saraksts ar visām apmācāmā lietotājam funkcijām/rīkiem, patērēto laiku, kā arī informācija, kas tika atspoguļota lietotājam pēc uzdevuma izpildes. Apmācāmais gūst informāciju par laiku, kurā uzdevums bija jāpaveic, pieļaujamo papildlaiku un laiku, ko pats patērējis, izpildot uzdevumu, darbību un laika svarīguma koeficientus, kā arī iegūto atzīmi par paveikto. Papildus tiek dota informācija, kas atkarīga no uzdevuma izpildes sekmīguma – uzslavas, ieteikumi, aizrādījumi un/vai norādes uz papildus veicamajiem uzdevumiem (informācijas piemēri apkopoti 3.3.tabulā). Informācija lietotājam uzskatāma par atgriezenisko saiti, ja satur norādes, kas lietotājam jāveic sava veikuma koriģēšanai (uzlabošanai). Ja lietotājs ir sasniedzis labus rezultātus (atzīme 7 un augstāk), viņš saņem informāciju par atzīmi bez korekcijām turpmākām darbībām. Tādā gadījumā lietotājam ir iespēja izvēlēties uzdevumu izpildei, ja viņš vēlas turpināt darbu (skat. 3.18.att). Zemāka rezultāta (zem atzīmes 7) gadījumā informācija satur atgriezenisko saiti – ar ieteikumu turpmākām darbībām zināšanu uzlabošanai (korekcijai) (skat. 3.3.tabulas 5. – 7. rindas atgriezeniskās saites piemērus).

Informācija lietotājam (iesniedzot uzdevumu)

#	Informācija	Lietošana
1.	Apsveicu! Uzdevums izpildīts izcili!	Apmācāmais saņēmis atzīmi 10.
2.	Apsveicu! Uzdevums izpildīts teicami! Uzdevumu izpildot, ir ievērots <i>laika limits</i> , taču pārsniegts pieļaujamais <i>darbību skaits</i> !	Apmācāmais saņēmis atzīmi 9. Nelielas nepilnības novērotas vienā no kritērijiem. Faktori tekstā var tikt apmainīti vietām atkarībā no tā, kādas nepilnības aģents ir konstatējis.
3.	Apsveicu! Uzdevums izpildīts ļoti labi! Uzdevumu izpildot, ir ievērots <i>laika limits</i> , taču pārsniegts pieļaujamais <i>darbību skaits</i> ! Uzdevumu izpildot, ir nedaudz pārsniegts laika limits un pieļaujamais darbību skaits.	Apmācāmais saņēmis atzīmi 8. Nepilnības novērotas vienā no kritērijiem vai nelielas nepilnības abos kritērijos. Faktori tekstā var tikt apmainīti vietām atkarībā no tā, kādas nepilnības aģents ir konstatējis. Ja aģents konstatē nepilnības abos kritērijos.
4.	Apsveicu! Uzdevums izpildīts labi! Uzdevumu izpildot ir ievērots <i>laika limits</i> , tomēr būtiski pārsniegts pieļaujamais <i>darbību skaits</i> ! Uzdevumu izpildot, ir pārsniegts laika limits un pieļaujamais darbību skaits.	Apmācāmais saņēmis atzīmi 7. Nepilnības novērotas vienā vai abos kritērijos. Faktori tekstā var tikt apmainīti vietām atkarībā no tā, kādas nepilnības aģents ir konstatējis. Ja aģents konstatē nepilnības abos kritērijos.
5.	Apsveicu! Uzdevums izpildīts gandrīz labi! Uzdevumu izpildot, ir pārsniegts <i>laika limits</i> un pieļaujamais <i>darbību skaits</i> . Ir pieļautas kļūdas lietojot funkciju/rīku <i>līnija</i> . Nav lietota funkcija/rīks <i>kvadrāts</i> . Funkcija/rīks <i>kvadrāts</i> jāapgūst papildus,	Apmācāmais saņēmis atzīmi 6. Nepilnības novērotas abos kritērijos. Aģents konstatē nepilnības abos kritērijos, nosauc kļūdas un uzskaita funkcijas, kas nav lietotas, bet bija plānotas uzdevumā.

#	Informācija	Lietošana
	uzdevums Nr.101!	
6.	Uzdevums izpildīts! Taču ar kļūdām! Uzdevumu izpildot, ir pārsniegts <i>laika limits</i> un pieļaujamais <i>darbību skaits</i> . Ir pieļautas kļūdas lietojot funkciju/rīku <i>līnija</i> . Nav lietota funkcija/rīks <i>kvadrāts</i> . Tas jāapgūst papildus! Lai turpinātu apmācības, jāapgūst uzdevums Nr.102.	Apmācāmais saņēmis atzīmi 4 vai 5. Nepilnības novērotas abos kritērijos. Aģents konstatē nepilnības abos kritērijos, nosauc kļūdas un uzskaita funkcijas, kas nav lietotas, bet bija plānotas uzdevumā, izsniedz uzdevumu, kas jāizpilda.
7.	Uzdevums izpildīts, taču, diemžēl, nesekmīgi! Vērsies pie pasniedzēja, lai papildinātu savas zināšanas! Uzdevumu izpildot, ir pārsniegts <i>laika limits</i> un pieļaujamais <i>darbību skaits</i> . Ir pieļautas kļūdas lietojot funkciju/rīku <i>līnija</i> . Nav lietota funkcija/rīks <i>kvadrāts</i> . Tas jāapgūst papildus! Lai turpinātu apmācības, jāapgūst uzdevums Nr.103.	Apmācāmais saņēmis atzīmi zemāku par 4. Nepilnības novērotas abos kritērijos. Aģents konstatē nepilnības abos kritērijos, nosauc kļūdas un uzskaita funkcijas, kas nav lietotas, bet bija plānotas uzdevumā, izsniedz uzdevumu, kas jāizpilda.
8.	Uzdevums nav pabeigts!	Aģents konstatē, ka apmācāmais nav izpildījis visu uzdevumu un neuzsāk tā novērtējumu.

3.3.tabulā apkopota informācija, kas līdztekus atzīmei tiek sniegta apmācāmajam ir informatīva rakstura un tiek atspoguļota lietotāja saskarnē pēc tam, kad apmācāmais darbu ir pabeidzis. Ja uzdevums tiek iesniegts nepabeigts, lietotājs par to tiek informēts un var izvēlēties – turpināt uzdevumu vai beigt darbu.

Ja apmācāmā vērtējums ir nesekmīgs, viņš saņem koriģējošo atgriezenisko saiti – obligāti izpildāmos uzdevumus. Ja vērtējums ir sekmīgs, taču nav labs – atzīme ir 4 līdz 6, atgriezeniskā saite satur ieteicami izpildāmos uzdevumus (piemēram, 3.3.tabulas 6. un 7.rindā). Arī šādi tiek veikta korekcija – apmācāmais saņem pielāgotus uzdevumus tieši to zināšanu papildināšanai (piemēram, 3.3.tabulas 5.rindā kvadrāta funkcijas apguvei), kas izrādījušās nepietiekamas zināšanu pārbaudē. Ja uzdevums paveikts ar labu vērtējumu –


```

graph TD
    Start([Apmācāmā autorizēšanās]) -->|Apmācāmā dati| P[Pieejamie uzdevumi]
    DB[(Datu bāze)] -->|Informācija par CAD/CAM sistēmām un uzdevumiem| P
    P -->|Izvēlēta uzdevuma nosaukums| U[Uzdevuma izpilde]
    U -->|Apmācāmā dati, uzdevums| R[Darbību izsekošana un saglabāšana]
    R -->|Informācija par uzdevuma izpildi| V[Vērtējuma aprēķins]
    V -->|Informācija par izvēlēto uzdevumu. Operāciju un laika uzskaite| DB
    V -->|Informācija par izvēlēto uzdevumu. Operāciju un laika uzskaite| P
    V -->|Informācija par izvēlēto uzdevumu. Operāciju un laika uzskaite| V2[Vērtējums ir 4 līdz 6?]
    V -->|Informācija par izvēlēto uzdevumu. Operāciju un laika uzskaite| V3[Vērtējums ir sekmīgs? >4]
    V -->|Informācija par izvēlēto uzdevumu. Operāciju un laika uzskaite| V4[Apmācāmais vēlas turpināt zināšanu pārbaudi?]
    V2 -- JĀ --> I[Ieteicamie uzdevumi]
    V2 -- NĒ --> V3
    V3 -- JĀ --> O[Obligāti izpildāmie uzdevumi]
    V3 -- NĒ --> V4
    V4 -- JĀ --> V4
    V4 -- NĒ --> End([Apmācāmais pārtrauc lietot sistēmu])
    V4 -- JĀ --> V5[Vērtējums ir 7 un augstāk?]
    V5 --> P2[Izvēles papildus uzdevumi]
    P2 --> P
  
```

3.18.attēlā redzams uzdevumu izpildes novērtējuma process, kurā parādīts, ka, ja apmācāmais izvēlas darbu turpināt, tas var apgūt papildus uzdevumus (uzdevumi, kas ģenerēti zināšanu papildināšanai, un apmācāmais var tos izpildīt pēc vēlēšanās). Ja apmācāmajam vienas darba sesijas laikā ir plānots izpildīt vairākus pārbaudes uzdevumus, tad, līdztekus papildus uzdevumiem vai ieteicamajiem uzdevumiem (uzdevumi, kas vērsti uz konkrētas funkcijas/rīka apguvi, skat. piemēram, 3.3.tabulas 5.rindā kvadrāta funkcijas apguvei), viņam tiek piedāvāts izpildīt ieplānoto uzdevumu. Ja vērtējums ir nesekmīgs, apmācāmajam tiek piedāvāts izpildīt obligātos uzdevumus, kas ir vienkāršāki par sākotnējo pārbaudes uzdevumu. Pat, ja lietotājs darbu ar sistēmu pārtrauc, nākamajā sesijā sistēma piedāvā šos vienkāršākos uzdevumus, taču lietotājs var izvēlēties veikt pārbaudes uzdevumu (to, kurā guva sliktu vērtējumu) atkārtoti.

IMS DPSLN mērķis ir pārbaudīt apmācāmā zināšanas datorizētās projektēšanas uzdevumu izpildei, analizēt apmācāmā veikumu, salīdzināt to ar eksperta piedāvāto

risinājumu un sniegt informatīvu atgriezenisko saiti gan apmācāmajam – par rezultātiem uzdevuma izpildē, gan pasniedzējam – par apmācāmā kļūdām, tādejādi informējot par nodarbībās aktualizējamām tēmām. Sistēmai jābūt saderīgai ar CAD/CAM sistēmām, jāspēj “novērot” tajās veiktie procesi. Tā kā intelektuālas mācību sistēmas gadījumā ne vienmēr iespējams specificēt katru iespējamo reakciju, kas tiek prasīta no programmatūras [129], tad šeit aprakstītas galvenās prasības sistēmai [130].

IMS DPSLN neapmāca, kā lietot CAD/CAM sistēmas, bet IMS DPSLN notiek zināšanu pārbaude, kas gūtas neatkarīgi no IMS DPSLN.

IMS DPSLN ir sistēma, kas projektēta lietošanai stacionārajā vai portatīvajā datorā, tās darbība nedrīkst traucēt un/vai pārtraukt CAD/CAM sistēmas darbību, iejaukties tajā vai uzsākt darbības un/vai procesus, ko neizvēlas/neveic CAD/CAM sistēmas lietotājs.

Par sistēmas lietotāju tiek uzskatīts jebkurš, kurš izveido un aktivizē savu lietotāja profilu. Lietotāji tiek iedalīti trīs kategorijās – publiskās daļas lietotāji (apmācāmie), kam ir piekļuve uzdevumu izpildei un atgriezeniskai saitei par paveikto, eksperti, kuriem ir pieeja uzdevumu izveidei, izpildei un apmācāmo rezultātiem darbā ar CAD/CAM sistēmām IMS DPSLN lietošanas laikā, administrators, kuram ir pieeja visai informācijai un datu bāzes pārvaldībai. Sistēmas administrēšana notiek tās slēgtajā (tikai autorizētiem lietotājiem pieejamā) daļā, administrators var mainīt datus par lietotājiem, datu bāzes novietojumu un veikt citas ar IMS DPSLN turētājiem saskaņotas darbības.

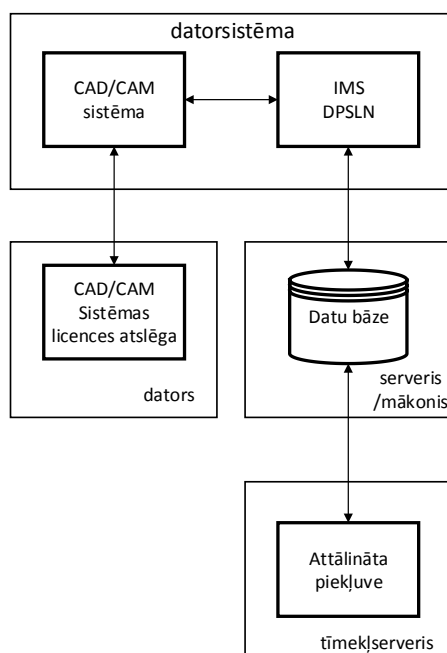
Sistēmai ir nepieciešams interneta pieslēgums – tās datu bāze tiek glabāta mākonī, neierobežojot lietotāju iespējas mainīt savu atrašanās vietu vai darbstaciju (ciktāl to neierobežo CAD/CAM sistēmas licencēšanas un piekļuves nosacījumi). Datu bāzei mākonī var piekļūt no jebkuras vietas ar aktīvu interneta pieslēgumu. Lokālās datu bāzes ierobežotas ar tīkla konfigurāciju un piekļuve tiek nodrošināta ar apakštīkliem.

Datu bāzei jāuzglabā informācija par sistēmas jaunākajām versijām, lietotājiem, darba cikliem, paveiktajiem un ģenerētajiem uzdevumiem un citām aktivitātēm, kas veiktas saskaņā ar sistēmas mērķiem (CAD/CAM sistēmu lietojuma novērtēšana, apmācāmā darbību sekošana un analīze datorizētās projektēšanas sistēmu (CAD) lietojuma laikā).

IMS DPSLN satur datorsistēmā instalētu programmatūru, datubāzi un pieeju tai, lai pārvaldītu datus, ko tā satur. Programmatūras daļa komunicē ar CAD/CAM sistēmu datu iegūšanai no tās (3.19.att.). CAD/CAM sistēmas novērošana ar lietotāja darbību izsekošanu ļauj IMS DPSLN veikt datu izgūšanu un tālāku nosūtīšanu datu bāzei. IMS DPSLN neiejaucas CAD/CAM sistēmas darbā, bet izmantojot ekrāna nolasīšanu un intelektuālus

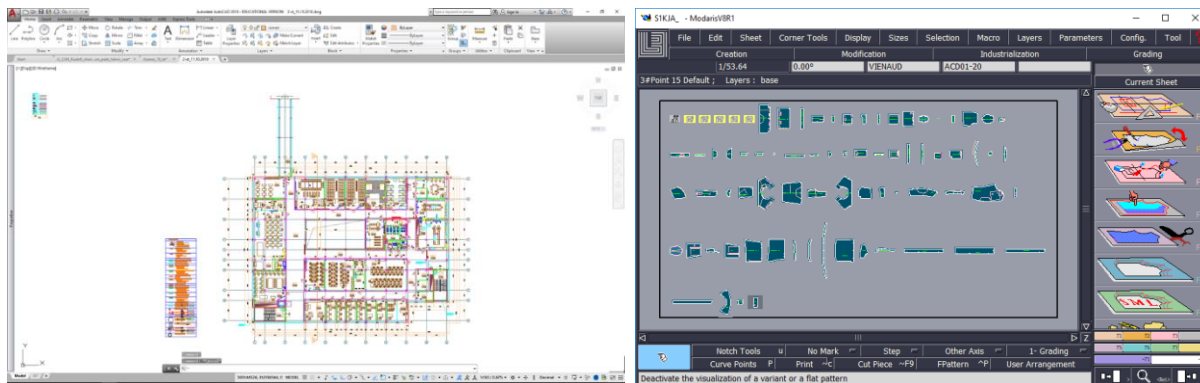
aģentus (aprakstīti 3.1.2.nodaļā), kuri savā starpā nodod datus, veic lietotāju (apmācāmo) darbību uzskaiti un izpildīto uzdevumu novērtēšanu, nosūtot šos datus uz datu bāzi. IMS DPSLN uzskaita arī eksperta veiktās darbības uzdevumu izpildē, lai saglabātu datu bāzē paraugu, ar ko zināšanu novērtēšanas aģents salīdzina lietotāja veikumu. Administrators caur tīmekli (Web) piekļūst datu bāzei, lai veiktu datu saglabāšanu, uzzinātu informāciju par sistēmu, tās lietojumu, atjauninājumu instalēšanu.

Lai neierobežotu CAD/CAM sistēmas lietojumu un datora veikspēju, IMS DPSLN instalācija uz datora cietā diska neaizņem vairāk kā 100 MB, viena uzdevuma izpildes laikā radītais datu apjoms un nepieciešamā mākoņa vieta atkarīga no sistēmas lietošanas intensitātes, apmācāmo skaita un ģenerēto uzdevumu skaita un sarežģītības. Šīs atkarības raksturs (linearitāte) nav viennozīmīgi paredzams un aprakstāms – tas ir atkarīgs no lietotāju skaita, kas vienlaikus pieslēgušies sistēmai un to darbībām – cik lietotāju vienlaikus izpilda vienu un to pašu uzdevumu, cik izpilda dažādus, cik ekspertu strādā ar sistēmu, kā arī ekspertu darbību rakstura – cik ekspertu veic jaunu uzdevumu ģenerēšanu, cik ekspertu iepazīstas ar sistēmas aģenta sniegtajiem rezultātiem par lietotāju veikumu.



3.19.att. IMS DPSLN darbības blokhēma [72]

Uzsākot darbu IMS DPSLN (arhitektūru skat. 3.4.att.), lietotājs tiek reģistrēts sistēmā. Ekspertam pieejamas funkcijas – jaunu uzdevumu pievienošana, CAD/CAM izsekošanas loga (caurspīdīga, tāda, kas netraucē CAD/CAM sistēmas lietošanā, neiejaucas tajā) pielāgošana IMS DPSLN, CAD/CAM sistēmas rīku un funkcijtaustiņu pievienošana IMS DPSLN. Apmācāmais saņem darba uzdevumu, var pārvietot CAD/CAM sistēmas rīkus un



CAD/CAM AutoCAD (autora attēls)

CAD/CAM Lectra (autora attēls)

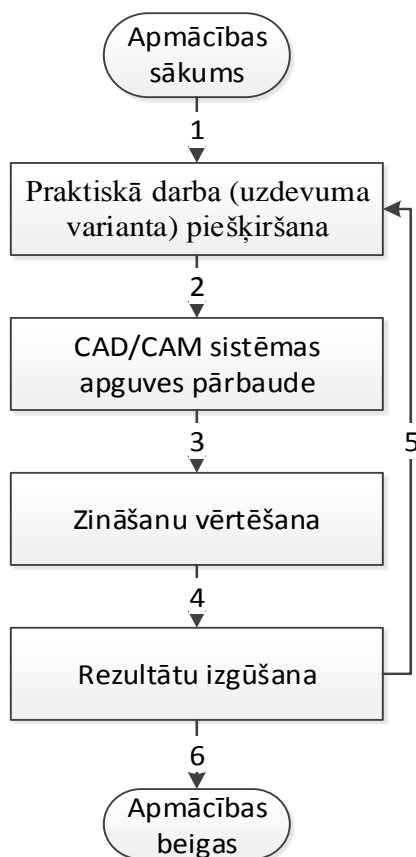
3.20.att. CAD/CAM sistēmu darba logu piemēri

funkcijtaustiņus tam vēlamā izkārtojumā, ja CAD/CAM sistēmā ir integrēta šāda iespēja (CAD/CAM sistēmu aprakstu un izpildāmo uzdevumu secību skat.1. un 3.2.nodaļās), kā arī aktivizē darba pārbaudi (darbību izsekošanu un analīzi), ko var pārtraukt, ja apmācāmais izlemj darbu neturpināt vai arī darba beigās, kad uzdevums izpildīts.

Atbilstoši CAD/CAM sistēmai, ar kuru lietotājs strādās – tiks pārbaudītas apmācāmā zināšanas un prasmes darbā ar to, eksperts izveido vedni. Šajā vednī tiek iekļauta informācija par uzdevumiem, kuri nepieciešami zināšanu pārbaudei konkrētajā CAD/CAM sistēmā (lai arī visu CAD/CAM sistēmu darbības principi ir līdzīgi, tomēr ir atšķirības to lietotāju saskarnēs (3.20.attēls), funkcijtaustiņu un rīku izkārtojumā, izskatā un veidā, kā arī grafiskās informācijas glabāšanas tipos). Eksperts izveido uzdevumus atbilstoši to zināšanu līmenim un veidam, kādu ir plānots pārbaudīt. Uzdevums var būt arī vienas vai divu CAD/CAM sistēmas funkciju izpildes pārbaudei, neliela rasējuma izveidei vai komplicēta projektējuma rasējumam. Vienkāršos uzdevumus uzdod izpildīt apmācāmajam, kas tikko uzsācis zināšanu iegūšanu CAD/CAM sistēmā (2.2.attēlā redzamais sākotnējās apmācības posms). Tos sistēma piedāvā apmācāmajam arī kā atgriezenisko saiti, ar mērķi (motivāciju) atkārtoti izpildīt uzdevumu, ja apmācāmais ir guvis nepietiekamu vērtējumu uzdevumu izpildē, kas bijuši viņam par sarežģītu.

Ar IMS DPSLN lietotāji (apmācāmie un eksperti) gūst informāciju (arī atgriezenisko saiti) par apmācību un CAD/CAM sistēmu lietojumu. Sistēmā integrēti aģenti (aprakstīti 3.1.2.nodaļā), kas nodod datus apmācāmā veikuma salīdzināšanai ar eksperta paveikto, ņem vērā uzdevumu izpildes laiku, analizē katras CAD/CAM sistēmas funkcijas lietojumu. Pēc darba beigām lietotāji saņem informāciju un paveiktā analīzi. Apmācāmais gūst informāciju par saņemto atzīmi, pieļautajām kļūdām, ja tādas bijušas, kā arī papildus uzdevumiem, ja uzdevums nav veikts pietiekoši labā līmenī – nav sasniegta minimāli noteiktā atzīme 4. Šāda

informācija un atgriezeniskā saite apmācāmajam tiek dota pēc uzdevuma izpildes. Ja apmācāmais netiek galā ar uzdevumu, viņš var darba sesiju pārtraukt un vērsties pie pasniedzēja klātienē vai attālināti vai arī lietot CAD/CAM sistēmas palīdzības vedni, lai risinātu uzdevuma izpildi – arī šos soļus IMS DPSLN uzskaita un informē par tiem ekspertu. Eksperts gūst informāciju gan par apmācāmā iegūto atzīmi un ieteiktajiem uzdevumiem, gan arī detalizētu informāciju (pilnu pārskatu) par apmācāmā veiktajām darbībām un tām patērēto laiku.



3.21.att. Sistēmas darbību secība

IMS DPSLN veic šādas darbības (3.21.att.):

1. Uzsākot apmācību, apmācāmais saņem pārbaudes uzdevumu konkrētas tematikas apguves pārbaudei.
2. Apmācāmais veic uzdevuma izpildi apmācībai izvēlētajā CAD/CAM sistēmā.
3. IMS DPSLN veic zināšanu vērtēšanu, salīdzinot apmācāmā veikumu ar eksperta sniegtajiem datiem.
4. Apmācāmais saņem rezultātu (atgriezeniskā saite), kad sistēma ir izguvusi informāciju par apmācāmā veikuma atbilstību un pareizību.

5. Ja darbs paveikts nepietiekošā līmenī, apmācāmajam tiek piedāvāti attiecīgas tematikas uzdevumi (sistēma nosaka, kādi tieši trūkumi un zināšanu nepilnības konstatētas un piedāvā vienkāršus uzdevumus konkrētu CAD/CAM sistēmas funkciju apgūšanai).
6. Ja darbs paveikts atbilstoši prasībām, tiek sniegts novērtējums un pāreja ved pie apmācības beigām.

IMS DPSLN izstrādes ierobežojumi saistāmi ar CAD/CAM sistēmu darbību. Nodaļas sākumā jau minēts, ka IMS DPSLN jābūt izstrādātai Windows platformā vai jāatbalsta tā CAD/CAM sistēmu darbības īpatnību dēļ. IMS DPSLN saskarnei jāatbalsta funkcijtaustiņu pārvietošana un/vai papildināšana atkarībā no CAD/CAM sistēmas saskarnes izkārtojuma. IMS DPSLN lietošanai svarīgs ir Interneta pieslēgums – tā kā sistēma izgūst un saglabā informāciju datu bāzē caur tīklu, tad tās darbībai ir svarīgs aktīvs Interneta pieslēgums.

Sistēmas prasības iegūtas analizējot, populārākās CAD/CAM sistēmas, to darbību un uzbūvi, literatūrā minētās pieejas CAD apmācībā [10,11,51] un standartus, kas regulē programmatūras izstrādi [129,130].

3.2.1. Nefunkcionālās prasības

- Prasības produktam
 - Sistēmai jābūt izstrādātai MS Windows platformā un saderīgai ar MS Windows platformas sistēmām.
 - Sistēmas darba valoda ir latviešu valoda.
 - Sistēmas darbībai jābūt netraucējošai, tā nedrīkst iejaukties CAD/CAM sistēmā, ar ko strādā lietotājs.
 - Atverot lietotāja saskarni, lietotājam jāredz datu ievades logs ar divām iespējām: reģistrācija vai pieslēgšanās sistēmai, ja lietotājs ir jau reģistrēts.
 - Sistēmas dizainam un lietotāja saskarnei ir jāatbilst šādām prasībām:
 - lietotāju saskarnei ir jābūt ērtai un ergonomiskai (piemēram, objekti izvietoti vienmērīgi un simetriski, lietotāja saskarne pielāgojas datora ekrāna izšķirtspējai);
 - saskarnē izmantotajai valodai (vārdiem, frāzēm) jābūt saprotamai lietotājiem;
 - sistēmas dialogiem jāsaturs tikai tāds informācijas apjoms, kas ir būtisks sistēmas darbināšanai un lietotāja funkciju veikšanai.

- Ārējās prasības
 - Sistēmas integrācijai ar CAD/CAM sistēmām jānotiek netraucēti, komunikācija ar lietoto CAD/CAM jānotiek funkcionāli pārvietošanas un pievienošanas laikā.
 - IMS DPSLN komunikācijai ar mākonī jānotiek gan datu uzkrāšanas, gan rediģēšanas nolūkā, kā arī informācijas izgūšanai atgriezeniskās saites nodrošināšanai.

3.2.2. Funkcionālās prasības

- Instalācija un atjauninājumi
 - Sistēmas instalācija jāveic administratoram, atjauninājumiem jānotiek automātiski, tiklīdz atjaunotā versija ir aktualizēta serverī. Lietotājam par to jātiek informētam ar paziņojumu par jaunu sistēmas versiju un tās kārtas numuru.
- Lietotāju reģistrācija

Sistēma jā sastāv no publiskās un slēgtās (ierobežotas pieejas) daļas. Publiskā daļa, pieejama lietotājiem, kam dota atļauja reģistrēties sistēmā. Slēgtā daļa pieejama ekspertam/pasniedzējam un sistēmas administratoram.

- Reģistrācijas informācija (visas ievades var saturēt gan lielos, gan mazos latīņu alfabēta burtus, ciparus un specializētās zīmes, specializētās zīmes nedrīkst atrasties ievades pirmajā pozīcijā):
 - Vārds, simbolu virkne, garums ne vairāk kā 20 simboli.
 - Uzvārds, simbolu virkne, garums ne vairāk kā 20 simboli.
 - Lietotājvārds, simbolu virkne, garums 4 > un < 20 (augstskolas studentiem lietotājvārdam jā sakrīt ar apliecības numuru).
 - Parole, simbolu virkne, garums 8 > un < 20.
 - Atkārtot paroli, simbolu virkne, garums 8 > un < 20.
- Pieslēgšanās informācija
 - Lietotājvārds, simbolu virkne, garums 4 > un < 20.
 - Parole, simbolu virkne, garums 8 > un < 20.
- Iziešana no sistēmas
 - Nav jā ievada informācija.
- Informācijas rediģēšana un ievade

- Sistēmā informācijas rediģēšanas iespējām ir jābūt tikai administratoram un ekspertam.
- Apmācāmie informāciju (izpildītos uzdevumus) jā saglabā pārbaudei.
- Uzdevumu ievade un izgūšana

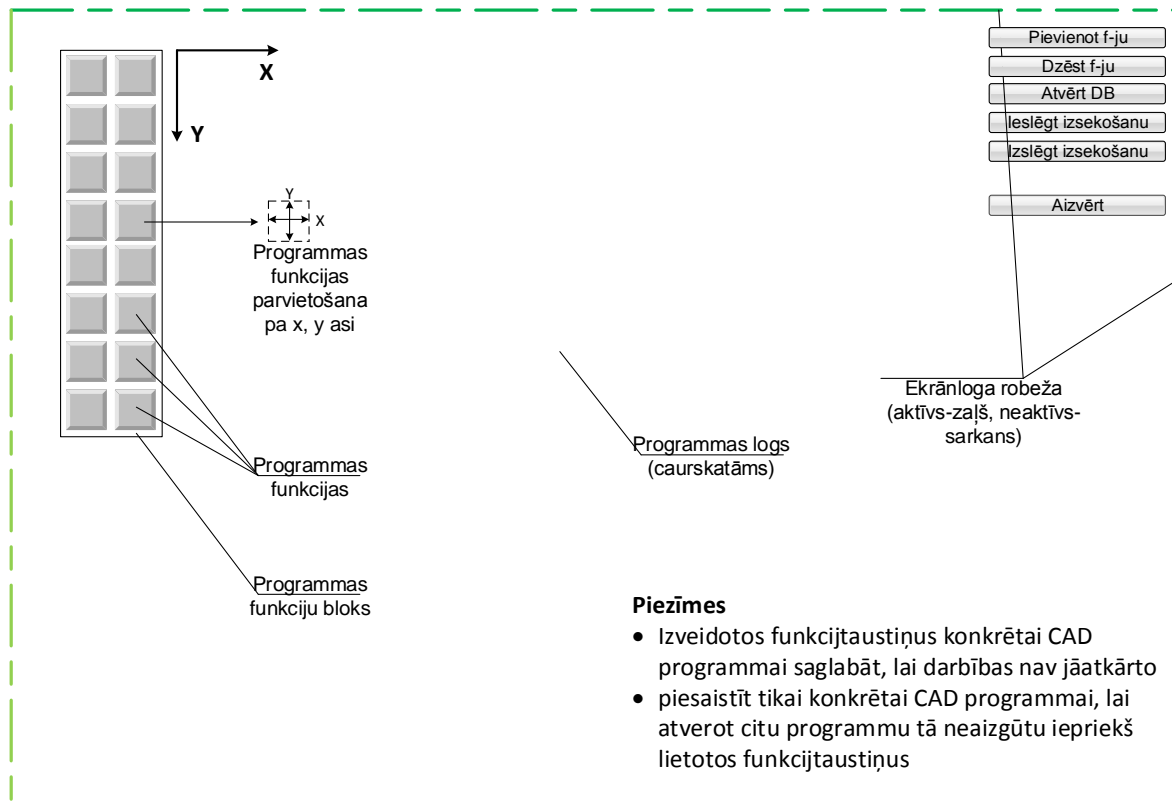
Uzdevumu pieejamība ir atkarīga no lietotāju grupas – eksperti un administratori piekļūst visiem uzdevumiem, savukārt apmācāmais uzdevumus izgūst no sistēmas atbilstoši līdzšinējai pieredzei tajā.

- Sistēmai jāattēlo pieejamie uzdevumi izpildei, informācijai jābūt pareizai.
- Izgūtais uzdevums ir jāpiešķir apmācāmajam ar iespēju aktivizēt uzdevuma izpildes uzsākšanu.
- Apmācāmajam ir jābūt iespējai uzdevumu saglabāt un nosūtīt pārbaudei vai pārtraukt tā izpildi.
- Ekspertam ir jābūt iespējai ievadīt un saglabāt uzdevumus.
- Atgriezeniskā saite

Sistēmai jānodrošina informācija, kuru saņem lietotājs (tai skaitā atgriezeniskā saite). Jānodrošina šādi paziņojumu veidi:

- Atzīme par izpildīto uzdevumu.
- Lietotāja veikto darbību protokols (priekšmeta pasniedzēja informēšanai un aģentam informācija atzīmes aprēķinam).
- Kļūdu (nepareizi izvēlēto rīku, līniju vai to daļu dzēšanas) skaits.
- Kļūdu analīze - biežāk pieļauto un darba rezultātu visvairāk ietekmējošo kļūdu uzskaitījums un ieteikumi (kādas funkcijas apgūt, kādus uzdevumus izpildīt).
- Uzdevumu ieteikums konkrētu rīku apgūšanai.
- Informācija, ja uzdevums iesniegts tik nepabeigts, ka atzīmi nevar ielikt.
- Sistēmā uzglabātā informācija:
 - Visas darbības, ko veic eksperts;
 - Visas darbības, ko veic apmācāmais;
 - To salīdzinošās analīzes rezultāti:
 - Kļūdu tipi (gan laika, gan darbību kļūdas, gan rīku/funkciju izvēle);

- Laiks, ko aizņēmis process;
- Uzdevumi papildus zināšanu iegūšanai;
- Uzdevumi pārbaudes darbiem.
- Sistēmā jāietilpst ekrāna nolasīšanai ar iesaistītu sekošanas aģentu, kas fiksē izmaiņas vidē (CAD/CAM sistēmā) (uzmetumu/skici skat.3.22.att.)



3.22.att. IMS DPSLN saskarnes uzmetums (skice) [124]

- Tajā ietilpst jaunu taustiņu (funkciju – grafisko elementu, matemātiski ģeometrisko pārveidojumu, apraksta un citu detalizācijas izveides taustiņu) pievienošana un dzēšana.
- Funkciju taustiņu novietošana (pārvietošana) pa programmas ekrānu. Funkciju (taustiņu) nosaukuma nomaina. Izsekošanas funkcijas aktivizēšana/apstādināšana.
- Datu bāzes struktūras izveide, kurā ietilps funkciju nosaukumu, novietojuma (pa X,Y asi) saglabāšana.
- Ekrāna funkcijas taustiņa izmēra mainīšana atbilstoši lietotās CAD/CAM sistēmas funkciju taustiņu izmēriem (skat. 3.22.att).

3.3. IMS DPSLN realizācija

Lai nodrošinātu centralizētu datu un datņu glabātuvi, IMS DPSLN ir uz tīmeklī balstīts lietojums, tīmeklī tiek uzglabāta sistēmas instalācija un atjauninājumi, kas nodrošina darbu ar jaunāko sistēmas versiju katram lietotājam, neatkarīgi no lietotāja atrašanās vietas. Šāda pieeja atvieglo sistēmas (IMS DPSLN) pieejamību – izstrādātājs piegādā jaunāko versiju tīmeklī, turklāt lietotājam nav nepieciešamības glabāt sistēmas instalāciju savā datu sistēmā.

IMS DPSLN realizēta ar .NET Framework 4.5 tehnoloģijām, kurās balstīta visa sistēma. Šīs tehnoloģijas priekšrocība – tā satur lielu skaitu lietderīgu bibliotēku, kas atbalsta C# programmēšanas valodu, tādejādi atvieglojot un paātrinot programmas izstrādi. .NET Framework 4.5 tehnoloģijas atbalsta:

- WPF (Windows Presentation Foundation) – programmas saskarnes un paziņojumu lodziņu noformēšanai (šī tehnoloģija ērtāka – no koda uzturēšanas un saprotamības viedokļa un progresīvāka salīdzinot ar pieejamo alternatīvu “Windows Forms”);
- WCF (Windows Communication Foundation) – izpilda servisa operācijas;
- EF (Entity Framework 6.0) un MS SQL – lietota tās popularitātes dēļ (iespējams nākotnē savietot/papildināt ar citām līdzīgām izstrādēm), kā arī viegli uzstādāms, neprasa papildus resursus, tajā ir IMS DPSLN izstrādei piemērotas funkcionalitātes:
 - programmas kods ģenerējams no datubāzes esošās struktūras,
 - ģeometriskas vides datu glabāšana datu bāzē (punkti, līnijas, līknes, plaknes utt.);
- C#, C++ programmēšanas valodas – tehniski uzskatāma par vienu programmēšanas valodu C#, jo tajā jau iekļauti visi C++ rīki, tāpat EmguCV bibliotēka, kas veic funkciju attēlu meklēšanu, izmanto C++ dll datnes.

Tīmekļa atbalsta nodrošināšanai, līdztekus .NET Framework 4.5 tehnoloģijām, lietota arī tehnoloģija, kas tajās neietilpst – Dropbox. Tas kalpo kā kopīgota datu glabātuve mākonī. Dropbox ir ērtāk lietojams kā līdzīga tehnoloģija “Google Drive”, turklāt ir populārs bezmaksas mākoņrisinājums (iespējams nākotnē savietot/papildināt ar citām līdzīgām izstrādēm), tas ir ātrdarbīgs un viegli pieejams.

Aģenti ir realizēti programmēšanas valodā C# (ar iekļautām C++ bibliotēkām un papildus iespējām), .NET (lietotas jau izstrādātu funkciju bibliotēkas), MS SQL (Structured

Query Language) – strukturētu vaicājumu izveidei. Tādejādi katra no lietotajām valodām/tehnoloģijām lietota noteiktas funkcionalitātes izstrādei.

Datu strukturēšanai un pārvaldei pielietotās tehnoloģijas/bibliotēkas:

- Vizuālās izstrādes tehnoloģija WPF (Windows Presentation Foundation) (pamatojums augstāk);
- Komunikāciju tehnoloģija WCF, jo ir ātrdarbīga tehnoloģija un ar to var veidot drošus savienojumus. IMS DPSLN izstrādes sākumposmā šī tehnoloģija bija visplašāk izmantota, taču uzskatāma par sarežģītu salīdzinot ar šobrīd pieejamajiem risinājumiem. Neskatoties uz to, serviss bez problēmām (tikai izmainot IP adresi) var tikt pārvietots no vienas fiziskas lokācijas uz citu;
- Mākonserveris Dropbox API (pamatojums augstāk);
- Datubāze Spatial SQL, jo lietotāja veiktās darbības satur ģeometrisku vienumu izveidi, šādas darbības glabā kā koordinātas datubāzes kolonnā ar datu tipu "*Spatial*" (telpisks) – glabāt ģeometriskus datus koordinātās ir mazāk resursietilpīgi kā uzglabāt grafiku.

Visas šīs tehnoloģijas atbalsta .NET Framework – tādejādi izstrāde ir vienota un savstarpēji konfigurējama un koriģējama.

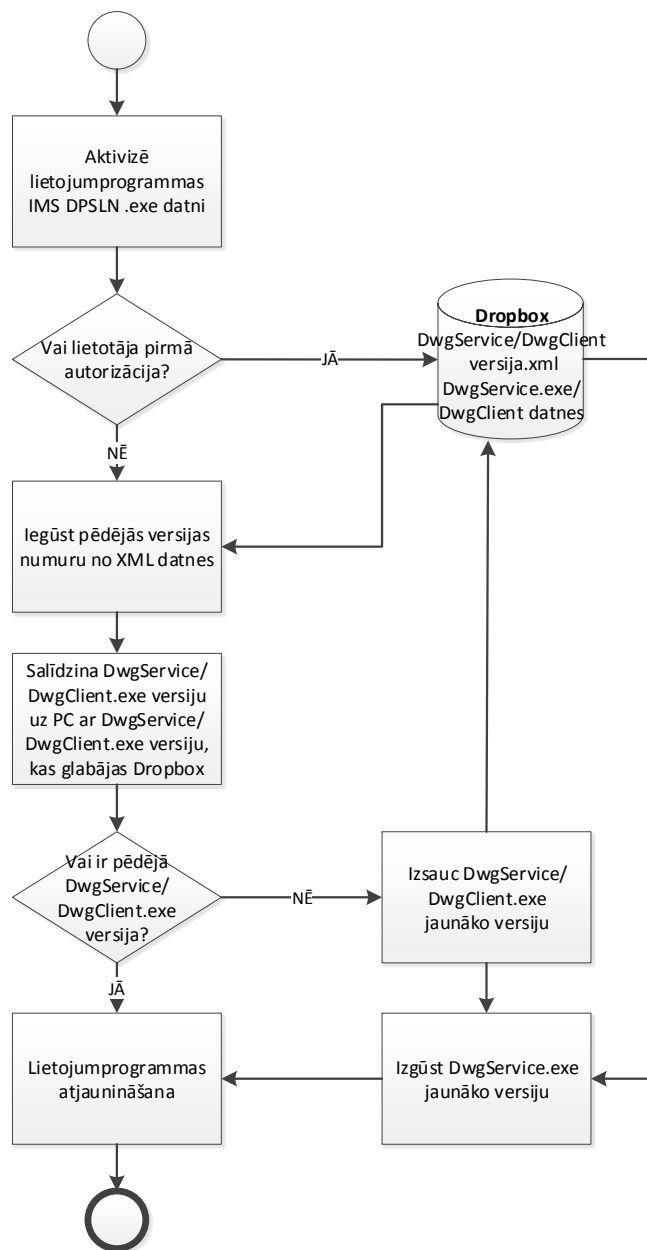
IMS DPSLN sastāv no diviem atsevišķiem projektiem:

- Klientam (visām lomām) pieejams "DwgClient", kur atrodas visa klienta puses loģika (lietotāja saskarne, kļūdu ziņojumi u.c.)
- Servisu nodrošinošā daļa "DwgService", kas nodrošina datu bāzes operācijas, ienākošo datu apstrādi un saiknes uzglabāšanu ar aktīvajiem klientiem. DwgService kalpo kā starpslānis starp klientu un datubāzi, tādejādi nodrošinot lielāku datu drošību.

Katrs projekts sastāv no vairākiem slāņiem, lai nodalītu loģiku atbilstoši tās funkcionalitātei un programmas izstrādes process būtu pārskatāms un modelējams (mainot vietām atsevišķas funkcionalitātes, citas netiek ietekmētas). DwgCommon bibliotēkas tiek izmantotas gan klienta puses DwgClient, gan servisa puses DwgService izstrādei.

Lai nodrošinātu sistēmas (IMS DPSLN) ātrdarbību, tiek pielietota programmēšanas valoda C#, tajā programmēta visa biznesa loģika, datubāzes un servisa operācijas, savukārt C++ (kas tiek iekļauta C# un atsevišķi netiek izmantota) veic attēlu apstrādi, tiek izmantota C++ bibliotēka – EmguCV. Datubāzes operācijām izmanto Microsoft Management Studio 2012 MS SQL datubāzi. MS Management Studio 2012 ir rīks, ar kuru var veikt izmaiņas datu

bāzē (GUI), tas ir bezmaksas rīks, viegli izmantojams un lietojams kopā ar MS SQL Serveri, kas uztur sistēmas datu bāzi.



3.23.att. IMS DPSLN versijas atjaunošanas shēma

Lietotājs autorizējas IMS DPSLN, izmantojot jebkuru interneta pārlūkprogrammu. Ja tā ir lietotāja pirmā autorizācija no konkrētās darbstacijas, tad notiek klienta lietojumu lejupielādēšana no servera, kur glabājas sistēma, un lietojumu instalācija klienta pusē. Pretējā gadījumā, tiek pārbaudīts, vai ir kādi klienta lietojuma atjauninājumi, un tad tiek lejupielādētas tikai modificētās datnes. Lietotāja darbības laikā notiek datu apmaiņa starp servera pusē izvietoto datu bāzi un klienta lietojumu (skat. 3.23.att.).

Trešās nodaļas kopsavilkums un secinājumi

Trešajā nodaļā ir izklāstīta promocijas darbā piedāvātās pieejas datorizētās projektēšanas sistēmu lietojuma novērtēšanai koncepcija un realizācija. Aprakstīts šīs pieejas īstenojums intelektuālā mācību sistēmā (IMS DPSLN), aprakstot to, specificējot sistēmas prasības, arhitektūru, moduļus, datubāzi un realizācijas pieeju. Izstrādāta principiāli jaunas, aģentos sakņotas IMS koncepcija, struktūra un arhitektūra apmācāmo zināšanu novērtēšanai CAD/CAM sistēmu lietojumā ar uzdevuma izpildes gaitas novērtējumu.

Svarīgākie trešās nodaļas rezultāti:

- izstrādāta IMS ar pilnīgi jaunu pieeju CAD/CAM sistēmu apmācībā un lietojuma novērtējumā – ja līdz šim zināmās pieejas balstītas tikai uz paveiktā darba (projekta, rasējuma, izstrādnes utt.) novērtējumu (tikai gala rezultāta atbilstības novērtējums), tad izstrādātā IMS DPSLN ļauj izsekot apmācāmā darbības soli pa solim, novērtēt to un uzskaitīt patērēto laiku. Šāda pieeja līdz šim literatūrā nav sastopama;
- izstrādāta koncepcija un projekts IMS, kā arī praktiski realizēta zināšanu novērtēšanas sistēma, kas pamatojas uz piedāvāto pieeju;
- analizēta IMS uzbūve, dots ieskats moduļu īstenošanā. Pamatoti IMS DPSLN izstrādei nepieciešamie moduļi;
- aprakstīti un īstenoti sistēmas izveidei nepieciešamie algoritmi, izveidota datu bāze, mijiedarbība starp zināšanu vērtēšanas sistēmu un tās lietotājiem, lietotāji sadalīti specifiskās kategorijās – ekspertu un apmācāmo lomas;
- izveidota atgriezeniskā saite lietotāju darbību koriģēšanai un informēšanai par paveikto: gala atzīme, veikto darbību protokols, kļūdu skaits un analīze, ieteikumi papilduzdevumiem;
- analizēti uzdevumu scenāriji CAD/CAM sistēmas lietojuma pārbaudei un studentu zināšanu līmeņa noteikšanai, identificēti tipveida uzdevumi;
- izveidots studentu zināšanu novērtējuma modelis, vērtējuma aprēķina formulas.

Galvenie trešās nodaļas secinājumi:

- Izstrādātā intelektuālā mācību sistēma savā darbībā balstās uz mākslīgā intelekta paradigmu – daudzāģentu sistēmu, kur aģenti satur gan reaktīvas, gan proaktīvas komponentes, sistēmā tiek veikts zināšanu novērtējums, kas balstīts dažādu

risinājumu veidu analīzē, sekojot lietotāja darbībām, salīdzinot to kvantitatīvos un kvalitatīvos rādītājus.

- Eksperta modulis ļauj pievienot papildus uzdevumus, kas aprobējami jebkurā CAD/CAM sistēmā atbilstoši tās funkcijām un to protokolam.
- Izstrādātie algoritmi pārvalda sistēmas darbību, kura balstīta trīs galvenajos moduļos – sistēmas saskarnes modulis, eksperta modulis un apmācāmā modulis. Aģenti analizē CAD/CAM sistēmas lietojumu un nodrošina informācijas apmaiņu sistēmā – eksperta uzdevumu saglabāšanu, protokolēšanu un analīzi, kā arī apmācāmā paveiktā analīzi, novērtēšanu un salīdzināšanu ar eksperta veikumu.
- IMS DPSLN aģentiem ir jāseko līdzi izmaiņām pasaulē (CAD/CAM sistēmas lietojuma sekošana), jāreaģē uz tām un sadarbību jāīsteno, nododot un saņemot informāciju ar informācijas krātuves (blackboard) palīdzību.
- IMS DPSLN aģenti savstarpēji nodod informāciju un apmācās no IMS funkciju uzskaitījuma un eksperta veiktajām darbībām.
- Izstrādātajai sistēmai ir pilnīgi jauna pieeja CAD/CAM sistēmu apmācībā un lietojuma novērtējumā – ja līdz šim zināmās pieejas balstīta tikai uz paveiktā darba (projekta, rasējuma, izstrādnes utt.) novērtējumu (tikai gala rezultāta atbilstības novērtējums), tad izstrādātā sistēma ļauj izsekot apmācāmā darbības soli pa solim, novērtēt to un uzskaitīt patērēto laiku. Šāda pieeja līdz šim literatūrā nav sastopama.
- Realizētā zināšanu novērtēšanas pieeja uzskatāma par jaunu teorētisko rezultātu, kas praktiski īstenots CAD/CAM sistēmas lietotāja darbību un iemaņu projektēšanas darbā novērtēšanai.
- Zināšanu novērtējuma aprēķins sastāv no vairākām komponentēm – gan izpildīto darbību skaita, gan paveiktā uzdevuma laika, novērtējumā iekļaujami abi aspekti. Atzīmes aprēķins var tikt veidots pakāpeniski, katru komponenti ieviešot atzīmes aprēķinā kā atsevišķu daļu, kuras ietekmi uz gala atzīmi regulē ar koeficientiem. Šie koeficienti sākotnējā aprēķinā ir 0,5 (puse no atzīmes) darbību skaitam un 0,5 uzdevuma izpildes laikam. Koeficientus eksperts var pielāgot atbilstoši pieredzei, pārbaudāmo zināšanu specifiskajam pielietojumam un vai nozares specifikai kopumā, mainot tā, lai abu koeficientu kopsūma būtu viens.

Nodaļā aprakstītā IMS DPSLN ir promocijas darba autora projekts, tā izveide realizēta, balstoties aprakstītajā idejā par zināšanu novērtēšanu CAD/CAM sistēmu lietojumā.

Izveidotā sistēma ļauj risināt projektēšanas sistēmu lietojuma novērtējuma problēmas: eksperts tiek informēts par apmācāmā darbībām uzdevumu izpildes laikā, uzdevuma izpildes procesu. Eksperts ar sistēmas aģentu apkopotās informācijas palīdzību var analizēt veiktā darba efektivitāti – lietoto rīku/funkciju atbilstību darba uzdevumam, procesa secīgumu un darbību lietderīgumu. Šāda intelektuālā mācību sistēma ļauj atrisināt problēmas, kas saistītas ar apmācāmā darba novērtējumu, turklāt ir iespējams analizēt apmācāmā darbības un dot atgriezenisko saiti par apmācāmā zināšanām un prasmēm.

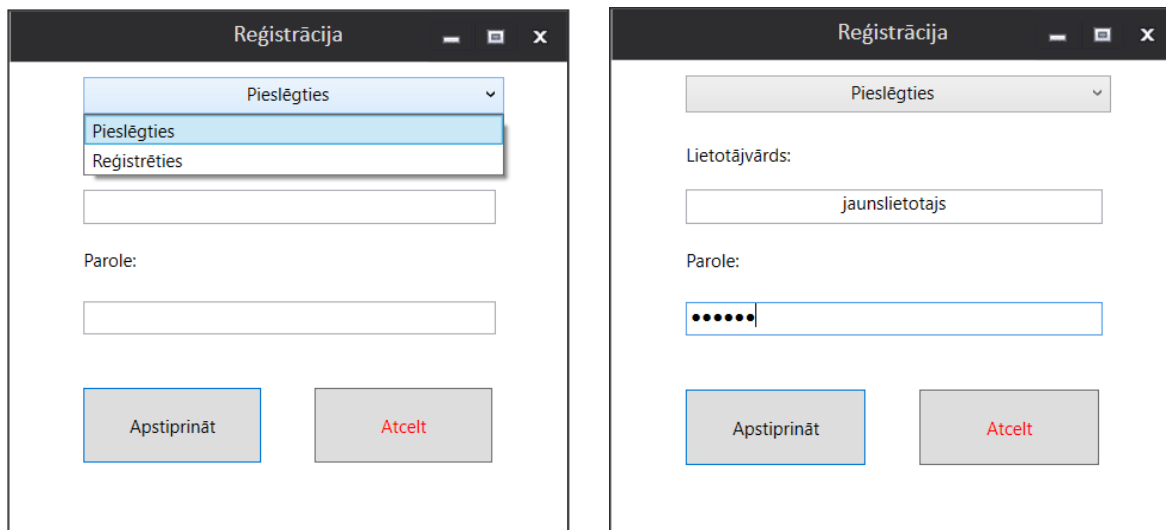
4. IZSTRĀDĀTĀS IMS DPSLN APROBĀCIJA

Izveidotā IMS ļauj vērtēt apmācāmo zināšanas CAD/CAM sistēmu lietojumam sistemātiski – tas nozīmē, pārbaudot un analizējot katru izpildītā uzdevuma soli un izpildes laiku. Šāda sistēma (IMS DPSLN) ļauj arī analizēt izveidoto uzdevumu kvalitāti un atbilstību nepieciešamo zināšanu pārbaudei. Ja skolotājs ģenerē sistēmā pašvērtējuma uzdevumus, tad izveidotā IMS ļauj veikt arī savu zināšanu patstāvīgu novērtējumu – gūstot priekšstatu par apgūto. Tas ļauj apmācāmajam, neatkarīgi no skolotāja, kontrolēt savu zināšanu līmeni un savlaicīgi apgūt iekavēto, ja atklājas nepilnības zināšanās [72].

Lai īstenotu IMS DPSLN mērķi – pārbaudīt un novērtēt apmācāmo zināšanas CAD/CAM sistēmu lietojumā, nepieciešams izstrādāt pārbaudes uzdevumus, kurus ģenerē IMS un lieto atbilstoši tam, kāds ir mācību plāns un pārbaudāmās prasmes.

4.1. Darbs ar IMS DPSLN

Lietojot IMS DPSLN, nepieciešams reģistrēties sistēmā, pirmo reizi autorizējoties tajā, vai arī pieslēgties, ja lietotājs jau ir reģistrēts. 4.1.attēlā redzams autorizācijas logs, kurā, aktivizējot izvēlni, ir iespējams veikt vienu vai otru minēto darbību.



The image displays two screenshots of the IMS DPSLN login interface. The left screenshot shows the login menu with options 'Pieslēgties' (selected) and 'Reģistrēties'. The right screenshot shows the login form with fields for 'Lietotājsvārds:' (jaunslietotajs) and 'Parole:' (masked with dots), and buttons 'Apstiprināt' and 'Atcelt'.

4.1.att. Autorizācija IMS DPSLN

Tā kā sistēmas lietotāju lomas ir dažādas, tad ekspertu autentifikācija notiek automātiski – ievadot eksperta datus, sistēma atpazīst lietotāja kategoriju. Savukārt, lai reģistrētos eksperta lomai, izveidota aile “Kā eksperts”. Atzīmējot šo izvēlni, pieslēgšanās logā atveras papildus ailes, kuras nepieciešams aizpildīt, lai reģistrācija vai pieslēgšanās būtu veiksmīga (4.2.att.).

Lai izvairītos no situācijas, ka kāds patvaļīgi pierēģistrējas sistēmā kā eksperts, izveidota administrators parole. Šī parole satur burtus, ciparus un speciālās zīmes, tādējādi padarot to drošu. Kā jau minēts, šī parole tiek uzglabāta datu bāzē atsevišķā tabulā AdministratorsParole.

The image displays two side-by-side screenshots of the 'Reģistrācija' (Registration) window in the IMS DPSLN system. Both windows have a dark title bar with the text 'Reģistrācija' and standard window controls (minimize, maximize, close). The left window shows the registration form for a regular user, with the 'Kā eksperts' checkbox unchecked. The right window shows the registration form for an expert, with the 'Kā eksperts' checkbox checked. Both forms include fields for Name, Surname, Username, Password, and Confirm Password, along with 'Apstiprināt' (Confirm) and 'Atcelt' (Cancel) buttons.

4.2.att. Reģistrācija IMS DPSLN

Pēc autorizācijas sistēmā, lietotājs izvēlas programmu – CAD/CAM sistēmu, kurā notiks darbs, programmas versiju un uzdevumu, ar kuru strādās. Atkarībā no piešķirtās lomas, lietotājs (eksperts vai apmācāmais) vai nu uzsāk uzdevuma izpildi (apmācāmajam redzamais sistēmas logs 4.3.attēlā pa kreisi), vai arī izveido jaunu uzdevuma paraugu (ekspertam redzamais sistēmas logs 4.3.attēlā pa labi). IMS DPSLN neatļauj uzdevuma izpildi vai izveidi, ja lietotājs nav izvēlējis CAD/CAM sistēmu un tās versiju. Eksperts var strādāt arī ar darbību sekošanas aģenta sagatavotajiem datiem, aktivizējot izvēlni “Aģents”. Darbību sekošanas aģenta informācija par darbībām tiek sagatavota un parādīta atbilstošajā cilnē (4.4.att). Šajā cilnē ērtības labad dota papildus informācija par uzdevumu, lietotāju un eksperta rezultātu.

Aģents

Operāciju izvads Apskatīt rezultātus **Uzdevumu pārvaldīšana** Programmu pārvaldīšana Atgriezeniskā saite

Nosaukums:

Apraksts:

Programmas:

Microsoft PowerPoint

Versijas:

Office14

Eksistējoši uzdevumi:

< Neviena >

Eksperta dotais papildlaiks: **Uzdevuma izpildes laiks (eksperta):**

K1: **K2:**

ID Funkcijas nosaukums

3	Function_1
4	Function_2
5	Function_3

< visas

< viena

> viena

> visas

ID Funkcijas nosaukums

4.6.att. Darbību sekošanas aģenta informācija uzdevuma pārvaldīšanai IMS DPSLN

Aģents

Operāciju izvads Apskatīt rezultātus Uzdevumu pārvaldīšana **Programmu pārvaldīšana** Atgriezeniskā saite

Nosaukums:

Microsoft PowerPoint

Versija:

Office14

Programmas:

Microsoft PowerPoint

Funkcijas nosaukums	Bildes nosaukums
Function_1	636643341923251267.png
Function_2	636643341923421160.png
Function_3	636643341923501110.png

Programmas versija

Office14

Papildus informācija:

4.7.att. Darbību sekošanas aģenta informācija CAD/CAM sistēmu pārvaldīšanai IMS DPSLN

Informatīvā atgriezeniskā saite ekspertam tiek apkopota atsevišķā cilnē. Šajā cilnē eksperts redz apmācāmā patērēto laiku, uzdevumam piešķirto papildlaiku, aprēķinātos koeficientus: darbību skaita svarīguma koeficients K1 un izpildes laika svarīguma koeficients K2 (tiek izgūti no sadaļas “Uzdevuma pārvaldīšana”, skat.4.6. att., aprakstīts 3.1.5. nodaļā).

Apmācāmā iegūtā atzīme (aprēķina formulas dotas 3.1.5. nodaļā) un informācija (apmācāmajam sniegtā kļūdu analīze un ieteiktie uzdevumi) tiek atspoguļoti atsevišķos cilnes laukos. (skat.4.8.att.).

4.8.att. Aģenta informācija – atgriezeniskā saite IMS DPSLN

Lietotājs darbu ar sistēmu beidz, aizverot to ar funkcijtaustiņu labajā augšējā stūrī (krustiņš).

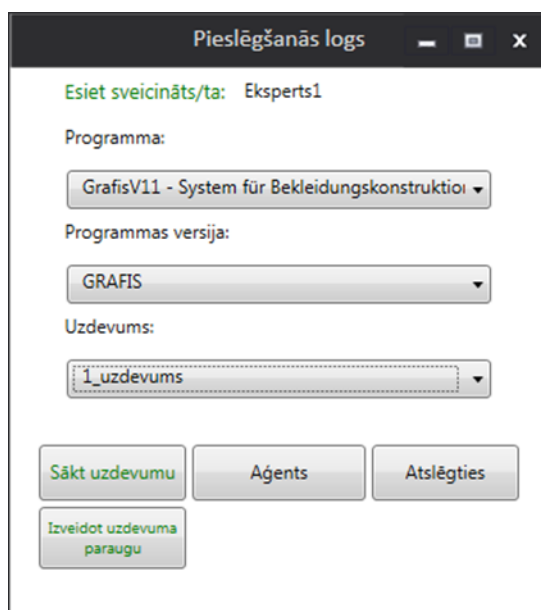
4.2. IMS DPSLN aprobācija studentu grupās

Kā jau aprakstīts iepriekš, šī promocijas darba mērķis ir zināšanu pārbaude, tādēļ šī darba aspektā autors neiedziļinās mācīšanas paņēmienos un didaktiskajās metodēs. Lai lietotu IMS DPSLN, katra pasniedzēja/eksperta ziņā ir izveidot uzdevumus – detalizētus un specializētus projektēšanas uzdevumus, pielāgojot konkrētas CAD/CAM sistēmas pārbaudei, veido uzdevumu datu bāzi, kas nepieciešami konkrētas nozares CAD/CAM sistēmu apguvei. Savukārt vienkāršus, vispārīgus uzdevumus var izveidot apmācāmo zināšanu pārbaudei

ikvienā CAD/CAM sistēmā – grafisko pamatvienumu funkciju (CAD/CAM sistēmas rīku) lietojuma pārbaudei.

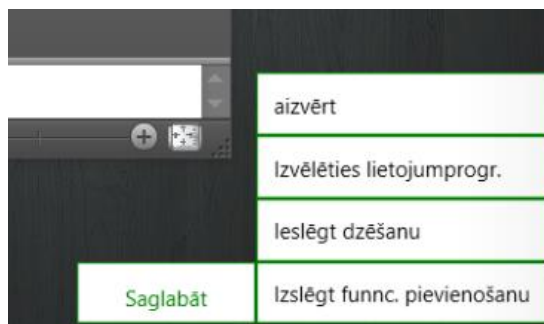
IMS DPSLN aprobācija iekļauta Rīgas Tehniskās universitātes studiju priekšmeta MŠM533 Apģērbu automatizētā projektēšana īstenošanā, un notika RTU Dizaina tehnoloģiju institūta CAD/CAM laboratorijā. Kopumā sistēmu izmantoja 46 studenti (vairākās grupās). Studenti šajā priekšmetā apgūst datorizētās projektēšanas sistēmu GRAFIS, studentiem, uzsākot kursu, par sistēmu nav zināšanu. Atbilstoši pirmajā nodaļā aprakstītajiem paņēmieniem, vispirms IMS DPSLN tiek aprobēta vienkāršu uzdevumu pārbaudē (1.5.att.).

Atbilstoši sistēmas darbības algoritmam, pirms zināšanu pārbaudes, tiek aktivizēta CAD/CAM sistēma (programma) Grafis, izveido uzdevuma nosaukumu (4.9.att.).



4.9.att. Eksperta darbs ar sistēmu – uzdevuma izpildes uzsākšana

Kad sistēma darbojas režīmā, kur tiek pievienotas funkcijas (to uzskaitījums), tad ir aktīvas izvēlnes sistēmas darba beigšanai (aizvērt), lietojumprogrammatūras izvēlei, funkciju izdzēšanai no saraksta, darba īslaicīgai pārtraukšanai, paveiktā saglabāšanai (skat. 4.10.att.).



4.10.att. Eksperta darbs ar sistēmu – funkciju pievienošanas režīms

Ja sistēmā (IMS DPSLN) vēl nav ievadītas izvēlētas CAD/CAM sistēmas funkciju/rīku saraksts, piešķirts tiem ID numurs un ikonas ekrānu uzņēmums, tad ekspertam vispirms jā sagatavo šī informācija. 4.11.attēlā redzamajā sistēmas ekrānu uzņēmumā atspoguļota saraksta daļa, kurā dots ID katrai funkcijai un tās nosaukums. Katras funkcijas/rīka nosaukums ir saprotams ekspertam – šie nosaukumi tiek doti atbilstoši CAD/CAM sistēmā integrētajiem nosaukumiem un tādejādi ir viennozīmīgi saprotami. Šo rīku nosaukumi un funkcionalitāte var atšķirties dažādās CAD/CAM sistēmās, to ikona (vizuālais attēlojums) veidots atšķirīgi (ievērojot katras CAD/CAM sistēmas vizualizācijas pamatprincipus un grafisko identitāti), tādēļ funkciju tabulas izveide nepieciešama katrai CAD/CAM sistēmai, par kuru tiek veidoti uzdevumi un pārbaudītas apmācāmo zināšanas. Funkciju saraksts, ģenerējot jaunu uzdevumu jau iepriekš lietotas CAD/CAM sistēmas atkārtotam lietojumam, nav jāveido no jauna, taču tas var būt papildināts un/vai uzlabots.

Nosaukums:
1_uzdevums

Apraksts:
uzzimet kvadratu un to sadalos linijas pec dota paraugresejuma

Programmas:
GrafisV11 - System für Bekleidu

Versijas:
GRAFIS

Eksistējoši uzdevumi:
< Neviena >

Atv Eksperta dotais papildlaiks: 1 Uzdevuma izpildes laiks (eksperta): 0

K1:

Atzi K2:

ID	Funkcijas nosaukums
1014	reset_N_times
1015	restor_record
1016	amount
1017	test_run
1018	grading
1019	part_organisation
1020	call_basic_blocks
1021	inserts
1022	parallel
1023	corners
1024	lengthen_shorten
1025	link
1026	separate

< visas
< viena
> viena
> visas

4.11.att. Uzdevuma izveide – nosaukums, apraksts, funkciju saraksts

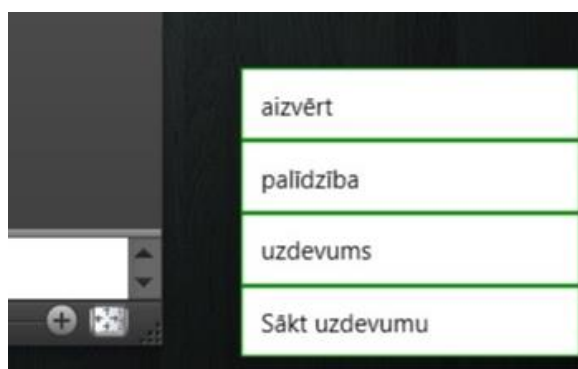
Konkrētajā sarakstā izveidotas 70 funkcijas (pilns funkciju saraksts dots 3.pielikumā), kas ir visbiežāk lietotās sistēmas CAD/CAM Grafis lietojumā, taču to skaits ir daudz lielāks. Šeit sistēmas pārbaudei lietoti uzdevumi, kas redzams 1.5.attēlā:

- Orientētas taisnes funkcijas apgūšanai – zvaigzne ar dažāda garuma stariem, kas novietoti simetriski;

- Kvadrāta un līniju dalījuma funkciju apgūšanai – kvadrāts ar diagonālām un perpendikulārām dalījuma līnijām.

Uzdevumus var veikt gan izmantojot integrētas funkcijas, gan arī lietojot vairākas funkcijas tā paša rezultāta iegūšanai – piemēram, lietojot kvadrāta (četrstūra) funkciju, gan arī zīmējot atsevišķas ortogonālas līnijas (skat. 3.1.tabulas 4.a un 4.b rindas).

Eksperts veicis uzdevumus, lietojot 3 funkcijas kopskaitā 7 reizes uzdevumam “Zvaigznes” un 6 funkcijas kopskaitā 34 reizes uzdevumam “Četrstūris” (eksperta lietoto funkciju uzskaitījums un apraksts dots 4.pielikumā). Zināšanu novērtēšanas aģents no šī snieguma uzglabā informāciju par uzdevuma risinājumu, lai aprēķinātu studenta darba novērtējumu.



4.12.att. Apmācāmā darbs ar sistēmu – uzdevuma izpildes uzsākšana

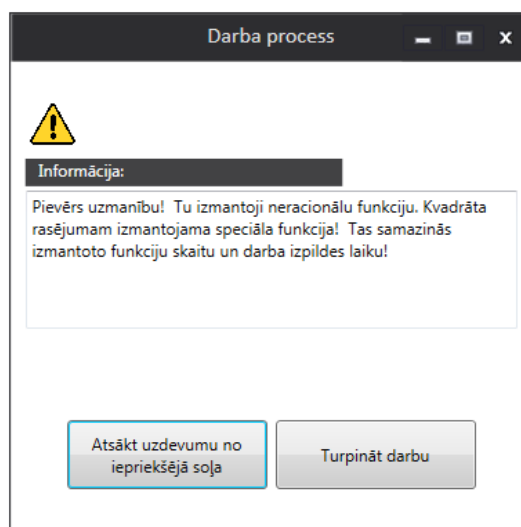
Apmācāmajam, uzsākot darbu sistēmā, vispirms nepieciešams reģistrēties, tad izvēlēties veicamo uzdevumu (4.12.attēls). Pēc tam sistēma piedāvā uzsākt uzdevuma izpildi. Līdzīgi, kā eksperta darbību laikā, visas realizētās funkcijas tiek uzskaitītas, fiksēts to laiks, daudzums un lietojuma biežums. Apmācāmajam, uzdevuma izpildei, pieejams attēls ar gala rezultātu, kādam jāizskatās rasējumam, par tā līnijām, dalījumiem, palīglīnijām un gabarītiem.

Apmācāmais uzsāk uzdevumu, izvēlas funkciju, veido rasējumu, darbību sekošanas aģents seko katrai darbībai un ieraksta funkcijas, veikto darbību un izpildes ilgumu sekundēs datu bāzē (skat 3.9.att.), operāciju uzskaitījumu eksperts no sistēmas izgūst saraksta veidā (saraksta fragmentu skat. 4.13. att).

Operācijas ID	Funkcija	Darbība	Izpildes ilgums
37	circles_and_rectangles	CLICK	9
38	x_y_coordinates	CLICK	11
40	freehand_line_from_	CLICK	0
40	freehand_line_from_	CLICK	0
41	base_direction_with_	CLICK	9
42	separate	CLICK	172
48	amount	CLICK	32

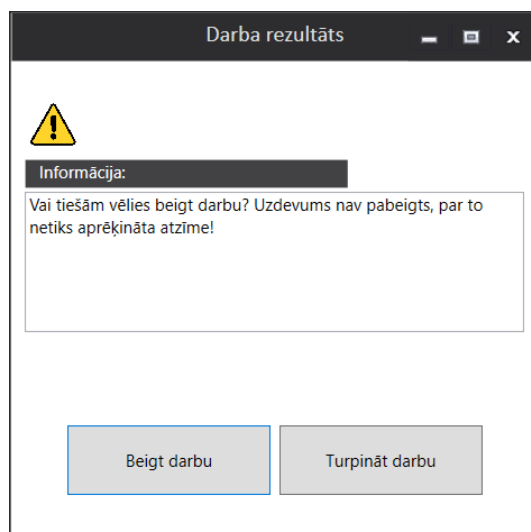
4.13.att. Darbību sekošanas aģenta ierakstītais operāciju saraksts

Ja zināšanu novērtēšanas aģents, analizējot darbību sekošanas aģenta datu bāzē ierakstīto informāciju par apmācāmā darbībām, atrod atšķirības no eksperta veikuma, tas dod izvērtējumu un ieraksta par to informāciju datu bāzē. Saskarnes aģents šo korigējošo informāciju paziņo apmācāmajam. Atšķirību analīze notiek pēc divu darbību izvērtēšanas – piemēram, ja apmācāmais nezīmē četrstūri ar atbilstošu funkciju, bet rasē to pa līnijai, aģents izvērtē līniju savstarpējo novietojumu – gadījumam, ja apmācāmais izlemtu (pilnīgi neracionāli, bet tomēr) sākt ar uzdevuma “Četrstūris” zīmējumā nepieciešamajām diagonālēm (skat. 1.5.att.), tad aģents atgriezenisko saiti sniegt nevar – šīs līnijas zīmējamās ar atsevišķu līniju komandu (skat 4.pielikuma tabulas 9.rindu), taču, pēc otrās līnijas uzzīmēšanas ir skaidrs, ka līnijas novietotas ortogonāli stūrī un atbilstošās koordinātās, tātad apmācāmais uzdevumu neizpilda racionāli, par ko tiek informēts, aicinot izpildīt rasējumu atbilstoši labajai praksei. Paziņojuma logā ļauts darbu turpināt kā iesākts (ar uzskaitītajām darbībām) vai arī atgriezties soli atpakaļ – tādējādi neracionālais izpildījums neietekmē atzīmes aprēķinu – funkciju skaits tiek dzēsts, taču laika komponente tiek uzskaitīta un saglabājas (paziņojuma satura piemēru skat. 4.14.att.).



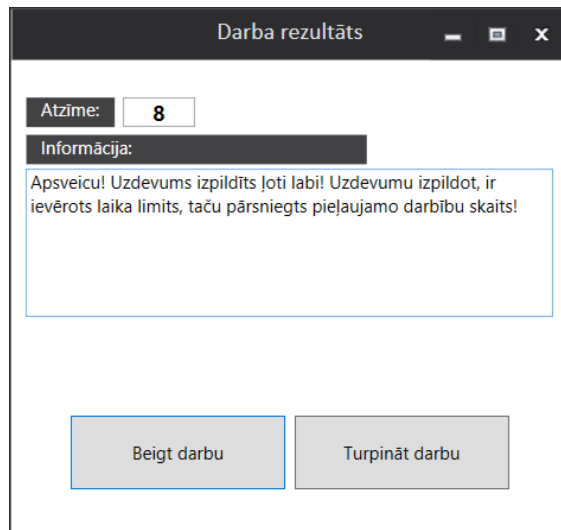
4.14.att. Paziņojums par darbību korekcijas nepieciešamību – atgriezeniskā saite

Ja apmācāmais iesniedz darbu, kuru viņš nav pabeidzis, sistēma sniedz informāciju, paziņojot, ka uzdevums nav izpildīts un nav derīgs pārbaudei (4.15.attēls).



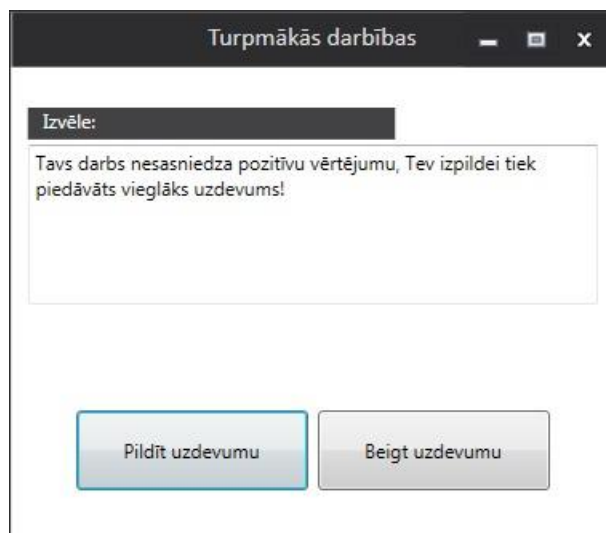
4.15.att. Informācija – paziņojums par nepabeigtu uzdevumu

Kad apmācāmais ir pabeidzis un iesniedzis uzdevumu, viņam tiek dota informācija – patērētais laiks, atvēlētais laiks, eksperta dotais papildlaiks, darbību skaita un izpildes laika svarīguma koeficients (aprakstīti 3.1.5. nodaļā), atzīme un papildus informācija par paveikto, kas atkarīga no iegūtās atzīmes (piemērs redzams 4.16.attēlā).



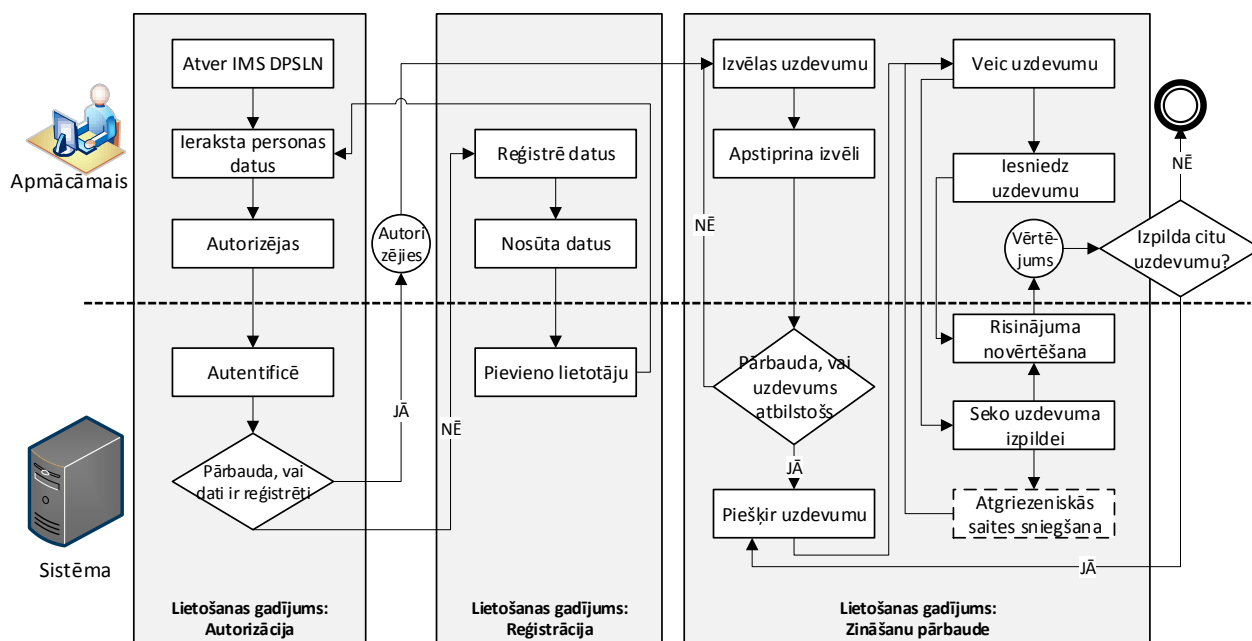
4.16.att. Uzdevuma novērtējums

Ja students izvēlas darbu ar sistēmu turpināt, tad viņam tiek dota korigējošā atgriezeniskā saite – iespēja pildīt papildus uzdevumu, zināšanu atkārtotai pārbaudei. Ja studenta vērtējums bijis nepietiekams, tiek ieteikts vienkāršāks uzdevums (4.17.att.), ja sasniegts labs rezultāts, tiek piedāvāts sarežģītāks uzdevums. Tādejādi students gūst papildus pieredzi darbā ar CAD/CAM sistēmām.



4.17.att. Atgriezeniskā saite – papildus uzdevums

Apmācāmā sadarbībā ar IMS DPSLN var identificēt trīs lietošanas gadījumus: autorizācija, reģistrācija, zināšanu pārbaude. Lietošanas gadījumu diagrammā (skat. 4.18. att.) parādīti visi trīs lietošanas gadījumi. Darbība “Atgriezeniskā saite” dota atšķirīgā noformējumā, jo kompetenču pārbaudes gadījumā tā tiek dota ierobežoti.



4.18.att. Lietošanas gadījumu diagramma

Ekspertu sadarbībā ar IMS DPSLN identificējami līdzīgi lietošanas gadījumi – vien zināšanu pārbaude aizstājama ar uzdevumu izveidi un apmācāmā veikuma pārbaudi.

Studenti (kā jau minēts 46 RTU Dizaina tehnoloģiju institūta studenti) izpildīja uzdevumu. Reģistrētās lietotāju darbības uzskaitītas, reģistrēts laiks katras funkcijas lietojumam, summēts patērētais laiks visa uzdevuma izpildei. Visiem 46 studentiem tika

izsniegts uzdevums “Četrstūris” (tas pats, kura izpildes uzskaitījums eksperta izpildījumā dots 4.pielikumā). Visi rezultāti apkopoti 4.1. tabulā, studenti tabulā sakārtoti pēc darba (uzdevuma) izpildes laika.. Eksperts uzdevumu izpildīja 9 minūtēs, lietojot 6 funkcijas kopskaitā 34 reizes (34 darbības).

4.1.tabula

Apmācāmo IMS DPLSN rezultātu apkopojums

#	Laiks (min)	Funkciju skaits	Darbību skaits	Atzīme	Atzīme, laika $K_2 = 0,8$	Piezīmes
1.	10	6	36	10	10	
2.	10	6	49	8	9	
3.	15	7	44	9	9	
4.	15	8	39	9	9	
5.	16	9	38	---	---	Nepabeidza uzdevumu
6.	16	10	36	9	9	
7.	16	9	50	8	9	
8.	16	10	43	9	9	
9.	16	11	46	8	9	
10.	17	11	39	9	9	
11.	17	7	40	9	9	
12.	18	8	41	9	9	
13.	19	6	39	9	9	
14.	19	7	40	9	9	
15.	19	10	38	9	9	
16.	20	10	40	---	---	Nepabeidza uzdevumu
17.	20	11	40	9	9	
18.	25	10	43	8	8	
19.	26	6	44	8	8	
20.	27	10	43	8	8	
21.	27	7	37	9	8	
22.	27	8	41	8	8	
23.	27	6	45	8	8	
24.	28	7	42	8	8	
25.	29	10	44	8	8	

#	Laiks (min)	Funkciju skaits	Darbību skaits	Atzīme	Atzīme, laika $K_2 = 0,8$	Piezīmes
26.	32	9	50	7	7	
27.	32	7	43	---	---	Nepabeidza uzdevumu
28.	32	8	37	8	8	
29.	33	7	49	7	7	
30.	33	9	45	7	7	
31.	34	10	41	8	7	
32.	34	11	37	8	8	
33.	34	7	38	8	8	
34.	34	10	49	7	7	
35.	36	11	45	7	7	
36.	36	8	49	7	7	
37.	38	8	51	7	7	
38.	39	8	35	8	7	
39.	40	11	37	8	7	
40.	41	8	38	8	7	
41.	41	12	41	7	7	
42.	43	11	50	7	6	
43.	43	11	53	---	---	Nepabeidza uzdevumu
44.	44	7	46	7	6	
45.	72	10	52	5	4	
46.	45	6	36	8	7	

Atzīmes aprēķinam (formulas dotas 3.1.5. nodaļā) izmantota formula ar vienādiem atzīmes daļu svarīguma koeficientiem: K_1 – darbību skaita svarīguma koeficients = 0.5 un K_2 – izpildes laika svarīguma koeficients = 0.5, tādējādi līdzsvarojot laika un darbību skaita nozīmību uzdevuma izpildē [72]. Ne reti sarunās ar darba devējiem noskaidrojas, ka svarīgākais darbā ar CAD/CAM sistēmām ir darba izpildes ātrums (ko var veicināt ar pareizu darbību izpildi, tomēr labas zināšanas par CAD/CAM sistēmu un tās funkcijām ne vienmēr dod spēju (kompetenci) rasēt ātri un precīzi). Tādēļ tabulā dota arī atzīme, ja laiks tiek uzskatīts kā svarīgākais izpildes rādītājs, tad – K_2 – izpildes laika svarīguma koeficients = 0,8, attiecīgi K_1 – darbību skaita svarīguma koeficients = 0,2.

Atzīmes aprēķina piemērs dots otrā studenta rezultātiem:

(4-1) – atzīme par veikto uzdevumu, ja atzīmes aprēķinam tiek ņemts vērā tikai darbību skaits

(4-2) – koeficients, kas atkarīgs no laika (laiks, kurā eksperts izpilda uzdevumu).

(4-3) – koeficients, eksperta dotais papildlaiks, ja uzdevums ir sarežģīts (dotais papildlaiks L_{pl} pēc noklusējuma ir 1 min, ja eksperts neuzskata, ka vajag vairāk).

(4-4) – atzīme par veikto uzdevumu, ja atzīmes aprēķinam tiek ņemts vērā tikai izpildes laiks.

(4-5) – atzīme par veikto uzdevumu, ja K_1 – darbību skaita svarīguma koeficients = 0.5 un K_2 – izpildes laika svarīguma koeficients = 0.5.

(4-6) – atzīme par veikto uzdevumu, ja K_1 – darbību skaita svarīguma koeficients = 0.2 un K_2 – izpildes laika svarīguma koeficients = 0.8.

$$A_d = 10 * \left(\sum_{i=1}^{49} DA_i \right)^{-1} * \left(\sum_{i=1}^{34} DE_i \right) = \frac{10}{49} * 34 = 6.94 \quad (4-1)$$

$$K_l = \sum_{i=1}^{10} LA_i * \left(\sum_{i=1}^9 LE_i \right)^{-1} - 1 = \frac{10}{9} = 1.11 - 1 = 0.11 \quad (4-2)$$

$$K_{pl} = \sum_{i=1}^1 L_{pl_i} * \left(\sum_{i=1}^9 LE_i \right)^{-1} = \frac{1}{9} = 0.11 \quad (4-3)$$

$$A_l = 10 - K_l * K_{pl}^{-1} = 10 - \frac{0.11}{0.11} = 9.00 \quad (4-4)$$

$$A = K_1 * A_d + K_2 * A_l = 0.5 * 6.94 + 0.5 * 9.00 = 8.41 \cong 8 \quad (4-5)$$

$$A = K_1 * A_d + K_2 * A_l = 0.2 * 6.94 + 0.8 * 9.00 = 9.30 \cong 9 \quad (4-6)$$

Analizējot aprobācijā iegūtos rezultātus, redzams, ka vairāk kā pusei apmācāmo izpildes laiks pārsniedz eksperta veikumu pat vairāk kā divas un pat trīs un četras reizes, tomēr, ņemot vērā darbību skaitu, redzams, ka daļa studentu ir pildījuši uzdevumu racionāli, bet lēnām. Izpildes ātruma ietekmi uz atzīmi var regulēt ar K_1 un K_2 koeficientiem. Tabulā 4.1. redzams, ka, palielinot laika nozīmīgumu līdz koeficientam 0,8, tie studenti, kuru izpildes

laiks bijis ļoti ilgs, iegūst par vienu balli sliktāku atzīmi. Šāds samazinājums var šķist neliels, tomēr darba autora un kolēģu pieredze rāda, ka arī klātienē novērtējumu pazemināt par vairāk kā vienu atzīmi nešķiet atbilstoši, ja students darbu ir paveicis un iesniedzis. Aprobācijas rezultāti liecina par vienu no sistēmas ieguvumiem – caurskatot darbību sekošanas aģenta apkopoto informāciju (atgriezenisko saiti), redzams, kuras funkcijas ir aizņēmušas vairāk laika, kur darbā bijušas lielākas pauzes, kas var liecināt par samulsumu, un citus rezultātus, kas ļauj pasniedzējam akcentēt tieši tās problēmfunkcijas, kas sagādā vairāk grūtību. Tāpat aģenta apkopotā informācija ļauj analizēt datus pēc funkciju izmantošanas biežuma, atkārtojumiem un funkcijas “dzēst” izmantošanas biežuma.

Kā zināms, katru rasējumu var izveidot, lietojot dažādas grafisko vienumu kopas, tajā pašā laikā lieki radītos grafiskos vienumus sistēma ļauj dzēst, kas uzskatāms par trūkumu lietotāja/apmācāmā darbībā (ja vien dzēšana nav neizbēgama darbība, kas nepieciešama kāda atdalīta līnijas posma nodzēšanai). Šādu darbību uzskaitē, to laiktietilpības apzināšana un analīze, ļauj panākt augstākus apmācību rezultātus.

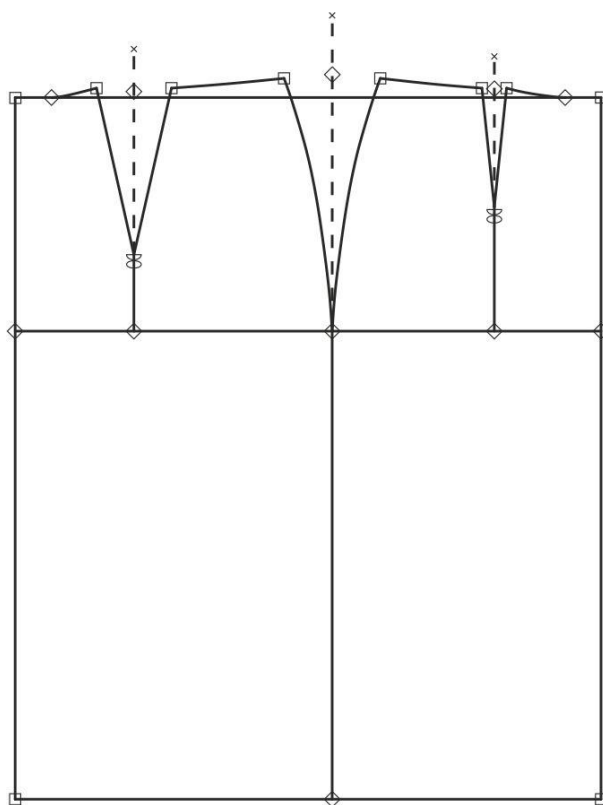
Mutiskās intervijās studenti atzina, ka neuzskata zināšanu pārbaudes sistēmu par traucējošu vai tādu, kas ietekmē viņu darbu. Vairākums atzina, ka nav pievērsuši uzmanību sistēmas darbībai vispār, jo uzdevumu izpilde CAD/CAM sistēmā ir jau pats par sevi lielā mērā izaicinošs un grūts darbs. Daži studenti atzina, ka ikonu pārvietošanu ekrāna piemērošanai individuālajām vajadzībām neuzskata par lietderīgu, savukārt citiem tieši šis aspekts šķita ļoti svarīgs. Visi studenti apliecināja, ka tieši atgriezeniskā saite ir uzskatāma par IMS DPSLN lielāko priekšrocību. Tūlītējā informācija un atzīme par paveikto ļauj saprast paveiktā rezultātu un veicina motivāciju. Arī tie studenti, kuru darbs novērtēts ar zemāku atzīmi kā vidējā, atzina, ka atgriezeniskā saite bijusi motivējoša. Vairākums studentu atzina, ka tas, ka darbu novērtē sistēma nevis pasniedzējs, uzskatāms drīzāk par priekšrocību un sistēmas pārākumu salīdzinot ar reāla skolotāja vērtējumu.

4.3. IMS DPSLN aprobācija uzņēmumos

CAD/CAM sistēmu lietošana uzņēmumā no studentu apmācības atšķiras ar lietotāju zināšanu līmeni un, visbiežāk, pārliecību par tām. Ražošanā strādājošs speciālists ir pārliecināts par savām prasmēm un kompetenci lietot sistēmu atbilstoši tās mērķim, izpildot projektēšanas uzdevumus [11]. Taču ne reti izrādās, ka ražošanas speciālists lieto neracionālus darba paņēmienus, izvēloties īstenot projektēšanas uzdevumus ar sev pazīstamām sistēmas funkcijām (rīkiem), neiespringstot uz darba organizācijas uzlabošanu vai jaunu paņēmieni

apgūšanu. Tā var izrādīties problēma ražošanas vadītājam – var būt grūti sasniegt izvirzītos ražošanas mērķus, kas balstīti citu uzņēmumu pieredzē; uzņēmuma darbiniekiem var būt grūtības strādāt ar CAD/CAM sistēmu datnēm, kas saņemtas no sadarbības partneriem un īstenotas ar citiem darba paņēmieniem.

Apģērba projektēšanas uzņēmuma darbinieku zināšanu pārbaudei darbā ar CAD/CAM sistēmām IMS DPSLN tika ģenerēts uzdevums brunču bāzes konstrukcijas izveidei. Šāds uzdevums savā būtībā, darbu secībā un veicamo darbību dekompozīcijā ir daudz sarežģītāks kā vienkāršu funkciju pārbaudes uzdevums (kā tika izmantots studentu zināšanu pārbaudei). Uzdevuma sarežģītība ir tajā apstākļi, ka katrs izpildītājs rasējumu (4.19. att.) var iegūt atšķirīgi – lietojot dažādas metodes un paņēmienus.



4.19.att. Rasējuma paraugs uzņēmuma darbinieku zināšanu pārbaudei darbā ar CAD/CAM sistēmām

Eksperta izveidotais uzdevuma modelis brunču bāzes konstrukcijas izveidei tika ievietots apģērba ražošanas uzņēmuma darbinieku zināšanu pārbaudei (zināšanas tika pārbaudītas uzņēmuma konstruktoriem, kopā sešpadsmit darbiniekiem). Eksperta laiks visa rasējuma izveidei 16 minūtes, veiktas 22 darbības, izmantotas 7 komandas.

Šajā aprobācijā, atzīmes vērtējums ne tikai nebija svarīgs, bet arī bija neatbilstošs paveiktajam – katrs darbinieks konstrukciju veidoja ar citiem paņēmieniem, rasēja to ar atšķirīgām metodēm, lietoja dažādas funkcijas un izmantoja atšķirīgu operāciju

dekompozīciju. Darbību un darba laika uzskaitījuma piemērs dots 4.2. tabulā, kurā redzams eksperta lietoto funkciju uzskaitījums un laiks, kā arī viena no darbiniekiem (uzņēmuma konstruktoriem) paveiktā laika uzskaitījums. Aplūkotajā gadījumā darbinieka un eksperta darbības atšķirās tikai par vienu darbību (eksperts neizmantoja darbību #16).

IMS DPSLN nebija iespējams dot vērtējumu par paveikto, kā arī uzņēmuma darbinieku apmācības gadījumā (kad tiek mācīti cilvēki ar pieredzi CAD/CAM sistēmu lietojumā – tāpat eksperti) tas nemaz nebija vajadzīgs. Galvenais ieguvums IMS DPSLN izmantošanai bija – darbību izsekošana un precīza laika noteikšana konstrukcijas soļu paveikšanai.

4.2.tabula

Darbību un laika apkopojums, uzskaitīts ar IMS DPSLN

#	Darbība	Funkcija (rīks)	Darbinieka laiks	Eksperta laiks
1.	Uzzīmēt bāzes četrstūri	rectangle	1:01	0:38
2.	Sadalīt platumu MD un PD	parallel	0:41	0:26
3.	Atlikt līmeni, izmantojot	parallel	0:32	0:24
4.	Atlikt MD un PD slīpinājumu	developed	0:35	0:25
5.	Atlikt sānu slīpinājumu	developed	1:03	0:51
6.	Iezīmēt izliekumus PD	bezier/handles	3:20	1:40
7.	Iezīmēt izliekumu MD	bezier/handles	3:02	2:14
8.	Iezīmēt PD ieliekumu	sym. axis	2:02	0:45
9.	Atlikt atstatumu līdz MD centram	developed	0:37	0:29
10.	Atlikt atstatumu līdz PD centram	developed	0:35	0:20
11.	Novilkt vidus vertikāles	parallel	0:46	0:38
12.	Atzīmēt garumu	developed	0:29	0:22
13.	Uz līnijas atlikt platumu	developed	2:10	0:45
14.	Atlikt PD garumu	developed	0:59	0:29
15.	MD līnijas no centra atlikt vertikāles	developed	1:30	0:41
16.	Iezīmēt iešuves, savienojot atliktos punktus	straight	0:42	0:00
17.	Saīsināt malu MD un PD	delete	0:12	0:07
18.	Izlīdzināt PD iešuves malas	sym. axis	1:26	0:47

#	Darbība	Funkcija (rīks)	Darbinieka laiks	Eksperta laiks
19.	Izlīdzināt MD iešuves malas	sym. axis	1:52	0:51
20.	Izdzēst vidus līniju	delete	0:12	0:10
21.	Iezīmēt vidus ieliekumus	bezier/handles	5:22	5:03
22.	Izdzēst visas liekās līnijas un punktus	delete	0:40	0:34
23.	Pārbaudīt gabarītus	measure	4:07	2:50
	KOPĀ:		29:99	16:39

Pārbaudot darbinieku zināšanas darbā ar CAD/CAM sistēmām, īpaši noderīgs izrādījās funkciju uzskaitījums, kas ļāva gūt iespaidu par konkrētu operāciju izpildes atbilstību sistēmā integrēto rīku mērķim un uzdevumam. Sarežģītos rasējumos ne vienmēr mazāks izmantoto funkciju skaits nozīmē labāku CAD/CAM sistēmas lietojumu. Ne reti darbinieks, izmantojot sev zināmos rīkus, paveic arī tādus darbus, kuriem sistēmā pieejamas racionālākas funkcijas. Tā piemēram, aprobācijas laikā tika konstatēts, ka divu lekālu salīmēšanas funkcija (*merge*) dažu darbinieku izpildījumā tiek aizvietota ar četrām citām funkcijām (*marry-attach-split-extract piece*). Šādas darbības aizņem daudz laika, turklāt rezultāta (izgūtā lekāla) precizitāte ir apšaubāma.

Ceturtās nodaļas kopsavilkums un secinājumi

Nodaļā izklāstīta promocijas darbā piedāvātās IMS zināšanu novērtējumam CAD/CAM sistēmās aprobācija, dots ieskats darbā ar IMS DPSLN.

Svarīgākie ceturtās nodaļas rezultāti:

- atbalsta nodrošināšana praktiskam sistēmas lietojumam apmācāmo darba novērtēšanai CAD/CAM sistēmu lietojumā ar izstrādāto un realizēto IMS lietojuma procedūru palīdzību,
- pamatojoties šajās procedūrās, izstrādāts un realizēts praktisks eksperiments ar sistēmas konfigurāciju darbam, eksperta zināšanu nodošanu darbību sekošanas aģentam un apmācāmo praktiska zināšanu pārbaude intelektuālajā mācību sistēmā;
- eksperimentāli pārbaudīts izstrādātais IMS prototips;
- veikts apmācāmo darba rezultātu apkopojums.

Galvenie ceturtās nodaļas secinājumi:

- Praktiskie uzdevumi, kuru izpildei tiek lietota kāda no CAD/CAM sistēmām, var tikt pārbaudīti ar intelektuālā mācību sistēmā iekļauto aģentu un procedūru palīdzību. Sistēmā var tikt ģenerēti dažādi uzdevumi, tādējādi variējot gan grūtības pakāpi, gan zināšanu novērtēšanas mērķi – vienkāršu CAD/CAM funkciju/rīku apguve vai rasējumu izstrāde.
- Tiek uzskaitīts ne tikai sistēmā padarītā darba laiks, bet arī lietoto funkciju veids un izmantošanas biežums, uzskaitīts laiks, kas ļauj novērtēt darba laika patēriņa lietderīgumu, kā arī novērtēt funkciju izvēles lietderīgums ar mērķi uzlabot apmācāmā prasmes un spējas ātri un kvalitatīvi strādāt CAD/CAM sistēmā.
- Izstrādātās IMS prototipā CAD/CAM izveidoto rasējumu novērtē darbību sekošanas aģents – nosaka tā pabeigtību, pilnīgumu un iespēju pretendēt uz atzīmi, iesniedzot uzdevumu. Ja uzdevums nav pabeigts, apmācāmais saņem paziņojumu, ka darbs nevar tikt novērtēts. Zināšanu novērtēšanas aģenta ziņā ir novērtēt darbu, uzskaitīt funkcijas un aprēķināt apmācāmā atzīmi, sagatavot atgriezeniskās saites saturu (ieteikumus mācību rezultātu uzlabošanai, papildus apgūstamās mācību vielas un uzdevumu formā), ko saskarnes aģents sniedz apmācāmajam. Eksperts saņem informāciju par visām veiktajām darbībām – funkciju uzskaitījumu, darba laika pauzēm, laiku, aprēķināto atzīmi. Apmācāmais saņem atzīmi un informāciju par sekmēm un ieteicamajām darbībām.

- Ar IMS DPSSLN palīdzību detalizēti var novērtēt vienkāršus uzdevumus – sistēmas rīku/funkciju apguvei un grafisko vienumu izveides pārbaudei gala rezultātā iegūstot atzīmi, informāciju par izpildīto uzdevumu un atgriezenisko saiti darbību koriģēšanai un ar ieteicamajiem uzdevumiem. Ja sistēmā tiek ģenerēti sarežģītāki uzdevumi CAD/CAM sistēmu lietojuma izsekošanai un novērtēšanai, tad sistēmā integrētais vērtējuma aprēķina modelis nevar tikt lietots, savukārt īpašu nozīmi gūst lietotāja izvēlēto rīku uzskaitījums un analīze.
- IMS DPSSLN aģenti ļauj īstenot lietotāja darbību CAD/CAM sistēmā sekošanu, tādējādi nodrošinot trūkstozo informāciju par lietotāja prasmēm un zināšanām projektēšanas darbu izpildē.

SECINĀJUMI UN REZULTĀTI

Promocijas darbā izvirzītais mērķis: izstrādāt intelektuālu mācību sistēmu (IMS), kas īsteno CAD/CAM sistēmu lietojuma novērtēšanu, seko apmācāmā darbībām (un analizē tās) datorizētās projektēšanas sistēmu (CAD) lietojuma laikā, kā arī veikt izstrādātās sistēmas prototipa testēšanu un darbības pārbaudi, tika sasniegts, realizējot virkni **uzdevumu**:

- Apzināti un analizēti apmācības procesi un aplūkoti to aspekti un zināšanu pārbaudes veidi, kas ļāva definēt vispārīgas prasības apmācību un zināšanu vērtēšanas procesam un identificēt problēmas tradicionālam zināšanu vērtēšanas procesam CAD/CAM sistēmu lietojumā.
- Izpētīts IMS izstrādes process, struktūra un metodoloģija (tradicionāli lietotie moduļi, aģentu pieeja), kas identificēja nepieciešamās sistēmas komponentes, koncepcijas (kas atšķirīga no tradicionālās ar lietotāja darbību izsekošanu soli pa solim) un lietojamās paradigmas, kā arī precizēja sistēmai izvirzāmās prasības.
- Izanalizētas intelektuālu aģentu sistēmas ar mērķi identificēt šādu sistēmu priekšrocības IMS izstrādē, izstrādāta jaunas IMS struktūra zināšanu novērtēšanai, lai realizētu uz teorētiski izpētītām atziņām balstītu sistēmu zināšanu novērtēšanai CAD/CAM sistēmu lietojumā.
- Izstrādāta intelektuālos aģentos sakņota zināšanu novērtēšanas sistēmas koncepcija, kas balstīta pētījuma rezultātos un atziņās.
- Realizēts izstrādātajā koncepcijā balstīts IMS prototips, kas īsteno CAD/CAM lietošanas procesa novērtējumu.
- Eksperimentāli pārbaudīts izstrādātās IMS prototips mācību laboratorijā Rīgas Tehniskajā universitātē un CAD/CAM sistēmas Polytropon Automation Systems, uzņēmumā Grieķijā.

Pētījumu rezultātā tika identificētas **problēmas**, kas skar apmācības un zināšanu vērtēšanas intelektuālu mācību sistēmu izstrādi:

- Nav intelektuālu mācību sistēmu atbalsta CAD/CAM sistēmu lietojuma novērtēšanai. Pasniedzējs redz tikai ieejas datus (uzdevumu) un izejas datus (apmācāmā paveikto), bet, vai apmācāmais ir veicis uzdevumu pats, laikus un ar lietderīgiem paņēmieniem, paliek neskaidrs. Turklāt apmācāmā lomā var būt arī jau reāli ražošanā strādājošs cilvēks, kur industriālās izstrādes darba laika uzskaitē un patērētā laika samazināšana ir ļoti svarīgs un resursietilpīgs uzdevums.

- Nepietiekams apmācāmo atbalsts padarītā darba vērtēšanai un izprašanai (trūkst atgriezeniskā saite CAD/CAM apguves procesā):
 - tipiski apmācāmajam tiek piedāvāts sagatavotais uzdevums/projekts izpildei bez papildus zināšanām par izpildes secību un funkciju lietderīgumu;
 - gala rezultāta vērtējums sastāv no eksperta izvērtētā gatavā rezultāta, bet process un procedūrās zināšanas netiek novērtētas vispār.

Risinot minētās problēmas, promocijas darbā ir sasniegti šādi galvenie jaunie **teorētiskie rezultāti**:

- Izstrādāts algoritms, kas ļauj novērtēt apmācāmā darbu ar CAD/CAM sistēmām, balstoties patērētajā laikā, lietoto funkciju skaita un biežuma analīzē, lietoto funkciju lietderīgumā un salīdzinot apmācāmā veikumu ar eksperta izveidoto risinājuma paraugu – kompetenču vērtēšanas metode, demonstrējot mākslīgā intelekta metožu pielietojumu reālu praktisku problēmu risinājumā CAD/CAM sistēmu lietojuma novērtēšanai..
- Izstrādāta principiāli jaunas, aģentos sakņotas IMS koncepcija, struktūra un arhitektūra apmācāmo zināšanu novērtēšanai CAD/CAM sistēmu lietojumā ar uzdevuma izpildes gaitas novērtējumu.
- Aprakstīti CAD/CAM sistēmu apmācības procesi un pedagoģiskā pieeja, esošās pieejas un zināšanu pārbaudes nodrošinājums.
- Izstrādāti uzdevumu paraugi, ģenerēti izveidotajā IMS, ar atvērtu iespēju ģenerēt sistēmā vēl citus uzdevumus, kurus eksperts uzskatītu par nepieciešamiem.
- Izstrādāta aprobācija ar atgriezenisko saiti (zināšanu korekciju) un detalizētu informāciju par apmācāmo zināšanām CAD/CAM lietojumā.

Iegūtie teorētiskie rezultāti **praktiski ir realizēti**:

- Darbā izstrādāts intelektuālās mācību sistēmas prototips apmācāmā zināšanu identificēšanai un novērtēšanai CAD/CAM sistēmu lietojumā, mācību procesa un ražošanas procesu uzlabošanai.
- Realizētais prototips ļauj pilnveidot zināšanas darbā ar CAD/CAM sistēmām, konstatēt apmācāmā zināšanu trūkumus, analizēt un pilnveidot darba paņēmienus. Sistēma izmantojama dažādu CAD/CAM sistēmu apgūvē un lietošanas procesā.

Prototipu izstrāde un eksperimentālās pārbaudes rezultāti ļauj izdarīt šādus **secinājumus**:

- Izstrādātā IMS DPSLN ļauj nodrošināt trūkstošo saiti starp apmācāmo un ekspertu grafisko izstrādņu īstenošanas novērtējumam, mācību atbalstam un atgriezeniskās saites nodrošinājumam.
- Iespēja ģenerēt jaunus uzdevumus zināšanu pārbaudei un novērtēšanai, kā arī saglabāt esošos, jau izmantotos uzdevumus dažādu CAD/CAM sistēmu lietojumam, ļauj ekspertam pakāpeniski veikt apmācāmā iepazīstināšanu ar CAD/CAM sistēmas lietojumu, veikt uzdevuma pielāgošanu apmācāmā zināšanu līmenim ar atgriezeniskās saites palīdzību.
- Izstrādātās IMS rezultātu analīze ļauj identificēt apmācāmā zināšanu trūkumus, balstoties apmācāmā uzdevuma izpildē, lietoto funkciju/rīku uzskaitījumā un salīdzinājumā ar eksperta paveikto.

Darba rezultāti ļauj **apstiprināt** aizstāvēšanai izvirzītās **tēzes**. Izstrādātās IMS DPSLN aprobācija ļauj secināt, ka sistēma seko lietotāja darbībām CAD/CAM sistēmā, IMS iekļautie aģenti uzkrāj informāciju par izmaiņām sistēmā (vidē), analizē to un sniedz informāciju par esošajām lietotāja kompetencēm un zināšanu līmeni. Atgriezeniskā saite dod korekcijas, kas nepieciešamas zināšanu pilnveidošanai, tādējādi veicinot interesi par CAD/CAM apguvi. IMS DPSLN integrētie zināšanu novērtējuma algoritmi dod objektīvu vērtējumu katram apmācāmajam.

Turpmāko **pētījumu virzieni**:

- IMS DPSLN darbību sekošanas aģents apmācās no tajā integrēto funkciju uzskaitījuma, attīstot pētījumu, ir iespēja integrēt algoritmu, kurš ļauj aprēķināt CAD/CAM sistēmās lietoto funkciju (rīku) izmantošanas biežumu un lietderīgumu. Atzīmes aprēķinu šāda informācija ļautu papildināt ar funkciju lietderīguma koeficienta izmantošanu.
- Aprobējot sistēmu, analizēt dažādu mājienu un padomu ģenerēšanu sistēmā uzdevuma izpildes laikā.

BIBLIOGRĀFIJA

- [1] *Letonika* [tiešsaiste]. Latvijas Zinātņu akadēmijas Terminoloģijas komisijas Informācijas tehnoloģijas un telekomunikācijas terminoloģijas apakškomisija. Tilde, 2009, EuroTermBank Consortium, 2018. Pieejams: <http://www.letonika.lv>.
- [2] **Dubois, D. D.** *Competency-Based Human Resource Management*. Palo Alto, California: Davies-Black Publishing, 2004. 291 p. ISBN: 0891061746.
- [3] *LZA Terminoloģijas komisijas lēmums TK-84* [tiešsaiste]. Rīga: LZA Terminoloģijas komisija, 2009. Pieejams: <http://termini.lza.lv/article.php?id=301>.
- [4] **Grēviņa, R.** *Ekonomikas skaidrojošā vārdnīca*. Rīga: Zinātne, 2000. 702 lpp. ISBN10: 9984698033, ISBN13 9789984698038.
- [5] **Staron, M., Jasinski, M., Weatherley, R.** *Life based learning: a strength based approach for capability development in vocational and technical education*. Sydney: TAFE NSW ICVET, 2006. 79 p. ISBN 0977546705.
- [6] **Ranshaw, D., Crean, D., Mills, J., Bowman, K.** *Workforce skills development and engagement in training through skill sets: literature review*. Adelaide, Australia: NCVER, 2012. 31 p. ISBN 978 1 922056 35 1, ISSN 1837-0659.
- [7] **Martin, G., Jankelson, C.** *Leadership for the emerging world. Spirituality, Leadership and Management*. 2010. 251 p. ISBN 9780987133809.
- [8] **Birkinshaw, J.** *What comes after the knowledge era?* [online]. London: London Business School Review, 2015. Available from: <https://www.london.edu>.
- [9] **Dankwort, C. Werner, Waidlich, R., Guenther, B., Blaurock, Joerg E.** Engineers' CAx education - it's not only CAD. **In:** N.S. Sapidis and M.S. Kim, eds. *Computer-Aided Design*. Volume 36, Issue 14. Elsevier Ltd., 2004, pp.1439-1450. Available from: doi:10.1016/j.cad.2004.02.011.
- [10] **Narayan, K. L.** *Computer Aided Design and Manufacturing*. New Delhi: Prentice Hall of India, 2008. 698 p. ISBN 978-81-203-3342-0.
- [11] **Asperl, A.** How to teach CAD. **In:** *Computer-Aided Design and Applications*. Vol. 2, Issue 1-4. Taylor & Francis, 2005, pp.459-468. Available from: doi:10.1080/16864360.2005.10738395.
- [12] **Madsen, David A.** *Engineering Drawing and Design*. Clifton Park, NY, USA: Delmar, 2012. 253 p. ISBN 10 1111309574, ISBN 13 9781111309572.

- [13] **Chennakesava, R. Alavala.** *CAD/CAM: Concepts and Applications*. PHI Learning Pvt. Ltd., 2009. 564 p. ISBN 978-81-203-3340-6.
- [14] **Ye, X.** Today's students, tomorrow's engineers: an industrial perspective on CAD education. **In:** N.S. Sapidis and M.S. Kim, eds. *Computer-Aided Design*. Volume 36, Issue 14. Elsevier Ltd., 2004, pp.1451-1460. Available from: doi:10.1016/j.cad.2003.11.006.
- [15] **Farin, G., Hoschek, J., Kim, M.-S.** *A History of Curves and Surfaces in CAGD*. Handbook of Computer Aided Geometric Design. Netherlands: Elsevier Science, 2002. 797 p. ISBN 0-444-51104-0.
- [16] **Choi, T.-M.,** ed. *Information Systems for the Fashion and Apparel Industry*. 1st Edition. Elsevier Ltd., 2016. 306 p. ISBN 978-0-08-100571-2.
- [17] **Krathwohl, David R., Bloom, B.S., Masia, R.B.** *Taxonomy of Educational Objectives*. Handbook II: Affective Domain. New York: David McKay Company Inc., 1964. 196 p.
- [18] **Gage, N. L., Berliner, D. C.** *Pedagógiskā psiholoģija/ Educational psychology*. Riga: Zvaigzne ABC, 1999. 662 lpp.
- [19] **Phobun, P., Vicheanpanya, J.** Adaptive intelligent tutoring systems for e-learning systems. **In:** *Procedia - Social and Behavioral Science*. Volume 2, Issue 2. Elsevier Ltd., 2010, pp. 4064-4069. Available from: doi:10.1016/j.sbspro.2010.03.641.
- [20] **Lai, C., Yeung, Y., Hu, J.** University student and teacher perceptions of teacher roles in promoting autonomous language learning. **In:** *Computer Assisted Language Learning*. Volume 29, Issue 4. Routledge, 2016, pp.703-723. Available from: doi:10.1080/09588221.2015.1016441.
- [21] **Hudson, B.** *Seeking connections and searching for meaning: teaching as reflective practice* [online]. Edinburgh: European Conference on Educational Research, Education-line database, 2000. Accessible: <http://www.leeds.ac.uk/educol/documents/00001565.htm>.
- [22] **Jank, W., Meyer, H.** *Didaktiske modeller*. Grundbog i didaktik. København: Gyldendals Lærebibliotek, 2006. 320 p. ISBN-13 9788702029185.
- [23] **Smith, Nina C.** *Choosing How to Teach & Teaching How to Choose: Using the 3Cs to Improve Learning*. Volume 1: Teacher's Edition. Bennett & Hastings Publishing, 2012. 164 p. ISBN-13 978-1934733783.

- [24] **Dāboliņš, J.** Teaching of computer aided designing systems. **In:** *Proceedings of international scientific conference "Society. Integration. Education".* Volume V. Rezekne: Academy of Technologies, 2018, pp.248 – 259. ISSN 1691-5887. Available from: doi:10.17770/sie2018vol1.3143.
- [25] **Lukašenko, R. , Anohina-Naumeca, A., Vilkelis, M., Grundspenkis, J.** Feedback in the Concept Map Based Intelligent Knowledge Assessment System. **In:** *Scientific Journal of Riga Technical University. Computer Science. Applied Computer System.* Vol. 41, Issue 1. Riga: RTU Publishing, 2010, pp.17-26. ISSN 2255-8691.
- [26] **Akbulut, Y., Çardak Ç. S.** Adaptive educational hypermedia accommodating learning styles: A content analysis of publications from 2000 to 2011. **In:** *Computers & Education.* Volume 58, Issue 2. Elsevier Ltd., 2012, pp.835-842. Available from: doi:doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.008.
- [27] **Walker, R., Voce, J., Swift, E., Ahmed, J., Jenkins, M., Vincent, P.** *2016 Survey of Technology Enhanced Learning for higher education in the UK* [online]. Oxford: Universities and Colleges Informations Systems Association, 2016, 38 p. Available from: doi:10.13140/RG.2.2.21585.58723.
- [28] **Gordon, N.** *Flexible Pedagogies: technology-enhanced learning.* Report [online]. UK: The Higher Education Academy, 2014, 25 p. Available from: https://www.heacademy.ac.uk/system/files/resources/tel_report_0.pdf.
- [29] **Yaghmaie, M., Bahreininejad, A.** A context-aware adaptive learning system using agents. **In:** *Expert Systems with Applications: An International Journal.* Vol. 38, Issue 4. USA, NY: Pergamon Press, Inc., 2011, pp.3280-3286. ISSN 0957-4174. Available from: doi:10.1016/j.eswa.2010.08.113.
- [30] **Anohina, A.** *Adaptīvas apmācības un zināšanu vērtēšanas intelektuāla atbalsta sistēmas izstrādāšana.* Promocijas darbs. Rīga: Rīgas Tehniskā universitāte, 2007, 245 lpp.
- [31] **Zimmermann, Kim Ann.** *Live science* [online].[viewed 17 August 2017] Accessible: <http://www.livescience.com/20718-computer-history>.
- [32] **Johnson, L., Adams, S., Cummins, M.** *The NMC Horizon Report: 2012 Higher Education Edition.* Report. Austin, Texas: The New Media Consortium, 2012. 56 p. ISBN 978-0-9846601-3-1.

- [33] **Findley, H., Reynolds, A., Davis, B., Belcher, W.** Evolution of and Current Trends in Training. **In:** *Journal of Business and Economics*. Volume 4, No. 8. USA: Academic Star Publishing Company, 2014, pp.675-689. ISSN 2155-7950.
- [34] **Dabaghian, Z., Movagharnejad, K., Mohammadi, M.** Development of educational software for undergraduate Chemical Engineering courses. **In:** *Computer Applications in Engineering Education*. Volume 24, Issue 4. USA, NY: John Wiley & Sons, Inc., 2016, pp.577–585. Available from: doi:10.1002/cae.21733.
- [35] **Liew, T. W., Tan, S-M.** Virtual agents with personality: Adaptation of learner-agent personality in a virtual learning environment. **In:** *Eleventh International Conference on Digital Information Management (ICDIM)*. Portugal, Porto: 2017, pp.157-162. Available from: doi:10.1109/ICDIM.2016.7829758.
- [36] **Wetzel, J., VanLehn, K., Butler, D., Chaudhari, P., et al.** The design and development of the dragoon intelligent tutoring system for model construction: lessons learned. **In:** *Interactive Learning Environments*. Volume 25, Issue 3. Tempe: Routledge, 2017, pp.361-381. Available from: doi:10.1109/ICDIM.2016.7829758.
- [37] *Moodle* [online]. [viewed 17August 2017] Available from: <https://moodle.org/?lang=lv>.
- [38] *Mooc* [online]. [viewed 17 August 2017] Available from: <https://www.mooc-list.com>.
- [39] *Blackboard* [online]. [viewed 17August 2017] Available from: <http://www.blackboard.com/>.
- [40] **Lukač, D.** New dimensions in the CAE/CAD standardisation and certification process in the industrial and the educational sector. **In:** *International Journal of Knowledge and Learning*. Special Issue on Computers in Education. Vol. 7, No. 1/2. 2011, pp.145-155. ISSN 17411009. Available from: doi:10.1504/IJKL.2011.043897.
- [41] **Lukac, D.** Higher education according to industrial requirements - ECS as a successful example. **In:** *1st International Conference Multidisciplinary Engineering Design Optimization (MEDO)*. 2016, pp.1-5. ISBN 978-1-5090-2112-3. Available from: doi:10.1109/MEDO.2016.7746547.
- [42] **Dāboliņš, J.** Trends of the Usage of Adaptive Learning in Intelligent Tutoring Systems. **In:** *Databases and Information Systems (Baltic DB&IS 2012): Tenth International Baltic Conference: Local Proceedings, Materials of Doctoral Consortium*. Lithuania, Vilnius: 2012, pp.191-196. ISBN 978-9986-34-274-8.

- [43] **Peļiņins, A.** *Automatizētā projektēšana Auto CAD vidē*. Latvija, Rīga: Jumava, 1999. 157 lpp. ISBN 10 9984052788.
- [44] **Полещук, Н.** *Самоучитель AutoCAD 2015*. БХВ-Петербург, 2015. 464 с. ISBN 978-5-9775-3512-0.
- [45] **Жарков, Н., Финков, М., Прокди, Р.** *AutoCAD 2017. Полное руководство*. Наука и Техника, 2017. 624 с. ISBN 978-5-94387-734-6.
- [46] **Dix, M., Riley, P.** *Discovering AutoCAD 2015*. Peachpit Press, 2014. 696 p. ISBN 9780134271002.
- [47] **Shih, H. R.** *Autocad 2016 For Beginners*. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015. 300 p. ISBN 9781511684460.
- [48] **Stott, M.** *Pattern Cutting for Clothing Using CAD: How to Use Lectra Modaris Pattern Cutting Software*. 1st Edition. Woodhead Publishing, 2012. 176 p. ISBN 9780857092311.
- [49] **Stott, M.** *Digital Pattern Cutting Workbook 1: A Step-by-Step Guide to Lectra Modaris*. Digital Pattern Cutting Publishing, 2016. 144 p. ISBN 10 1526203820.
- [50] **Lininger, M.** *Patternmaking and Grading Using Gerber's Accumark Pattern Design Software*. Pearson, 2015. 800 p. ISBN-10 0133514366.
- [51] *CAD_learning* [online]. [viewed 17 August 2017] Available from: <https://www.cadlearning.com/downloads#plugin>.
- [52] *Lynda* [online]. [viewed 17 August 2017] Available from: <https://www.lynda.com/AutoCAD-training-tutorials/160-0.html>.
- [53] *Lectra* [online]. [viewed 17 August 2017] Available from: <https://www.lectra.com/en/education>;
<https://www.youtube.com/user/LectraTechChannel>
- [54] **Medina-Medina, N., Molina-Ortiz, F., García-Cabrera, L., Parets-Llorca, J.** Personalized Guided Routes in an Adaptive Evolutionary Hypermedia System. **In:** Moreno-Díaz R., Pichler F., eds. *Computer Aided Systems Theory - EUROCAST 2003. Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 2809. Springer, Berlin, Heidelberg, 2003, pp.196-207. ISBN 978-3-540-20221-9. Available from: doi:10.1007/978-3-540-45210-2_19.
- [55] **Brusilovsky, P., Henze, N.** Open Corpus Adaptive Educational Hypermedia. **In:** P.Brusilovsky, A.Kobsa and W.Neidl, eds. *The Adaptive Web: Methods and Strategies of*

- Web Personalization*. Vol. 4321. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007, pp.671-696. ISBN 978-3-540-72078-2. Available from: doi:10.1007/978-3-540-72079-9_22.
- [56] **Limongelli, C., Sciarrone, F., Temperini, M., Vaste, G.** Lecomps5: A Framework for the Automatic Building of Personalized Learning Sequences. **In:** Lytras M.D., Carroll J.M., Damiani E., Tennyson R.D., eds. *Emerging Technologies and Information Systems for the Knowledge Society. WSKS 2008. Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 5288. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008, pp.296-303. ISBN 978-3-540-87780-6.
- [57] **Pedrero, A., Alonso, V., Villarroel, M., de la Fuente, P., Cabaco, A.** Presentation Adaptation: Results from a Case Study. **In:** Redondo M., Bravo C., Ortega M., eds. *Engineering the User Interface*. Springer, London, 2009, pp. 1-13. ISBN 978-1-84800-135-0. Available from: doi:10.1007/978-1-84800-136-7_15.
- [58] *AutoCad* [online]. [viewed 17 August 2017] Available from: <https://www.youtube.com/user/AutoCADExchange>.
- [59] *3DMax* [online]. [viewed 17 August 2017] Available from: <https://www.youtube.com/user/3dsMaxHowTos>.
- [60] **Friedrich, K., Friedrich, I.** *Grafis. Textbook for beginners*. Ed. 10-98. 1997. 397 p.
- [61] **Willis, J.** *Adapting your Text Book for Task-based Teaching*. Presentation given at IATEFL Conference Harrogate 2006. Harrogate, 2006, 3 p. Available from: <http://www.willis-elt.co.uk/conference-presentations/>.
- [62] **Willis, J.** *A flexible Framework for Task Based Learning*. An overview of a task-based framework for language teaching. Harlow: Longman, 1996, 11 p.
- [63] **Mastalerz, E.** *Problems in didactic improvement of academic teachers*. Report. Cracow: Faculty of Mathematics, Physics and Technics, Pedagogical University, 2006. 6p.
- [64] **Rebolj, V.** E-education between Pedagogical and Didactic Theory and Practice. **In:** *Organizacija*. Volume 42, Issue 1. Slovenia, Kamnik: Sciendo, 2009, pp.10-16. Available from: doi:10.2478/v10051-008-0027-1.
- [65] **Tippelt, R., Maximilian, L.** *Innovative and participative learning-teaching teaching approaches within a project based training framework*. Report. Internationale Weiterbildung und Entwicklung gGmbH, 2003. 23 p.
- [66] **Pan, J.** Linking classroom exercises to real-life practice: a case of situated simultaneous interpreting learning. **In:** *The Interpreter and Translator Trainer*. Volume

- 10, Issue 1. Routledge, 2016, pp.107-132. Available from: doi:10.1080/1750399X.2016.1154346.
- [67] **Grundspenkis, J.** *Trends in Technology Based Learning: Towards Truly Intelligent Tutoring Systems*. Riga: IST4BALT, 2007. Available from: <http://www.balticit.com/ist4balt/programme2007.php>.
- [68] **Brusilovsky, P.** Adaptive Hypermedia. **In:** *User Modeling and User-Adapted Interaction* Vol. 11. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2001, pp.87-110.
- [69] **Desarkar, M. S., Saxena, R., Sarkar, S.** Preference Relation Based Matrix Factorization for Recommender Systems. **In:** Masthoff J., Mobasher B., Desmarais M.C., Nkambou R., eds. *User Modeling, Adaptation, and Personalization. UMAP 2012. Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 7379. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012, pp. 63-75. ISBN 978-3-642-31453-7. Available from: doi:10.1007/978-3-642-31454-4_6.
- [70] **Beaumont, I. H.** User modelling in the interactive anatomy tutoring system ANATOM-TUTOR. **In:** Brusilovsky P., Kobsa A., Vassileva J., eds. *Adaptive Hypertext and Hypermedia*. Springer, Dordrecht, 1998, pp.91-115. ISBN 978-90-481-4944-5. Available from: doi:10.1007/978-94-017-0617-9_4.
- [71] **Bradáč, V., Kostolányová, K.** Intelligent Tutoring Systems. **In:** *Journal of Intelligent Systems*. Volume 26, Issue 4. Berlin/Boston: Walter de Gruyter GmbH, 2016, pp.717-727. ISSN 2191-026X, ISSN 0334-1860. Available from: doi:10.1515/jisys-2015-0144.
- [72] **Dāboliņš, J.** Intelligent tutoring system for assessment of usage of computer aided designing systems. **In:** *BIR Short Papers, Workshops and Doctoral Consortium: Joint Proceedings of the BIR 2018 Short Papers, Workshops and Doctoral Consortium co-located with 17th International Conference "Perspectives in Business Informatics Research" (BIR 2018). CEUR Workshop Proceedings*. Aachen: RWTH, 2018, pp.323-334. ISSN 1613-0073.
- [73] **Brusilovsky, P., Peylo, C.** Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems. **In:** *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. Volume 13, Issue 2-4. The Netherlands: IOS Press Amsterdam, 2003, pp.159-172.
- [74] **Grundspenkis, J., Anohina, A.** Agents in Intelligent Tutoring Systems: State of the Art. **In:** *Scientific Proceedings of Riga Technical University, 5th Series, Computer Science, Applied Computer Systems*. Volume 22. Riga: RTU Publishing, 2005, pp.110-121.

- [75] **Lukašenko, R.** *Studenta modeļa izstrāde intelektuālo apmācības sistēmu funkciju atbalstam*. Promocijas darbs. Rīga: Rīgas Tehniskā universitāte, 2012, 156 lpp.
- [76] **Bundy, A.**, ed. *Artificial Intelligence Techniques*. A Comprehensive Catalog. Edition 4. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1997. 141 p. ISBN 978-3-540-59323-2.
- [77] **Serena H. Chen, Anthony J. Jakeman, John P. Norton.** Artificial Intelligence techniques: An introduction to their use for modelling environmental systems. **In:** *Mathematics and Computers in Simulation*. Vol. 78, Issue 2-3. Elsevier Ltd., 2008, pp.379-400. Available from: doi:10.1016/j.matcom.2008.01.028.
- [78] **Wongchokprasitti, C., Peltonen, J., Ruotsalo, T., Bandyopadhyay, P., Jacucci, G., Brusilovsky, P.** User model in a box: Cross-system user model transfer for resolving cold start problems. **In:** Ricci F., Bontcheva K., Conlan O., Lawless S., eds. *User Modeling, Adaptation and Personalization. UMAP 2015. Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 9146. Springer, Cham, 2015, pp.289-301. ISBN 978-3-319-20266-2. Available from: doi:10.1007/978-3-319-20267-9_24.
- [79] **El Haddiuoi, I., Khaldi, M.** Learner Behavior Analysis on an Online Learning Platform. **In:** *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*. Vol. 7, Issue 2. 2012, pp.22-25. ISSN 1863-0383. Available from: doi:10.3991/ijet.v7i2.1932.
- [80] **Lacerda, G.** La modélisation cognitive de l'étudiant et les systèmes tutoriels intelligents. **In:** *Revue des sciences de l'éducation*. Vol. 19, Numéro 3. Revue des sciences de l'éducatio, 1993, pp.501-509. Available from: doi:10.7202/031644ar.
- [81] **Brusilovsky, P., Millan, E.** User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems. **In:** Brusilovsky P., Kobsa A., Nejdl W., eds. *The Adaptive Web. Lecture Notes in Computer Science*. Vol 4321. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007, pp.3-53. ISBN 978-3-540-72078-2. Available from: doi:10.1007/978-3-540-72079-9_1.
- [82] **Canales, A., Peña, A., Peredo, R., Sossa, H., & Gutiérrez, A.** Adaptive and intelligent web based education system: Towards an integral architecture and framework. **In:** *Expert Systems with Applications*. Vol. 33, Issue 4. Elsevier Ltd., 2007, pp.1076-1089. ISSN 0957-4174. Available from: doi:10.1016/j.eswa.2006.08.034.
- [83] **Vincenti, G., Bucciero, A., Helfert, M., Glowatz, M.**, eds. *E-Learning, E-Education, and Online Training*. Third International Conference, eLEOT 2016, Dublin, Ireland, August 31 – September 2, 2016, Revised Selected Papers. Springer International Publishing, 2017, 175 p. ISBN 978-3-319-49624-5.

- [84] **Lavendelis, E.** *Atvērta daudzagentu arhitektūra un metodoloģija intelektuālu mācību sistēmu izstrādei*. Promocijas darbs. Rīga: Rīgas Tehniskā universitāte, 2009, 222 lpp.
- [85] **Wooldridge, M.** *An Introduction to MultiAgent Systems*. 2nd edition. WILEY, 2009. 484 p. ISBN 978-0-470-51946-2.
- [86] **Russell, S., Norvig, P.** *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 3rd Edition. Prentice-Hall, 2009. 1152 p. ISBN 0136042597.
- [87] **Brabazon, A., Silva, A., O'Neill, M.** Optimal patent design: An agent-based approach. **In:** *Proceedings of the IEEE Congress on Evolutionary Computation. CEC 2012*. Australia, Brisbane, 2012, pp.1-8. Available from: doi:10.1109/CEC.2012.6252898.
- [88] **Casado, A., Jiménez, A., Bajo, J., Omatu, S.** Multi-agent system for occupational therapy. **In:** Bajo Perez J. et al., eds. *Trends in Practical Applications of Heterogeneous Multi-Agent Systems. The PAAMS Collection. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Vol. 293. Springer, Cham, 2014, pp.53-60. ISBN 978-3-319-07475-7. Available from: doi:10.1007/978-3-319-07476-4_7.
- [89] **Zhang, P.** The IS history initiative: Continued efforts and results. **In:** *Communications of the Association for Information Systems*. Vol. 38. Article 24. 2016, pp.420-431. Available from: doi:10.17705/1CAIS.03824.
- [90] **Weinbaum, D., Veitas, V.** Open ended intelligence: the individuation of intelligent agents. **In:** *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*. Vol. 29, Issue 2. Taylor & Francis, 2017, pp.371-396. Available from: doi:10.1080/0952813X.2016.1185748.
- [91] **Pandey, R. K., Kumar, K. V.** Multi agent system driven SSSC for ATC enhancement. **In:** *2016 National Power Systems Conference (NPSC)*. Bhubaneswar, India: IEEE, 2016, pp.1-6. Available from: doi:10.1109/NPSC.2016.7858956.
- [92] **Kotova, E. E., Pisarev, A. S., Pisarev, I. A.** Software tool to support research and training in the field of knowledge engineering. **In:** *2016 IEEE V Forum Strategic Partnership of Universities and Enterprises of Hi-Tech Branches (Science. Education. Innovations)*. St.Petersburg, Russia: IEEE, 2016, pp.81-83. Available from: doi:10.1109/IVForum.2016.7835862.
- [93] **Capuano, N., Marsella, M., Salerno, S.** ABITS: An Agent Based Intelligent Tutoring System for Distance Learning. **In:** *Proceedings of the International Workshop*

- on Adaptive and Intelligent Web-Based Education Systems. Montreal, Canada: 2000, pp.17-28.
- [94] **Hospers, M., Kroezen, E., Nijholt, A., op den Akker, R., Heylen, D.** An Agent-Based Intelligent Tutoring System for Nurse Education. **In:** Moreno A., Nealon J.L., eds. *Applications of Software Agent Technology in the Health Care Domain. Whitestein Series in Software Agent Technologies and Autonomic Computing*. Birkhäuser, Basel: Springer, 2003, pp.143-159. ISBN 978-3-7643-2662-3.
- [95] **Abu Naser, S.** An agent based intelligent tutoring system for parameter passing in java programming. **In:** *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. Volume 4, Number 7. JATIT, 2008, pp.585-589.
- [96] **Lavendelis, E., Grundspenķis, J.** An Agent based Intelligent Tutoring System. **In:** *Proceedings of 2nd International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2010)*. Vol. 2. Valencia, Spain: 2010, pp.5-13. ISBN 978-989674022-1.
- [97] **Le Corre, F., Fauvel, C., Hoareau, C., Querrec, R., & Buche, C.** Chrysaor: an Agent-Based Intelligent Tutoring System in Virtual Environment. **In:** *Proceedings of the International Conference on Virtual Learning*. Brasov, Romania: 2012, pp.39-45.
- [98] **Kendall, E. A., Malkoun, M. T., Jiang, C. H.** A Methodology for Developing Agent Based Systems for Enterprise Integration. **In:** Bernus P., Nemes L., eds. *Modelling and Methodologies for Enterprise Integration. IFIP — The International Federation for Information Processing*. Springer, Boston, MA, 1995, pp.333-344. ISBN 978-1-4757-5862-7. Available from: doi:10.1007/978-0-387-34983-1_22.
- [99] **DeLoach, S. A.** Analysis and Design Using MaSE and agentTool. **In:** *Proceedings of the 12th Midwest Artificial Intelligence and Cognitive Science Conference (MAICS 2001)*. Oxford OH: Miami University, 2001, pp.1-7.
- [100] **Bergenti, F., Huhns, M. N.** On the Use of Agents as Components of Software Systems. **In:** Bergenti F., Gleizes MP., Zambonelli F., eds. *Methodologies and Software Engineering for Agent Systems. Multiagent Systems, Artificial Societies, and Simulated Organizations (International Book Series)*. Vol 11. Springer, Boston, MA, 2004, pp.19-31. ISBN 978-1-4020-8057-9. Available from: doi:10.1007/1-4020-8058-1_3.
- [101] **Vlassis, N.** A Concise Introduction to Multiagent Systems and Distributed Artificial Intelligence. **In:** Branchman, Ronald J., Dietterich, T., eds. *A publication in the Morgan & Claypool Publishers series. Synthesis lectures on artificial intelligence and machine*

- learning sequence in series #2*. Morgan&Claypool Publishers, 2007, 71 p., ISBN 1-59829-526-8. Available from: doi:10.2200/S00091ED1V01Y200705AIM002.
- [102] **Yamada, T., Takahashi, S., Naya, F., Ikebe, T., Furukawa, S.** Artificial intelligence research activities and directions in the NTT Group. **In:** *NTT Technical Review*. Vol. 14, No. 5, 2016, pp.1-8.
- [103] **Gouli, E., Gogoulou, A., Tsakostas, C. and Grigoriadou, M.** How COMPASS supports multi-feedback forms & components adapted to learner's characteristics. **In:** A. Cañas and J. Novak, eds. *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology, Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica, Vol. 1, 2006, pp.255-262.
- [104] **Grundspenķis, J.** *Usage Experience and Student Feedback Driven Extension of Functionality of Concept Map Based Intelligent Knowledge Assessment System In Communication & Cognition*. Vol. 43. 2010, pp.1-20.
- [105] **Jones, N., Georghiades, P., Gunson, J.** Student feedback via screen capture digital video: stimulating student's modified action. **In:** *Journal Article Higher Education*. Vol. 64, No. 5. Springer, 2012, pp.593-607.
- [106] **Gong, Y., Beck, J. E., Ruiz, C.** Modeling Multiple Distributions of Student Performances to Improve Predictive Accuracy. **In:** Masthoff J., Mobasher B., Desmarais M.C., Nkambou R., eds. *User Modeling, Adaptation, and Personalization. UMAP 2012. Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 7379. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012, pp.102-113. ISBN 978-3-642-31453-7. Available from: doi:10.1007/978-3-642-31454-4_9.
- [107] **Kort, B., Reilly, R., Picard, R.W.** An Affective Model of Interplay Between Emotions and Learning: Reengineering Educational Pedagogy—Building a Learning Companion. **In:** *Proceedings IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*. Madison, WI, USA: IEEE, 2001, pp.43-46. ISBN 0-7695-1013-2. Available from: doi:10.1109/ICALT.2001.943850.
- [108] **Lorenz, A.** Agent-Based Ubiquitous User Modeling. **In:** Ardissono L., Brna P., Mitrovic A., eds. *User Modeling 2005. UM 2005. Lecture Notes in Computer Science*. Vol.3538. Springer, Berlin, Heidelberg, 2005, pp.512-514. ISBN 978-3-540-27885-6. Available from: doi:10.1007/11527886_73.
- [109] **Limongelli, C., Sciarrone, F., Vaste, G.** LS-Plan: An Effective Combination of Dynamic Courseware Generation and Learning Styles in Web-Based Education. **In:**

- Nejdl W., Kay J., Pu P., Herder E., eds. *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. AH 2008. Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 5149. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008, pp.133-142. ISBN 978-3-540-70984-8. Available from: doi:10.1007/978-3-540-70987-9_16.
- [110] **Brookhart, S. M.** Teacher Feedback in Formative Classroom Assessment. **In:** Webber C., Lupart J., eds. *Leading Student Assessment. Studies in Educational Leadership*. Vol.15. Springer, Dordrecht, 2011, pp.225-239. ISBN 978-94-007-1726-8. Available from: doi:10.1007/978-94-007-1727-5_11.
- [111] **Mencar, C., Castiello, C., Fanelli, A. M.** Fuzzy User Profiling in e-Learning Contexts. **In:** Lovrek I., Howlett R.J., Jain L.C., eds. *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems. KES 2008. Lecture Notes in Computer Science*. Vol 5178. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008, pp.230-237. ISBN 978-3-540-85564-4. Available from: doi:10.1007/978-3-540-85565-1_29.
- [112] **Ashman, H., Brailsford, T., Brusilovsky, P.** Personal Services: Debating the Wisdom of Personalisation. **In:** Spaniol M., Li Q., Klamma R., Lau R.W.H., eds. *Advances in Web Based Learning – ICWL 2009. ICWL 2009. Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 5686. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009, pp.1-11. ISBN 978-3-642-03425-1.
- [113] **Hsiao, I. –Han, Brusilovsky, P.** Motivational Social Visualizations for Personalized E-Learning. **In:** Ravenscroft A., Lindstaedt S., Kloos C.D., Hernández-Leo D., eds. *21st Century Learning for 21st Century Skills. EC-TEL 2012. Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 7563. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012, pp.153-165. ISBN 978-3-642-33262-3. Available from: doi:10.1007/978-3-642-33263-0_13.
- [114] **Dāboliņš, J., Grundspenķis, J.** The Role of Feedback in Intelligent Tutoring System. **In:** *Applied Computer Systems*. The Journal of Riga Technical University. Volume 14, Issue 1. Riga: RTU Press, 2013, pp.88-93. ISSN 2255-8691.
- [115] **Woo Woo, C., Evens, M. W., Freedman, R., Glass, M., et al.** An intelligent tutoring system that generates a natural language dialogue using dynamic multi-level planning. **In:** *Artificial Intelligence in Medicine*. Vol. 38, Issue 1. Elsevier B.V., 2006, pp.25-46. Available from: doi:10.1016/j.artmed.2005.10.004.
- [116] **He, Y., Hui, S. C., Quan, T. T.** Automatic summary assessment for intelligent tutoring systems. **In:** *Computers and Education*. Vol. 53, No. 3. Elsevier, 2009, pp.890-899. ISSN 0360-1315. Available from: doi:10.1016/j.compedu.2009.05.008.

- [117] **Anohina-Naumeca, A., Grundspenķis, J.** Evaluating Student's Concept Maps in the Concept Map Based Intelligent Knowledge Assessment System. **In:** Grundspenķis J., Kirikova M., Manolopoulos Y., Novickis L., eds. *Advances in Databases and Information Systems. ADBIS 2009. Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 5968. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010, pp.8-15. ISBN 978-3-642-12081-7. Available from: doi:10.1007/978-3-642-12082-4_2.
- [118] **Roll, I., Aleven, V., McLaren, B. M., & Koedinger, K. R.** Improving student's help-seeking skills using metacognitive feedback in an intelligent tutoring system. **In:** *Learning and Instruction*. Vol. 21, Issue 2. Elsevier Ltd., 2011, pp.267-280. Available from: doi:10.1016/j.learninstruc.2010.07.004.
- [119] **Lee, D. H., Brusilovsky, P.** Reinforcing Recommendation Using Implicit Negative Feedback. **In:** Houben GJ., McCalla G., Pianesi F., Zancanaro M., eds. *User Modeling, Adaptation, and Personalization. UMAP 2009. Lecture Notes in Computer Science*. Vol.5535. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009, pp.422-427. ISBN 978-3-642-02246-3. Available from: doi:10.1007/978-3-642-02247-0_47.
- [120] **Kotarska-Lewandowska, B.** Chosen methods supporting didactics of descriptive. **In:** *The Journal of Polish Society for Geometry and Engineering Graphics*. Volume 24. Gdansk, Poland: Gdansk University of Technology, 2013, pp.15-21. ISSN 1644-9363.
- [121] *Intervija (2017)* Saruna ar CAD/CAM sistēmas Lectra pārstāvjiem Arnoldas Braškys (pārdošanas nodaļas vadītājs Baltijas valstīs) un An Vandenberk (mārketinga speciāliste Ziemeļeiropā), 2017.gada 12.marts.
- [122] *Diskusija (2017)* Tīmekļsemināra diskusija ar CAD/CAM sistēmas Polytropon Pārdošanas vadītāju Rīza Temel www.polytropon.com un CAD/CAM sistēmu izplatīšanas uzņēmuma ekspertu Udo Saul www.amigtex.com, 2017.gada 25.augusts.
- [123] **Dāboliņš, J., Grundspenķis, J.** Intelligent Tutoring System for Learning Graphics in CAD/CAM. **In:** Ēropa V., Bruckner T., eds. *Perspectives in Business Informatics Research. BIR 2016. Lecture Notes in Business Information Processing*. Vol. 261. Springer, Cham, 2016, pp.239-246. ISBN 978-3-319-45320-0. e-ISBN 978-3-319-45321-7. ISSN 1865-1348. Available from: doi:10.1007/978-3-319-45321-7_17.
- [124] **Dāboliņš, J., Grundspenķis, J.** Intelligent Knowledge Assessment for CAD/CAM Systems. **In:** Medvids, A., ed. *Advanced Materials Research*. Vol. 1117. 2015, pp. 287-290. ISSN 1662-8985. Available from: doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.1117.287.

- [125] **Dāboliņš, J.** *Animēto programmatūras aģentu analīze un izstrāde*. Maģistra darbs. Rīga: RTU, 2010, 83 lpp.
- [126] **Johnson, W. L., Rickel, J. W., Lester, J. C.** Animated Pedagogical Agents: Face-to-Face Interaction in Interactive Learning Environments. **In:** *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. Volume 11, Issue 1. 2000, pp.47-78.
- [127] **Clarebout, G., Elen, J., Johnson, W. Lewis** Animated Pedagogical Agents: Where do We Stand? **In:** P. Barker & S. Rebelsky, eds. *Proceedings of ED-MEDIA 2002-World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*. Denver, Colorado, USA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), 2002, pp.306-311.
- [128] **Yanghee, K.** *Pedagogical Agents as Learning Companions: The Effects of Agent Affect and Gender on Learning, Interest, Self-Efficacy, and Agent Persona*. Dissertation. Florida State University, 2004, 156 p.
- [129] *LVS 98:1996* - Informācijas tehnoloģija. Programminženierija. Programmatūras prasību specifikācijas ceļvedis.
- [130] *ISO/IEC/IEEE 29148-2011* - International Standard, Systems and software engineering, Life cycle processes, Requirements engineering. ISBN: 978-0-7381-6591-2.

PIELIKUMI

ATSAUKSME

Ar šo apliecinu, ka Jāņa DĀBOLIŅA izstrādātā intelektuāla mācību sistēma datorizētās projektēšanas sistēmu lietojuma novērtēšanai (turpmāk IMS DPSLN) tika aprobēta RTU MLĶF DTI mācību CAD/CAM laboratorijā 4KP studiju priekšmeta Apģērbu automatizētā projektēšana ietvaros. Studiju priekšmets ir pamatstudiju kurss, kurā studenti tiek iepazīstināti ar CAD/CAM sistēmu specifiku, tajā tiek dots ieskats dažādās sistēmās, to struktūrā un darbībā. Patstāvīgajā darbā tiek attīstītas iemaņas darbā ar datorsistēmām TexDesign, Grafis un Lectra. Aprobācija šajā studiju kursā notika divus semestrus kopā trīs grupām.

J.DĀBOLIŅŠ, uzsākot darbu ar studentiem, (līdztekus plānotajai nodarbībai) īsi iepazīstināja ar IMS DPSLN darbību, demonstrēja to, parādot, ka sistēmas darbība ir netraucējoša darbā ar CAD/CAM sistēmām. Studenti, veicot pārbaudes darbus, īstenoja arī J.DĀBOLIŅA izstrādātās sistēmas aprobāciju.

Pēc pārbaudes darba izpildes gūtā nekavētā atgriezeniskā saite studentiem bija pārsteigums. Neskatoties uz to, ka apmācāmie tika iepriekš informēti par to, ka darbs tiks novērtēts automātiski, atgriezeniskā saite tika atzīta par ļoti interesantu, motivējošu un noderīgu informāciju pat tad, ja students saņēma negatīvu vai zemāku par cerēto vērtējumu.

Iepazīstoties ar sistēmas piedāvāto studentu izpildīto uzdevumu rezultātu analīzi, jāatzīst, ka IMS DPSLN ir tiešām noderīgs un inovatīvs rīks studentu zināšanu pārbaudē. Atgriezeniskās saites cilnē apkopotā informācija un rezultātu analīze dod ieskatu studenta darbībās, ļauj saprast mazāk apgūto, padziļināt izklāstu, akcentējot tieši nepieciešamo mācību vielu.

Lai arī uzdevumu sagatavošana sistēmā, kā jebkurš metodisks process, uzskatāma par rutīnas darbu, tomēr apmācāmo darbību sekošana un rezultātu analīze ir liels ieguvums, jo J.DĀBOLIŅA izstrādātā pieceja risina līdz šim apmācību procesā iztrūkstošo posmu – dod pieceju informācijai par studentu darba efektivitāti, secīgumu un izpildes ātrumu.

Uzteicama ir J.DĀBOLIŅA darba kultūra, ieinteresētība, mērķtiecīgā un radošā pieceja nozares problēmu risināšanā.

Profesore Dr.sc.ing. Ausma VIĻUMSONE

RTU MLĶF DTI Apģērbu un tekstila tehnoloģiju katedra

Rīgā, 2018.gada 25.maijā

2.Pielikums

Polytropon Automation Systems **mārketinga un pārdošanas vadītāja Rıza Temel slēdziens**
par promocijas darbā izstrādātās IMS DPSLN aprobāciju uzņēmumā



Polytropon

Polytropon Bilişim Hizmetleri Ltd. Şti.
Evren Mah. Koçman Cad. No: 54
Ziyal Plaza A Blok Kat: B1/3
34212 Güneşli İstanbul
Tel:+90.212.515 88 66 Fax:+90.212.515 21 51
www.polytropon.com

To whom it may concern

Polytropon is an international team of IT professionals, CAD specialists, and business consultants that has been driving the successful use of technology in the fashion and apparel industries for over 25 years.

As the developers and owners of PolyPattern (CAD) and PolyOrganize (PLM), we have an enthusiasm for developing software that creative professionals love to use. We thrive on creating thinking in our own organization and in the work we do in close partnership with our customers.

I hereby certify that **Janis DABOLINS** on July 4th, 2017 presented his developed intelligent tutoring system's prototype for testing knowledge of CAD/CAM applications users. Found this approach interesting and extremely useful for CAD/CAM learning process.

After the presentation, J.DABOLINS allowed testing of his tool for our team in the process of training end-users and checking the knowledge of employees. We made approbations in two companies, where each CAD user team, from fourteen to twenty-two people, carried out work and training tasks alongside testing the system developed by J.DABOLINS.

Approbation results exceeded the expectations - if past practice shows that customer knowledge cannot be analyzed in detail to help improve their daily work, then the tool used to evaluate the actions, their speed, consistency and logic let identify lacks in knowledge.

I believe that such a tool would be very useful in monitoring the training process of any CAD system. As a company representative, I can say that the integrated calculation of grade is not necessary, because the evaluation of the user's skills of the CAD system is primary in the industry, and options to see the exact performance in designing process are very limited or not at all, in terms of the process of using the CAD system.

Polytropon Automation Systems Ltd.

Rıza Temel

3.Pielikums

Funkciju saraksts sistēmas Grafis 1_uzdevumam

N.p.k.	ID	Funkcijas nosaukums
1.	1001	Rectangle_10_tools
2.	1002	Fulcrum_of_a_line
3.	1003	Relative_lenght
4.	1004	Height
5.	1005	Width
6.	1006	Intersection
7.	1007	Line-between_two_points
8.	1008	Freehand_lineform
9.	1009	Delete
10.	1010	Rectangle_with_width-and
11.	1011	Darts
12.	1012	Vertical_line
13.	1013	Horizontal_line
14.	1014	Reset_N_times
15.	1015	Restor_record
16.	1016	Amount
17.	1017	Test_run
18.	1018	Grading
19.	1019	Part_organisation
20.	1020	Call_basic_blocks
21.	1021	Inserts
22.	1022	Parallel
23.	1023	Corners
24.	1024	Lenghten_shorten
25.	1025	Link
26.	1026	Separate
27.	1027	Rectangle_20_tools
28.	1028	Line_10_tools

N.p.k.	ID	Funkcijas nosaukums
29.	1029	Line_20_tools
30.	1030	Perpendicular_from_point
31.	1031	Line
32.	1032	X_Y_coordinates
33.	1033	Points
34.	1034	Partial_lenght
35.	1035	Points_relative_points
36.	1036	Points_and_lines
37.	1037	Circles_and_rectangles
38.	1038	Points
39.	1039	Points_distance_on_line
40.	1040	Absolute_distance
41.	1041	Points_relative_points_on
42.	1042	Relative_distance
43.	1043	Point_direction_lenght
44.	1044	Lenght
45.	1045	Radius
46.	1046	Fixed_based_direction
47.	1047	Base_direction_with_click
48.	1048	Base_direction_with_dir
49.	1049	Raster
50.	1050	Curves
51.	1051	Transformations
52.	1052	Symbols
53.	1053	Align_parts
54.	1054	Test
55.	1055	Dimension
56.	1056	Call_basic_blocks
57.	1057	Circle_arc_with_centre1
58.	1058	Circle_arc_with_centre2
59.	1059	Circle_10_tools

N.p.k.	ID	Funkcijas nosaukums
60.	1060	Circle_20_tools
61.	1061	Active_rastr
62.	1062	Raster_value
63.	1063	Delete_line
64.	1064	Base_direction_point_to
65.	1065	Zeroise_value_base_direc
66.	1066	Activate_raster2
67.	1067	Zeroise_value_diff_angle
68.	1068	Raster_value_diff
69.	1069	Plus_minus_diff
70.	1070	Attributes

4.Pielikums

Eksperta lietoto funkciju uzskaitījums

#	Funkcija	Piezīmes	Rezultāts
UZDEVUMS ZVAIGZNE			
1.	Points_and_lines	Sākumpunkts: ekrānpunkts - Kr, apstiprināt virzienu "0"-L	Taisnes nogrieznis garums 150 mm "0" virziens
2.		Sākumpunkts: aktivizēt Galapunktu "Pl"- Kr, uzrādīt līnijas kreiso galu- Kr; aktivizēt virziena soli "15"-Kr; izvēlēties virzienu "15"-Kr; apstiprināt virzienu "15"-L	Taisnes nogrieznis garums 100 mm "15" virziens
3.		Atgriezties līdz sākumpunktam- L; uzrādīt līnijas kreiso galu- Kr; izvēlēties virzienu "30"-Kr; apstiprināt virzienu "30"-L	Taisnes nogrieznis garums 100 mm "30" virziens
4.	Transformations	Uzrādīt rotācijas centra punktu – Kr; Ievadīt rotācijas leņķa vērtību "45", apstiprināt (enter). Aktivizēt "parts"- Kr un "+copy"- Kr; Uzrādīt jebkuru līniju- Kr.	+ trīs taisnes nogriežņi ik pēc 15 grādiem
5.		Izvēlēties rotācijas punkta uzrādīšanu "Tp"- Kr. Uzrādīt rotācijas centra punktu – Kr; Ievadīt rotācijas leņķa vērtību "90", apstiprināt (enter).Aktivizēt "parts"- Kr un "+copy"- Kr; Uzrādīt jebkuru līniju- Kr.	+ pieci taisnes nogriežņi ik pēc 15 grādiem
6.		Izvēlēties rotācijas punkta uzrādīšanu "Tp"- Kr. Uzrādīt rotācijas centra punktu – Kr; Ievadīt rotācijas leņķa vērtību "180", apstiprināt (enter).	+ 12 taisnes nogriežņi ik pēc 15 grādiem

#	Funkcija	Piezīmes	Rezultāts
		Aktivizēt “parts”- Kr un “+copy”- Kr; Uzrādīt jebkuru līniju- Kr.	
7.	Test_run		Pārbauda/ pārrēķina visus grafiskos vienumus
UZDEVUMS ČETRSTŪRIS			
8.	Rectangle_with_width-and	Ievadīt platuma vērtību w=100; apstiprināt (enter); Ievadīt augstuma vērtību h=100; apstiprināt (enter); Aktivizēt komandu “P+w+h”- Kr; sākumpunkts (kvadrāta kreisais apakšējais stūris): ekrānpunkts- Kr,	Kvadrāts 100 x 100 mm
9.	Points_and_lines	Aktivizēt Galapunktu “Pl”- Kr, uzrādīt kvadrāta kreiso apakšējo stūri- Kr;uzrādīt kvadrāta labo augšējo stūri- Kr;	Diagonāle
10.		Līdzīgi, kā iepriekš (pretējie stūri)	Diagonāle
11.		Aktivizēt līnijas viduspunktu “50%”- Kr, uzrādīt kvadrāta augšējo līniju- Kr;uzrādīt kvadrāta apakšējo līniju- Kr;	Vertikāle kvadrāta vidū
12.		uzrādīt kvadrāta kreisās malas līniju- Kr; uzrādīt kvadrāta labās malas līniju- Kr;	Horizontāle kvadrāta vidū
13.		Aktivizēt Galapunktu “Pl”- Kr; uzrādīt vertikālās viduslīnijas augšējo galu- Kr; uzrādīt horizontālās viduslīnijas kreiso galu- Kr;	Ievilkts kvadrāts uz stūra
14.		līdzīgi pārējās trīs malas	
15.		līdzīgi pārējās trīs malas	
16.		līdzīgi pārējās trīs malas	
17.		Aktivizēt līnijas viduspunktu “50%”- Kr, uzrādīt ievilkta kvadrāta labo	Ievilkts kvadrāts ievilktajā kvadrātā

#	Funkcija	Piezīmes	Rezultāts
		augšējo malu- Kr; uzrādīt ievilkta kvadrāta kreiso augšējo malu- Kr;	
18.		līdzīgi pārējās trīs malas	
19.		līdzīgi pārējās trīs malas	
20.		līdzīgi pārējās trīs malas	
21.	Perpendicular_from_point	uzrādīt mazā ievilkta kvadrāta augšējo malu- Kr; uzrādīt lielā ievilkta kvadrāta labo augšējo malu- Kr;	Perpendikuli no mazā ievilkta kvadrāta augšmalas vidus pret lielā ievilkta kvadrāta labo augšējo malu;
22.		uzrādīt mazā ievilkta kvadrāta augšējo malu- Kr; uzrādīt lielā ievilkta kvadrāta kreiso augšējo malu- Kr;	Perpendikuli no mazā ievilkta kvadrāta augšmalas vidus pret lielā ievilkta kvadrāta kreiso augšējo malu;
23.		līdzīgi pārējie seši perpendikuli	
24.		līdzīgi pārējie seši perpendikuli	
25.		līdzīgi pārējie seši perpendikuli	
26.		līdzīgi pārējie seši perpendikuli	
27.		līdzīgi pārējie seši perpendikuli	
28.		līdzīgi pārējie seši perpendikuli	
29.	Horizontal_line	Aktivizēt Galapunktu "Pl"- Kr; uzrādīt augšējā labā perpendikula augšējo galu- Kr; uzrādīt labā augšējā perpendikula labo galu- Kr;	Horizontāls taisnes nogrieznis no augšējā labā perpendikula gala pa labi
30.		līdzīgi pārējie trīs nogriežņi	
31.		līdzīgi pārējie trīs nogriežņi	
32.		līdzīgi pārējie trīs nogriežņi	
33.	Vertical_line	uzrādīt augšējā kreisā horizontālā nogriežņa kreiso galu- Kr; uzrādīt kreisā augšējā perpendikula kreiso galu- Kr;	Vertikāls taisnes nogrieznis no augšējā kreisā horizontālā nogriežņa kreisā gala

#	Funkcija	Piezīmes	Rezultāts
			līdz kreisā augšējā perpendikula augšējam galam
34.		līdzīgi pārējie trīs nogriežņi	
35.		līdzīgi pārējie trīs nogriežņi	
36.		līdzīgi pārējie trīs nogriežņi	
37.	Points_and_lines	Aktivizēt vērtības ievadi līnijas garuma % ailē- Kr; Ievadīt līnijas 3/8 garuma punktu “37.5”, apstiprināt (enter) uzrādīt kvadrāta vidus vertikāli, kursora virziens uz leju; uzrādīt kvadrāta vidus horizontāli, kursora virziens pa labi;	Ievilkts kvadrāts 45 ° rotācijā
38.		līdzīgi pārējās trīs malas	
39.		līdzīgi pārējās trīs malas	
40.		līdzīgi pārējās trīs malas	
41.	Test_run		Pārbauda/ pārrēķina visus grafiskos vienumus