

Latvijas Lauksaimniecības universitāte
Tehniskā fakultāte
Izglītības un mājsaimniecības institūts



Mg. paed. **Olafs Vronskis**

**STUDENTU GRAFISKĀS KOMPETENCES ATTĪSTĪBA
TĒLOTĀJAS ĢEOMETRIJAS STUDIJĀS**

**DEVELOPMENT OF STUDENTS' GRAPHICAL COMPETENCE
IN DESCRIPTIVE GEOMETRY STUDIES**

promocijas darba

KOPSAVILKUMS

pedagoģijas doktora (Dr.paed.) zinātniskā grāda iegūšanai
Augstskolas pedagoģijas apakšnozarē

SUMMARY

of the Doctoral thesis in sub-discipline of university pedagogy,
for the scientific degree of Dr.paed.

Author _____

Jelgava 2015

Promocijas darbs izstrādāts Latvijas Lauksaimniecības universitātē laika posmā no 2004. līdz 2014. gadam

Darba zinātniskie vadītāji

Dr.paed., LLU profesore **Baiba Briede**

Dr. sc ing., Dr. paed., asoc. prof. Emeritus **Ilmārs Žanis Klegeris**

Darba recenzenti

Dr.paed., RPIVA profesore **Zenta Anspoka**

Dr.paed., DU profesore **Aleksandra Šlahova**

Dr.paed., RPIVA profesore **Elita Volāne**

Promocijas darbs izstrādāts ESF finansētā projekta *Atbalsts LLU doktora studiju īstenošanai* ietvaros. Vienošanās Nr. 2009/0180/IDP/1.1.2.1.2/09/IPIA/VIAA/017

LLU pedagoģijas zinātnes nozares

Promocijas padomes priekšsēdētāja:

Dr.paed., LLU profesore **Baiba Briede** _____

Promocijas darba aizstāvēšana notiks:

Latvijas Lauksaimniecības universitātes Tehniskās fakultātes Izglītības un mājsaimniecības institūtā, Pedagoģijas zinātnes nozares promocijas padomes atklātajā sēdē 2015. gada 12. martā plkst. 15:00 Jelgavā, J. Čakstes bulvārī 5, 502. auditorijā

Ar promocijas darbu un tā kopsavilkumu var iepazīties:

LLU Fundamentālajā bibliotēkā, Jelgavā, Lielajā ielā 2.

© Olafs Vronskis, 2015

© Latvijas Lauksaimniecības universitāte, 2015

Tirāža 60 eks.

Promocijas darba vispārējs raksturojums

Promocijas darbs sastāv no ievada, trīs nodaļām, secinājumiem, ieteikumiem un 20 pielikumiem. Teorētisko un praktisko atziņu rezultāti ir attēloti 21 tabulā un 61 attēlā. Kopumā analizēti 330 zinātniskās literatūras un avotu vienības latviešu, angļu, vācu un krievu valodā. Darba apjoms 167 lappuses.

Promocijas darba autors ir beidzis Latvijas Lauksaimniecības universitātes (LLU) Tehniskās fakultātes (TF) Izglītības un mājsaimniecības institūta (IMI) pedagoģijas doktora studiju programmu. Kopējais pedagoģiskā darba stāžs ir 12 gadi, no tiem 10 gadi augstskolā – Tehniskajā fakultātē par Mehānikas institūta mācītbspēku (studiju kursi: tēlotāja ģeometrija un rasēšana, tehniskā grafika, inženiergrafika).

Kompetences pētījumu nozīme zināšanu sabiedrības attīstības procesā palielinās, jo arvien būtiskāka kļūst jaunu zināšanu radīšana, uz kuru pamata tiek veidotas jaunas tehnoloģijas un informatīvās vides. Šāda dinamika prasa nepārtrauktu kompetences attīstību tieši no universitāšu absolventiem viņu profesionālajā darbībā un saskarsmē kopumā.

Mūsdienu informatizācijas vidē cilvēks komunicē, izmantojot astoņas pamatkompetenču jomas: komunikāciju dzimtajā valodā, komunikāciju svešvalodā, matemātikas pamatus un pamatkompetences zinātnē un tehnoloģijās, digitālo kompetenci, mācīšanās prasmes, interpersonālās un pilsoniskās kompetences, uzņēmējdarbības un kultūras kompetences (European Commission, 2006). M. Devenporta (Davenport, 2005) atsevišķi nodalījusi grafisko kompetenci, lai apzīmētu telpiskās attiecības, kuras nav iespējams precīzi izteikt vārdos un skaitļos. Grafiskā komunikācija caurvij daudzās jomas mūsdienu pasaulē (Glasgow, 1994), tā kā telpa ir viena no vides dimensijām, cilvēkiem ikdienā jāspēj tajā orientēties, bet šī spēja savukārt ir atkarīga no apkārtējās vides likumsakarību un mijksakarību uztveres un izpratnes (Wickens, Hollands, 1999). Šīs likumsakarības studenti apgūst tēlotājas ģeometrijas studijās, kas veido rasējumu teorētisko un praktisko bāzi tādiem grafiskās valodas virzieniem kā kartogrāfijai, rasēšanai, mašīnbūvei, arhitektūrai un būvniecībai, divu un trīs dimensiju projektēšanai u.c.

Mūsdienīga studiju procesa īstenošana tēlotājas ģeometrijas studijās ir saistīta ar vairāku problēmu risināšanu:

- promocijas darbā nepieciešams pamatot tēlotājas ģeometrijas studijās apgūstamās grafiskās kompetences jēdzienu, attīstības kritērijus, rādītājus un līmeņus, jo grafiskās kompetences attīstība ir jākontrolē un jāvērtē, nepieciešams izpētīt, kādi pedagoģiskie līdzekļi un didaktiskās pieejas ir jāizmanto inženierzinātnēs un arhitektūrā nepieciešamās grafiskās kompetences attīstīšanā;
- atbilstoši mūsdienu jaunākajām informācijas tehnoloģijām docētājam nepieciešams veidot dinamiskus vizualizācijas līdzekļus un kompleksus mācību līdzekļus, kurus students var izmantot gan drukātā, gan elektroniskā veidā, mācoties gan pilna laika, gan nepilna laika studijās, gan arī tālmācības – ar minimālu kontaktstundu skaitu.

Pamatojoties uz pētījuma problēmu, tika formulēta pretruna: inženierzinātņu studentiem jābūt attīstītai grafiskajai kompetencei, bet nav izstrādāts grafiskās kompetences jēdziens un tās attīstības kritēriji, rādītāji un līmeņi, kā arī tēlotājas ģeometrijas didaktiskais modelis, kas būtu izmantojams studentu grafiskās kompetences attīstīšanā.

Minētais pamatojums noteica disertācijas temata “*Studentu grafiskās kompetences attīstība tēlotājas ģeometrijas studijās*” izvēli.

Pētījuma objekts

Tēlotājas ģeometrijas studiju process augstskolā.

Pētījuma priekšmets

Studentu grafiskās kompetences attīstība tēlotājas ģeometrijas, rasēšanas un tehniskās grafikas studijās.

Pētījuma mērķis

Pamatojot studentu grafiskās kompetences jēdzienu, izstrādāt tās attīstības kritērijus, rādītājus un līmeņus un pilnveidot tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiku, pamatojoties uz kognitīvi konstruktīvo un multimedijos balstītu mācību kognitīvo teoriju.

Pētījuma hipotēze

Studentu grafiskā kompetence tēlotājas ģeometrijas studijās attīstās sekmīgāk, ja studiju procesā īsteno tēlotājas ģeometrijas studiju didaktisko modeli un studentus vērtē atbilstoši grafiskās kompetences attīstības kritērijiem, rādītājiem un līmeņiem. Lai pārbaudītu hipotēzi un izpildītu pētījuma mērķi paredzēto pētījuma apjomu, ir formulēti pētījuma uzdevumi.

Pētījuma uzdevumi

1. Pamatojoties uz pedagoģiskās, psiholoģiskās un tehniskās literatūras analīzi:
 - pamatojot studentu grafiskās kompetences jēdzienu un izstrādāt studentu grafiskās kompetences attīstības kritērijus, rādītājus un līmeņus;
 - izstrādāt tēlotājas ģeometrijas studiju didaktisko modeli, kā pamatā ir kognitīvi konstruktīvā pieeja un kas uzsver multimedijos balstīto mācību kognitīvās teorijas izmantošanas nozīmīgumu studiju procesā.
2. Pamatojoties uz tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskā modeļa aprobāciju, pilnveidot tēlotājas ģeometrijas studiju un tehniskās grafikas mācību didaktiskos līdzekļus:
 - universitātē – mācību metodes, grafiskos uzdevumus, grafiskās kompetences attīstības līmeņa pārbaudes darbus, patstāvīgos darbus, e – studiju organizāciju;
 - skolā – mācību metodes, mācību grāmatu, uzdevumu krājumu, skolotāja grāmatu, darba burtnīcu, e – mācību formu.
3. Apkopot empīriskā pētījuma rezultātus, veikt iegūto datu sistematizēšanu, matemātiski statistisko apstrādi, iegūto rezultātu analīzi un izvērtēšanu, izstrādāt ieteikumus grafiskās kompetences attīstīšanai rasēšanas, tehniskās grafikas, tēlotājas ģeometrijas un inženiergrafikas, kā arī citu ar grafisko darbību saistītu studiju kursu docētājiem.

Pētījuma metodes

1. Teorētiskās metodes: zinātniskās literatūras analīze filozofijā, psiholoģijā un pedagoģijā; metodiskās un mācību literatūras analīze rasēšanā, tehniskajā grafikā, tēlotājā ģeometrijā un inženiergrafikā; normatīvo izglītības dokumentu un standartu analīze; praktiskās pedagoģiskās darbības un pieredzes analīze.
2. Empīriskās metodes:
 - 2.1. datu ieguves metodes: aptauja – anketēšana (rakstiskā un elektroniskā); pedagoģiskā novērošana; studentu grafisko darbu, patstāvīgo darbu, grafiskās

kompetences attīstības līmeņa pārbaudes darbu analīze; pedagoģiskais eksperiments;

- 2.2. datu apstrādes metodes: primārās matemātiskās statistikas metodes – pētījuma rezultātu atklāšanai; sekundārās matemātiskās statistikas metodes – slēpto mījsakarību atklāšanai.

Datu apstrādē izmantotas datu apstrādes sistēma SPSS un izklājprogramma MS Excel.

Pētījuma metodiskais un teorētiskais pamatojums

Pētījuma metodiskajam un teorētiskajam pamatojumam izmantotie autori sakārtoti pieaugošā laika secībā.

- *Grafiskās kompetences pamatojums*: J.A. Keller (1993), Н.В. Маркова (1996), P. Renard (2001), Дж. Равен (1999; 2002), F.M. Orthey (1998; 2002), D. Istance (2003), A. Rauhvargers (2005), I. Tiļļa (2005), M. Davenport (2005), Э. Ютумова (2005), I. Maslo (2005, 2006), R. Garleja (2004; 2006), М. Кашапов (2003; 2006), K. Baynes (2011), B. Briede (2003; 2004; 2011), L. Pēks (2011) u.c.
- *Grafisko zināšanu un prasmju pamatojums*: В. Bloom (1956), А. Ботвинников (1979), И. Я. Лернер (1981), R. Gagne (1985), В. Давыдов (1991), Н. А. Галатенко (1994), К. Платонов (1966, 1977, 1994), Г. М. Коджаспирова (2000), А. В. Савицкая (2000), I. Žogla (2001), A. Špona (2001), E. Glasersfeld (1998, 2000, 2001), L. Krathwohl (2001), Ž. Piaže (2002), С. Л. Рубинштейн (1989, 2006), Т Петлина (2007) u.c.
- *Telpiskās domāšanas pamatojums*: J. S. Bruner (1956), E. H. Кабанова-Меллер (1968), А. Ботвинников (1968, 1979, 1983), И. Якиманская (1980; 1989), Б. Ф. Ломов (1991), N. Gage (1991), D. Berliner (1991), U. Van Harmelen (1999), I. Vedins (2000), I. Beļickis (2000), А. Савицкая (2000), R. Garleja (2000), I. Vigotskis (2002) u.c.
- *Attieksmes pamatojums*: D. Krathwohl (1973), В. Bloom (1973), I. Ajzen (1988), R. Gagne (1988), Дж. Равен (1999), Dz. Albrehta (2001), I. Žogla (1998, 2001), Z. Čehlova (2002), A. Špona (2001, 2004, 2006), H. Gudjons (2007), I. Maslo (2006) u.c.
- *Kognitīvi konstruktīvās pieejas pamatojums*: M. Wittrock (1989), N. Gage (1991), D. Berliner (1991), J. G. Brooks (1999), M. G. Brooks (1999), I. Žogla (2001), E. Glasersfeld (1998, 2000, 2001), Ž. Piaže (1969; 2002), J. S. Bruner (1960; 1961), A. Špona (2001) u.c.
- *Multimedijos balstītu mācību kognitīvās teorijas pamatojums*: M. Wittrock (1989), A. Paivio (1986, 1991), P. Chandler (1991), A. Baddeley (1992; 1999), R. Bartsch (2003), K. Cobern (2003), J. Sweller (1991; 2003; 2005), R. Mayer (1994; 2001; 2002; 2003; 2004; 2005; 2008) u.c.
- *Tēlotājas ģeometrijas studiju procesa pamatojums*: Б. М. Ломов (1956), J. S. Bruner (1960, 1961), М. Н. Скаткин (1978), Лернер (1965, 1980), С. Архангельский (1980), J. Babanskis (1985, 1987), N. Gage (1991), D. Berliner (1991), П.И. Пидкасистый (1998), Г. И. Хозяинов (1998), H. Gardner (1993, 1999), В. Давыдов (1972, 1991), I. Beļickis (2000), I. Žogla (1997, 2001), А. Савицкая (2000), I. Maslo (2001), Špona (2001), Z. Čehlova (2001), Dz. Albrehta (2001), Ботвинников (1979, 2003), I. Slaidiņš (2003), I. Katane (2006), А.В. Хуторской (2001, 2007), H. Gudjons (2008), Н. К. Семенова (2008) u.c.

Pētījuma bāze

Latvijas Lauksaimniecības universitātes 709 pirmā kursa studenti, kuriem studiju programmas paredz noslēguma eksāmenu tēlotājā ģeometrijā. Šādas studiju programmas kopā ir sešas: lauksaimniecības inženierzinātņu studiju programma, mašīnu projektēšanas un ražošanas studiju programma, kokapstrādes studiju programma, ainavu arhitektūras studiju programma, vides un ūdenssaimniecības studiju programma un būvniecības studiju programma.

Pirmdatu analīzes daļā bez uzskaitīto studiju programmu studentiem piedalījās arī pārtikas produktu tehnoloģijas studiju programmas studenti, kuri apgūst tēlotāju ģeometriju, bet programma neparedz noslēguma eksāmenu. Tāpat pirmdatu ieguves daļā piedalījās 6 tēlotājas ģeometrijas studiju kursa docētāji no Latvijas Lauksaimniecības universitātes un 123 skolēni no Jelgavas Tehnoloģiju vidusskolas, Jelgavas Spīdolas ģimnāzijas un Jelgavas 5. vidusskolas, kuriem tehniskās grafikas kursa programmā ir 20% tēlotājas ģeometrijas tematu.

Grafiskās kompetences jēdzienu, attīstības kritērijus un rādītājus vērtēja 11 eksperti no Latvijas Lauksaimniecības universitātes, Rīgas Tehniskās universitātes, Rēzeknes Augstskolas un Daugavpils Universitātes.

Pētījuma rezultātus aprobēja arī 38 Latvijas skolu skolotāji projekta „Vispārējās izglītības pedagogu tālākizglītības” ietvaros, pētījuma rezultātus īstenojot tālākizglītības kursā „Tehniskās grafikas skolotāju profesionālo un pedagoģisko kompetenču pilnveide un prasmju atjaunošana”.

Pētījuma posmi

1. posms (2004. – 2008.) pedagoģiskās un psiholoģiskās literatūras par grafiskās kompetences attīstības kritērijiem un tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskā modeļa elementiem analīze; grafiskās kompetences jēdziena teorētiskais pamatojums; grafiskās kompetences attīstības kritēriju, rādītāju un līmeņu izstrāde un tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskā modeļa izstrāde; tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskā modeļa izpēti pirmdatu analīze;
2. posms (2008. – 2013.) tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskā modeļa aprobācija; grafiskās kompetences jēdziena un attīstības kritēriju, rādītāju un līmeņu ekspertēšana;
3. posms (2013. – 2014.) pedagoģisko eksperimentu datu apkopošana, analīze, izvērtēšana un interpretēšana.

Pētījuma robežas

Tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskā modeļa aprobācijā tika iesaistīti:

- Jelgavas Tehnoloģiju vidusskolas, Jelgavas Spīdolas ģimnāzijas un Jelgavas 5. vidusskolas skolēni un 17 Latvijas skolu skolotāji;
- Latvijas Lauksaimniecības universitātes (LLU) Tehniskās fakultātes, Lauku inženieru, Pārtikas tehnoloģijas un Meža fakultātes studenti.

Grafiskās kompetences attīstības jēdziens, attīstības kritēriji, rādītāji un līmeņi ir izstrādāti, analizēti un izvērtēti, iesaistot pētījumā ekspertus no Latvijas Lauksaimniecības universitātes, Rīgas Tehniskās universitātes, Rēzeknes Augstskolas, Daugavpils Universitātes un LLU Lauku inženieru fakultātes studentus.

Promocijas darba struktūra

Promocijas darba struktūru veido ievads, trīs nodaļas un secinājumi, ieteikumi, pateicības, literatūras saraksts un 18 pielikumi. Kopumā analizētas 340 zinātniskās literatūras un avotu vienības latviešu, angļu, vācu un krievu valodā. Teorētisko un praktisko atziņu rezultāti ir attēloti 21 tabulā un 61 attēlos. Promocijas darba apjoms ir 169 lappuses.

Pētījuma zinātniskā novitāte

- Izstrādāts, aprobēts un teorētiski pamatots grafiskās kompetences jēdziens un tās attīstības kritēriji, rādītāji un līmeņi tēlotājas ģeometrijas studijās.
- Izstrādāts, aprobēts un teorētiski pamatots tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskais modelis, noteikta un izvērtēta tā struktūra un saturs.
- Izvērtēta, precizēta un pilnveidota tēlotājas ģeometrijas studiju un tehniskās grafikas mācību priekšmeta didaktika.

Pētījuma praktiskā nozīmība

- Izstrādāts grafiskās kompetences attīstības pedagoģiskās kontroles instrumentārijs tēlotājas ģeometrijas studijās.
- Izstrādāts didaktiskais nodrošinājums, t.sk., tēlotājas ģeometrijas e-studijas.
- Izstrādāts didaktiskais nodrošinājums, t.sk., mācību līdzeklis, uzdevumu krājums, skolotāja grāmata un e-mācības tehniskās grafikas mācību priekšmetam.

Aizstāvēšanai izvirzītās tēzes

- Studentu grafiskā kompetence ir spēja izprast, attēlot, izskaidrot, domāt grafisko attēlu formā, kā arī analizēt un radīt informāciju grafiskā veidā.
- Studentu grafiskās kompetences attīstības līmeņi var noteikt pēc grafisko zināšanu un prasmju, telpiskās domāšanas un attieksmes rādītājiem.
- Studentu grafiskās kompetences attīstība mūsdienīgā studiju procesā tiek veicināta, izmantojot tēlotājas ģeometrijas studiju didaktisko modeli un īstenojot kognitīvi konstruktīvo pieeju un multimedijos balstītu mācību kognitīvo teoriju.

Promocijas darba saturs

Promocijas darba ievadā pamatota temata izvēle, aktualitāte un nozīmība augstskolas pedagogijā, inženierzinātņu un arhitektūras studijās, kā arī raksturota risināmā problēma; noteikts pētījuma objekts, priekšmets, mērķis, uzdevumi un izvirzīta hipotēze. Tālāk seko pētījuma teorētiskais un metodoloģiskais pamatojums, raksturoti pētījuma posmi, bāze, noteikta pētījuma zinātniskā novitāte un praktiskais devums, atklāta pētījuma rezultātu aprobācija un piedāvātas tēzes aizstāvēšanai.

Promocijas darba 1.nodaļā *Studentu grafiskās kompetences jēdziena, attīstības kritēriju, rādītāju un līmeņu pamatojums tēlotājas ģeometrijas studijās* ir noteikts kompetences jēdziens, veidi un pamatoti grafiskās kompetences attīstības kritēriji, rādītāji un līmeņi. 1. nodaļu veido divas apakšnodaļas.

1.1.apakšnodaļā *Studentu grafiskās kompetences jēdziena un tās attīstības kritēriju pamatojums un analīze* izvērtēts kompetences jēdziens un noteikts grafiskās kompetences jēdziens un tās attīstības kritēriji.

Mūsdienu mainīgajos apstākļos studentam ir jāspēj ne tikai analizēt konkrētu situāciju, bet arī pieņemt adekvātu lēmumu (Maslo, 2003). Šī ir jauna pieeja, kurā kompetenci izprot kā audzināšanas ideālu un analītisku kategoriju. A. Rauhvargers (2005) atzīst, ka kompetence ir zināšanu, prasmju un attieksmju kopums, kas kvalificē noteikta veida vai līmeņa uzdevumu veikšanai. M. Čošanovs (Чошанов, 1996) un Dž. Ravens (Равен, 1999) kompetences definīcijā iesaista kritisko domāšanu un dažādus domāšanas paņēmienus, kā arī izpratni par savas darbības atbildību.

Grafiskā kompetence ir spēja domāt, mācīties un izteikties (Braden, Hortin, 1982) grafisko attēlu formā, spēja saprast, attēlot (Aldrich, Sheppard 2000), analizēt, izskaidrot (Leu, Kinzer, Coiro, Cammack, 2004), izmantot un radīt (de Vries, Lowe, 2010) informāciju grafiskā un zīmju veidā. Grafiskā kompetence ir spēja ar grafisko pamatelementu zināšanām saprast grafiskā attēla detaļas un nozīmi (Dondis, 1973). Grafiskā kompetence ir spēja vizualizēt informāciju (Poracsky, Young, Patton, 1999), jo tā ietver vizuālās domāšanas un komunikācijas prasmes (Jolliffe, 1991), ar vizuālo domāšanu saprotot informācijas intelektuālo apstrādi ar grafiskiem attēliem (Olson, 1992), nevis vārdiem.

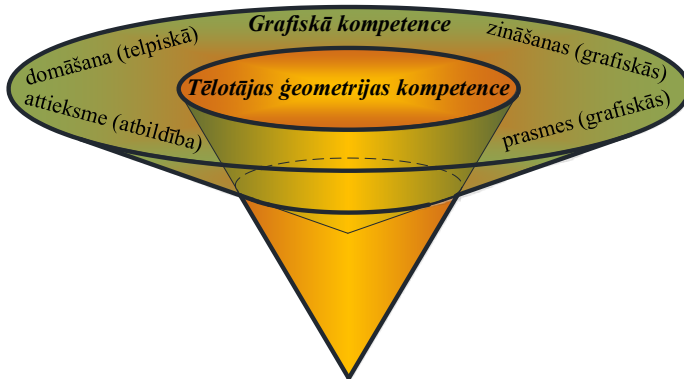
Pamatojoties uz kompetences un grafiskās kompetences pētnieku atziņām, promocijas darba autors grafisko kompetencei definē šādi: **grafiskā kompetence ir spēja izprast, attēlot, izskaidrot, analizēt un radīt informāciju grafiskā veidā (spēja vizualizēt), kā arī spēja domāt grafisko attēlu formā**, bet, pamatojoties uz pētnieku atziņām par kompetenci, promocijas darba autors atzīst, ka tēlotājas ģeometrijas studiju procesā ir nozīmīga pozitīva studenta attieksmes veidošanās.

Analizējot zinātnieku atziņas, promocijas darba autors noteicis šādus grafiskās kompetences attīstības kritērijus: **grafiskās zināšanas, grafiskās prasmes, telpisko domāšanu, attieksmi**.

Grafiskā kompetence ir daudzas jomas aptverošs jēdziens, kura ietvaros nepieciešamas arī zināšanas par telpas objektu tādiem vienkāršojumiem kā dažādām shēmām un grafiskajām pamatkonstrukcijām, tāpēc promocijas darba autors grafisko kompetenci apskata tikai tēlotājas ģeometrijas studiju robežās, jo tēlotājas ģeometrijas kompetence ietilpst grafiskās kompetences sastāvā.

Laī varētu noteikt grafiskās kompetences attīstības līmeni tēlotājas ģeometrijas studijās, nepieciešams noteikt tēlotājas ģeometrijas un grafiskās kompetences kritērijus.

Salīdzinot tēlotājas ģeometrijas kompetenci ar grafisko kompetenci, var secināt, ka tēlotājas ģeometrijas kompetence ir ne tik plašs jēdziens kā grafiskā kompetence (skatīt 1. att.), bet daudz dziļāks, tas saistās galvenokārt ar telpisko domāšanu un spēju saskatīt telpas objektu savstarpējās likumsakarības. Telpiskā domāšana ir daudzās zinātnēs nepieciešamās tehniskās domāšanas tēlainais komponents.



1. att. Grafiskās un tēlotājas ģeometrijas kompetences pakārtotība

Avots: autora konstrukcija

Grafiskās kompetences attīstības līmeņa noteikšanai tēlotājas ģeometrijas studijās nepieciešams noteikt visu kompetences attīstības kritēriju (grafisko zināšanu, grafisko prasmju, telpiskās domāšanas un attieksmes) rādītājus un līmeņus.

1.2. apakšnodalā *Studentu grafiskās kompetences attīstības rādītāju un līmeņu pamatojums* ir izvērtēti un pamatoti grafiskās kompetences attīstības līmeņi un to rādītāji, jo pēc kritēriju rādītājiem var spriest par grafiskās kompetences attīstību (Фанилевна, 2012).

Grafisko zināšanu rādītāju pamatojums

Zināšanu pētnieki (Пидкасистый, 2000; Ильина, 1972; Коджаспирова, 2000; Кабанова Меллер, 1981; Савицкая, 2000; Лернер, 1981; Vedins, 2000; Ивин, 2002; Хуторский, 2001; u.c.) par zināšanu rādītājiem atzīst tādas elementus kā terminus, jēdzienus, faktus, noteikumus, likumus, likumsakarības, vispārīgājumus, teorijas, priekšstatus un paņēmienus. Tāpēc, pamatojoties uz analizēto pedagoģisko literatūru, noteikti šādi galvenie grafisko zināšanu rādītāji tēlotājas ģeometrijas studijās: grafisko terminu zināšana (Ительсон, 2001; Лернер, 1981; Коджаспирова, 2000; Ильина, 1972), definīciju izskaidrošana (Ительсон, 2001; Хуторский, 2001; Лернер, 1981; Ильина, 1972; Пидкасистый, 2000), paņēmieni zināšanas (Glaserfeld, 1998, 2000, 2001; Lundvall, 2000; Johnson, 2000; Хуторский, 2001; Лернер, 1981; Савицкая, 2000; Кабанова-Меллер, 1981; Пидкасистый, 2000) un likumsakarību izpratne (Пидкасистый, 2000; Ильина, 1972; Коджаспирова, 2000; Кабанова-Меллер, 1981; Лернер, 1981;), kuri studiju procesā ir jāuztver, jāizprot un jāieņem, tos sistematizējot un vispārinot. Savukārt, pamatojoties uz B. Blūma (Bloom, 1956), R. Gaņjē (Gagne, 1985) un S. Arhangeļska (Архангельский, 1974)

aprakstītajiem zināšanu līmeņiem un Latvijas universitāšu speciālistu aptauju, promocijas darba autors noteicis grafiskās kompetences attīstības zināšanu līmeņus tēlotājā ģeometrijā.

Grafisko prasmju rādītāju pamatojums

R. Ganjē (Gagne, 1985) atzīst, ka prasmes ir precīza, rūpīga, neatlaidīga un laicīga konkrētā darba izpilde ar rokām. Prasmju attīstība ir atkarīga no zināšanu apguves kvalitātes (Žogla, 2001a) un izpratnes par darbības mērķi, nosacījumiem un izpildes paņēmieniem (Špona, 2001). G. Seļevko (Селевко, 1998) mācīšanās prasmes raksturo kā īpašu studenta kvalitāti, no kā atkarīgs darbību izpildes ātrums un kvalitatīvas grafiskās pamatprasmes, kā arī radošas darbības prasmes. A. Savicka (Савицкая, 2000) ar grafiskajām prasmēm saprot prasmi operēt ar zināšanām, lai izpildītu grafiskās konstrukcijas, un prasmi analizēt un prognozēt detaļu formu un tās izmaiņas.

Promocijas darba autors, pamatojoties uz T. Peļīnas (Петлина, 2007), A. Usovas (Усова, 1982), I. Pļasova (Илясов, Галатенко, 1994), K. Platonova (Платонов, Адаскин, 1966; Платонов, 1994), A. Hļebņikova (Хлебников, 2009), A. Botviņņikova (Ботвинников, 1979), A. Savickas (Савицкая, 2000) u.c. autoru aprakstītajiem prasmju līmeņiem un Latvijas universitāšu speciālistu aptauju, ir noteicis grafisko prasmju līmeņus tēlotājā ģeometrijā, bet par šo līmeņu rādītājiem tika pieņemtas šādas galvenās grafiskās darbības prasmes tēlotājas ģeometrijas studijās: prasmē analizēt un prognozēt (Акин, 1996; Савицкая, 2000; Мичурова, 2004), prasmē operēt ar argūtājām zināšanām (Бабанский, 1987; Мичурова, 2004; Špona, 2001.), grafiskās pamatprasmes (Селевко, 1998; Špona, 2001; Платонов, 1977), radošas darbības prasme (Селевко, 1998; Rubana, 2004).

Telpiskās domāšanas rādītāju pamatojums

Domāšana ir psihisks izziņas darbības process un kognitīvās izziņas procesa pamats, kas aktivizē kognitīvo darbību, tā ir mērķtiecīga vārdu un tēlu garīga manipulācija (Sdorow, 1990), kas īstenojas vārdā (Vigotskis, 2002).

A. Pavlova (Павлова, 2003) sasaista tehnisko domāšanu ar telpisko domāšanu, uzskatot, ka telpiskā domāšana ir prāta darbības veids, kas nodrošina telpisku tēlu izveidi un operēšanu ar tiem praktisku un teorētisku uzdevumu risināšanā.

Telpiskā domāšana ir sarežģīta, pēc dabas amodāla, heterogēna izglītība, kuras galvenā funkcija ir operēšana ar jutīgiem (uzskatāmiem) tēliem, pamatojoties uz tēliem, kuri jau ir cilvēka subjektīvajā pieredzē (Якиманская, 1989). I. Jakimanska (Якиманская, 1980) atzīst, ka spēja izveidot telpiskus tēlus un operēt ar tiem ir nozīmīga grafisko zināšanu un prasmju apguvē. Tēls rodas divu cieši saistītu determinantu – uzskatāmības un darbības – ietekmē un saistībā ar konkrētiem uzdevuma nosacījumiem.

Pamatojoties uz analizēto pedagoģisko literatūru par domāšanas operācijām un veidiem, kā arī I. Jakimanskas tēlu operēšanas tipiem, izstrādāti telpiskās domāšanas rādītāji. Vadoties no A. Vorobjova (Vorobjovs, 1996), B. Lomova (Ломов, 1991) un I. Jakimanskas (Якиманская, 1980) aprakstītajiem domāšanas līmeņiem un Latvijas universitāšu speciālistu aptaujas, promocijas darba autors noteicis telpiskās domāšanas rādītājus grafiskās kompetences attīstības noteikšanai tēlotājā ģeometrijā: spēju operēt ar tēliem, pamatojoties uz reāliem objektiem, pamatojoties uz uzskatāmajiem attēliem, objekta projekcijām, un spēju operēt ar tēliem, mainot tēlu stāvotni.

Attieksmes rādītāju pamatojums

I. Maslo (2006) atzīst, ka cilvēkam vispirms rodas attieksme, kas izraisa darbības vajadzību, un tikai pēc tam rodas nepieciešamība pēc zināšanām un prasmēm.

R. Gaņjē (Gagne, Driscoll, 1988) atzīst, ka attieksmes ir vēl viena mācību rezultātu joma – studenta iekšējais stāvoklis, kas ietekmē rīcības izvēli pret kādu lietu, personu vai notikumu. Piemēram, attieksme pret tēlotājas ģeometrijas studiju kursu ietekmēs studenta grafiskās kompetences attīstību, t.i., vēlmi apgūt grafiskās zināšanas, prasmes un telpisko domāšanu.

A. Špona (2001, 2004, 2006) atzīst, ka attieksmes veidojas pieredzē, zināšanu apguvē, pārdzīvojumā, gribas piepūlē, vajadzībā, motīvu, komunikatīvajā saskarsmē, izpaūzoties vērtībās, mērķos, ideālos un normās, un ir saistītas ar darbību, jo tā cilvēka attieksmi veido par viņa personības reālu, patiesu īpašību, iezīmi, veidojot stabilas intereses, pārlicību, dziļas jūtas, iemaņas fizisku, psiholoģisku un sociālu paradumu veidā.

Promocijas darba autors, vadoties no I. Žoglas (1998), D. Krathvola, B. Blūma un B. Masijas (Krathwohl, Bloom, Masia, 1973) aprakstītajiem attieksmes līmeņiem, pedagoģiskās literatūras analīzes un Latvijas universitāšu speciālistu aptaujas, ir noteicis attieksmes līmeņus tēlotājā ģeometrijā, bet par šo līmeņu rādītājiem tika pieņemti šādi galvenie attieksmes rādītāji tēlotājas ģeometrijas studijās: aktivitāte bez izpratnes vai vienaldzīga, epizodiska programmas apguve (Pавен, 1999; Hutmacher, 1997), neatlaidība vai daļēji argumentēta programmas apguve (Eurydice, 2002), izziņas aktivitāte un atbildība (Briede, Pēks, 2011) un augsta izziņas aktivitāte, atbildība un iniciatīva (Eurydice, 2002; Briede, Pēks, 2011).

Grafiskās kompetences attīstības kritēriju un rādītāju kopsavilkums

2. attēlā redzams grafiskās kompetences attīstības kritēriju un rādītāju kopsavilkums atbilstoši analizētajai pedagoģiskajai un psiholoģiskajai literatūrai un Latvijas universitāšu docētāju viedoklim.



2. att. Grafiskās kompetences attīstības kritēriji un to rādītāji

Avots: autora konstrukcija

Lai attīstītu studentu grafisko kompetenci, nākamajā nodaļā jāanalizē tēlotājas ģeometrijas studiju didaktika un jāizveido tēlotājas ģeometrijas didaktiskais modelis.

Promocijas darba 2. nodaļu Tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskā modeļa pamatojums studentu grafiskās kompetences attīstības veicināšanai veido divas apakšnodaļas.

2.1. apakšnodalā Tēlotājas ģeometrijas studiju didaktikas izvērtējums un izmantošana atbilstoši kognitīvi konstruktīvajai pieejai un multimedijos balstītu mācību kognitīvajai teorijai ir pamatots kognitīvi konstruktīvās pieejas un multimedijos balstītu mācību kognitīvās teorijas principu izmantošanas nozīmīgums tēlotājas ģeometrijas studijās.

Kognitīvi konstruktīvā pieeja tēlotājas ģeometrijas studiju procesā

Kognitīvā konstruktīvisma pārstāvis Ž. Piažē (Пиаже, 1969) akcentē zināšanas, izpratni un prognozēšanu, kā arī informācijas saņemšanas un apstrādes procesus. Kognitīvi konstruktīvās pieejas teorijā mācīšanās nav zināšanu apgūšana, bet gan to konstruēšana. Galvenais noteikums ir tas, ka students interpretē jauno informāciju tikai saskaņā ar savu iepriekšējo pieredzi, kas nozīmē to, ka mācībām jābūt orientētām uz konkrētu studenta problēmu risināšanu.

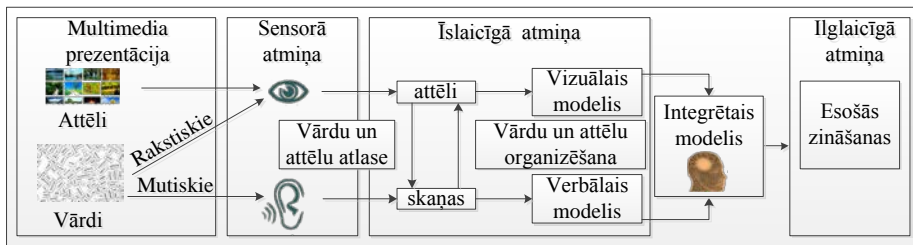
Kognitīvā konstruktīvisma attīstītāji un piekritēji (Пиаже, 1969; Дьюи, 2000; Piaget, 1968; William, Perry, 1999; Briede, 2013) atzīst, ka mācīšanās ir aktīvs process, studijām jābūt aktīvām, patstāvīgām un atbilstošām studentu interesēm, students pats aktīvi un mērķtiecīgi veido zināšanas, bet docētājam ir veicinātāja loma.

Tādējādi tēlotājas ģeometrijas studiju procesā ir jāievēro kognitīvi konstruktīvās pieejas (Briede, 2013; Brooks & Brooks 1999; Gage, Berliner, 1991) galvenās atziņas: docētājs auditorijā veido situāciju, kurā students izvērtē savu viedokli un, izmantojot jaunās zināšanas, konstruē jaunu viedokli par aplūkojamo parādību, tādējādi veicinot studenta mācīšanos; docētājam ir veicinātāja loma, dominē demokrātiskais stils; studenti gan lekciju, gan praktisko nodarbību laikā drīkst izteikt savu viedokli un uzdot jautājumus neatkarīgi no viņu pieredzes, jo tēlotājas ģeometrijas lekcijās studentam ir būtiski uzreiz saprast docētāja teikto, kā arī izteikt savu viedokli, kā viņš ir uztvēris risināmo jautājumu, jo tad docētājs var studenta domu papildināt vai arī pielabot, panākot labāku temata izpratni.

Multimedijos balstītu mācību kognitīvās teorijas izmantošana tēlotājas ģeometrijas studiju procesā

R. Meijers (Mayer, 1994, 2001, 2003, 2005). ir izstrādājis multimedijos balstītu mācību kognitīvo teoriju, kas pamatojas uz A. Paivo (Clark, Paivio, 1991; Paivio, 1986) duālās kodēšanas teoriju, P. Čandlera, J. Svellera un G. Millera (Chandler, Sweller, 1991; Miller, 1956) ierobežoto iespēju teoriju, A. Badeleja (Baddeley, 1992, 1999) īslaicīgās atmiņas modeli un M. Vitroka (Wittrock, 1989) aktīvās mācīšanās teoriju.

R. Meijera (Mayer, 2001, 2005) multimedijos balstītu mācību kognitīvā teorija (skatīt 3.att.) tiek pamatota ar trīs galvenajiem vēstījumiem: eksistē divi atsevišķi uztveres kanāli: audiālais un vizuālais; kanāliem ir ierobežota caurlaides spēja; mācīšana ir aktīvs process, kurš sastāv no informācijas atlases, organizācijas un apvienošanas.



3. att. Multimedijos balstītu mācību kognitīvā teorija

Avots: autora adaptēts pēc (Mayer, 2005)

Multimedijos balstītu mācību kognitīvās teorijas autors R. Meijers (Mayer, 2008; Moreno, Mayer, 2004; Mayer, Fennell, Farmer, Campbell, 2004; Mayer, Sobko, Mautone, 2003; Mayer, Johnson, 2008) ir noteicis arī 10 principus, kas jāievēro šajā pieejā: saskaņošanas principu, signalizēšanas principu, dublēšanas principu, telpiskās sasaistes principu, laika sasaistes principu, segmentācijas principu, pirms mācību sagatavošanās principu, modalitātes principu, multimediju principu, individuālās pieejas principu, jo atbilstoši tiem studentu mācīšanās ir sekmīgāka.

2.2. apakšnodalā *Mācību didaktiskie principi tēlotājas ģeometrijas studiju procesā* ir analizēts, izvērtēts un pilnveidots tēlotājas ģeometrijas studiju process atbilstoši kognitīvi konstruktīvās pieejas principiem.

Tēlotājas ģeometrijas studiju mērķi un uzdevumi atbilst izglītības, attīstības un mērķtiecīguma vienotības principam (Albrehta, 2001).

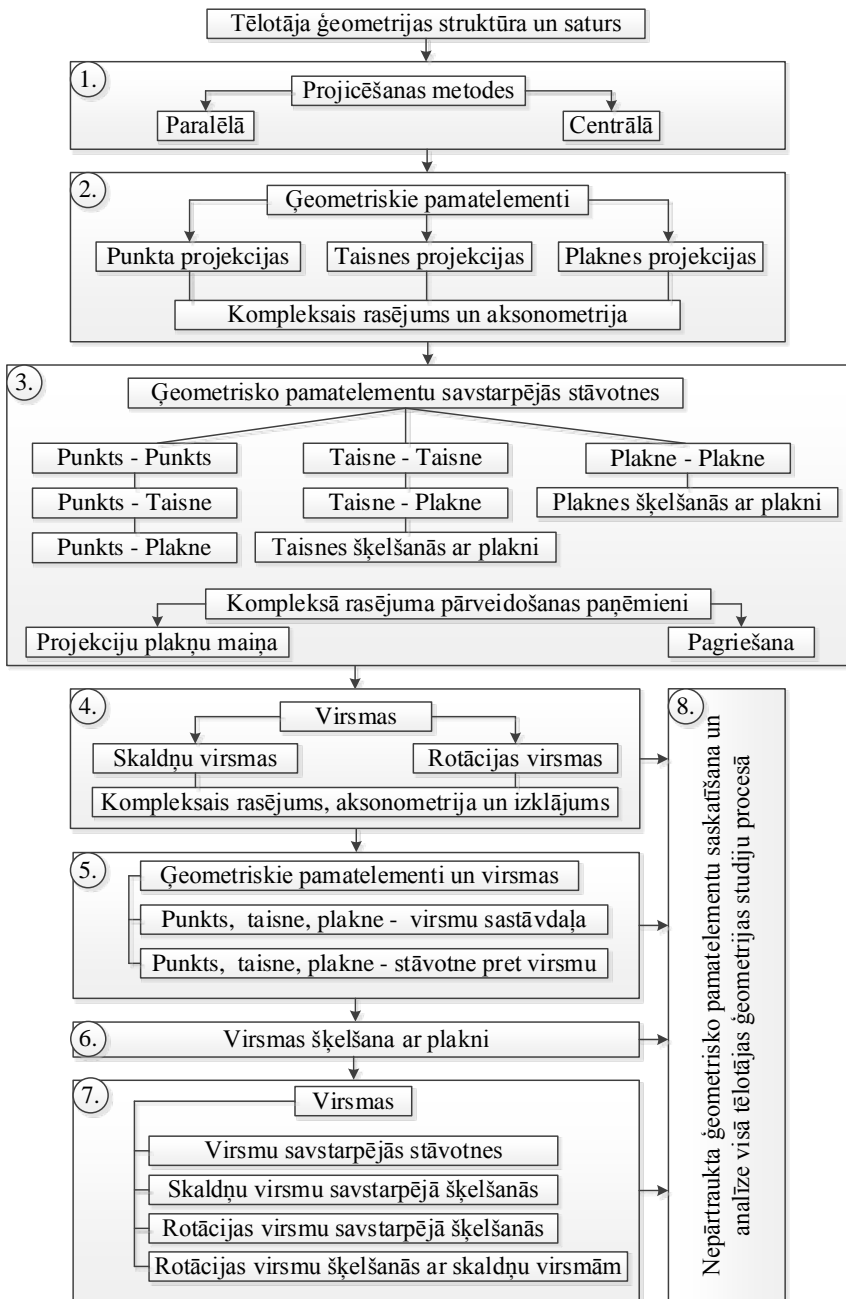
Būtiskākie tēlotājas ģeometrijas studiju mērķi ir: izpratnes pilnveidošana par grafiskās valodas līdzekļiem un grafisko dokumentu noformējuma normām; zināšanu padziļināšana un prasmju pilnveidošana telpisku objektu attēlošanai grafiskā veidā; izpratnes padziļināšana par grafiskās valodas kā internacionāla saziņas līdzekļa nozīmi projektēšanā un projektu īstenošanā dažādās tautsaimniecības nozarēs un ikdienā.

Būtiskākie tēlotājas ģeometrijas studiju uzdevumi ir: vizuāli telpiskās uzveres, izpratnes, iztēles un radošo spēju attīstīšana, bez kā nav iedomājams radošums inženierzinātnēs; telpiskās un loģiski analītiskās domāšanas un prognozēšanas prasmju attīstīšana; izpratnes padziļināšana par tēlotājas ģeometrijas likumsakarību lietojumu dažādās nozarēs; telpisku formu un to savstarpējās stāvotnes analīzes un sintēzes spēju attīstība; tēlotājas ģeometrijas teorētisko zināšanu apgūšana; grafisko uzdevumu patstāvīgas risināšanas prasmju attīstīšana; grafiskās kompetences attīstīšana; grafiskās komunikācijas prasmju attīstīšana; telpisku formu attēlošanas likumsakarību attīstīšana; telpisku formu analizēšanas prasmju attīstīšana; aktīvas mācīšanās savstarpējās sadarbošanās prasmes; atbildīgas un izziņas interesi rosinošas attieksmes veicināšana.

Tēlotājas ģeometrijas studiju process ir mērķtiecīgi organizētas mācīšanas un mācīšanās process, kas notiek ciešā studenta un docētāja mijiedarbībā (Albrehta, 2001). Studiju procesa vadošie komponenti ir studiju mērķis un uzdevumi, kas ietekmē studiju saturu un mācību metodes, organizācijas formas un līdzekļus, tāpēc tēlotājas ģeometrijas studiju procesu nepieciešams organizēt atbilstoši izvirzītajiem mērķiem un uzdevumiem. I. Katane (2006) studiju procesu atzīst kā studiju vidi, kas ir studenta, docētāja un studiju kursa mijiedarbības sistēma, kuras funkcionēšana pakļauta didaktiskajiem mērķiem un kas atrodas dinamiskas stāvoklī.

Tēlotājas ģeometrijas studiju saturs jāizvēlas atbilstoši mācību zinātniskuma un saprotamības principam, sistemātiskuma un secīguma principam un mācību saistījumam ar dzīvi un praksi (Albrehta, 2001)

Tēlotājas ģeometrijas studiju saturiskie elementi atbilst I. Semjonovas (Семёнова, 2008) izvirzītajiem tēlotājas ģeometrijas studiju kursa elementiem, tomēr izklāsta secība un principus promocijas darba autors piedāvā atbilstoši 4. attēlam:



4. att. Tēlotājas ģeometrijas studiju kursa struktūras un satura shēma

Avots: autora konstrukcija

Praktiskās nodarbības ir viena no galvenajām tēlotājas ģeometrijas studiju procesa organizācijas formām, jo students to laikā veido pārlicību par savām zināšanām, prasmēm un kompetencēm. Praktiskajās nodarbībās studentu darbība ir vērsta uz patstāvīgu, vienkāršu un sarežģītu problēmu uzdevumu risināšanu, savukārt docētājam uzmanība ir jāvērs uz studentu grafiskās kompetences attīstību tēlotājas ģeometrijas studijās. A. Savicka (Савицкая, 2000) atzīst, ka grafisko problēmu uzdevumu risināšana ir visu zinātņu, it īpaši dabaszinātņu un inženierzinātņu, kurās izmanto grafisko valodu, organiska sastāvdaļa.

E-studiju organizācijas pamatā ir labi sagatavoti studiju materiāli, kas atbilst multimedijos balstītu mācību kognitīvās teorijas principiem. Promocijas darba autors no tēlotājas ģeometrijas studiju procesā izmanto tradicionālos kursus ar tehnoloģiju elementiem.

Tēlotājas ģeometrijas studijām ir sagatavots elektronisks mācību līdzeklis, kurš izvietots LLU e-studiju vidē. Mācību līdzeklis ir sadalīts pa moduļiem atbilstoši lekciju skaitam tēlotājā ģeometrijā. Katrs modulis sastāv no:

- izdales materiāla (skatīt 5. att.), kurš nepieciešams lekcijas laikā. Izdales materiāls ir speciāli sagatavots ar nepabeigtiem attēliem un nepabeigtu teorētisko daļu – tekstveida informāciju; lekcijas laikā studentiem ir jāpabeidz iesāktie attēli un arī teorētiskā daļa. Nepieciešamo mācību materiālu students pirms lekcijas izdrukā no e-studiju vides;

<p>9.att.</p>	<p>10.att.</p>	<p>Punkts Π_2 plaknē (9. un 10. att.) Ja koordināta, kura izsaka punkta attālumu līdz Π plaknei, ir nulle, bet abas pārējās koordinātas atšķiras no nulles, tad punkts atrodas</p> <p>..... Piemēram, $A(\dots; \dots)$</p>
---------------	----------------	--

5. att. Tēlotājas ģeometrijas lekcijas uzdevums

Avots: autora konstrukcija

- animētas lekcijas – speciāli sagatavotas lekciju grafiskās daļas, ar kuras palīdzību pakāpeniski tiek atrisināta lekcijas sākumā izvirzītā problēma jeb grafiskais uzdevums; šo sadaļu iespējams atvērt tikai pēc lekcijas;
- mācību materiāla (skatīt 6.att.), kāds varētu tikt izveidots noklausoties lekciju; šis materiāls ir pilnībā izpildītas lekcijas paraugs ar pabeigtiem grafiskajiem attēliem un lekcijas teorētisko daļu – tekstveida informāciju; šī sadaļa ir pieejama pirms lekcijas, lai students varētu sagatavot jautājumus, ko uzdot lekcijā;

<p>9. att.</p>	<p>10. att.</p>	<p>Punkts Π_2 plaknē (9. un 10. att.) Ja koordināta, kura izsaka punkta attālumu līdz Π_2 plaknei, ir nulle, bet abas pārējās koordinātas atšķiras no nulles, tad punkts atrodas <u>frontālajā projekciju plaknē</u>. Piemēram, $A(10;0;20)$</p>
----------------	-----------------	---

6. att. Izstrādāts tēlotājas ģeometrijas uzdevums

Avots: autora konstrukcija

- testa (skatīt 7.att.), kuru studentam ir nepieciešams izpildīt studiju kursa studēšanas procesā; ar testa palīdzību students var nostiprināt savas teorētiskās un praktiskās zināšanas, bet nevar noteikt, kāds ir studenta grafisko prasmju līmenis.

Kurš no punktiem atrodas Π_2 plaknē?

<p>Izvēlieties vienu atbildi</p> <p><input type="checkbox"/> A</p> <p><input type="checkbox"/> B</p> <p><input type="checkbox"/> D</p>		

7. att. Tēlotājas ģeometrijas testa uzdevums

Avots: autora konstrukcija

- aptaujas – pēc katra moduļa ir ievietota aptauja, ar kuras palīdzību tiek noskaidrots studentu viedoklis, par attiecīgo moduli.

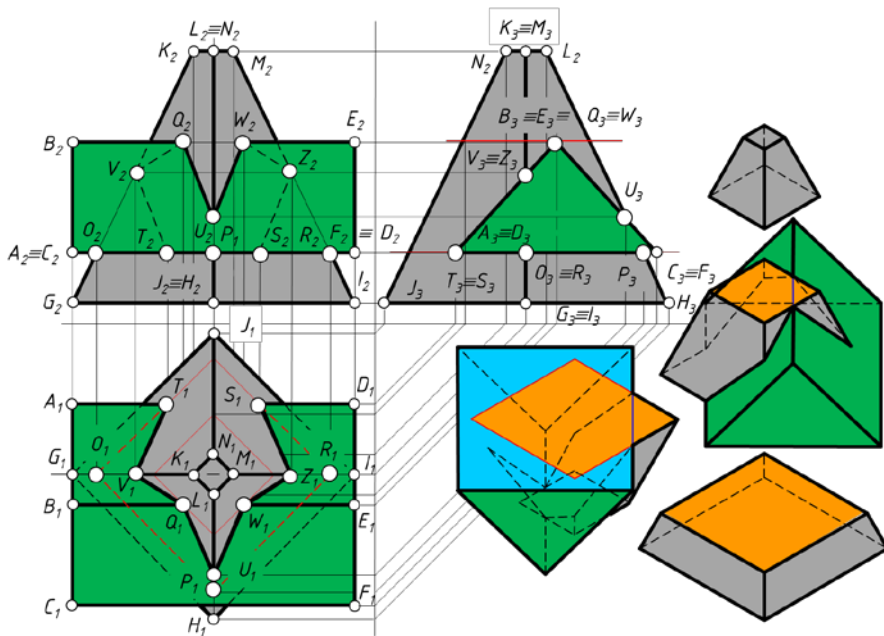
Atgriezeniskā saite, ko var nodrošināt ar testu palīdzību, ir būtiska studiju procesa sastāvdaļa, jo studenti patstāvīgi var noteikt savu zināšanu līmeni (Gee, 2005). Ar testu palīdzību var nostiprināt apgūtās zināšanas un labot maldīgos priekšstatus.

Mācību metodes un tām atbilstošie līdzekļi izvēlēti, pamatojoties uz mācību uzskatāmības un teorētiskās domāšanas attīstības principu, studentu apzinīguma un intelektuālās aktivitātes principu, pozitīva studiju emocionālā fona principu, ievirzi pašizglītībā (Albrehta, 2001) un studentu savstarpējo sadarbību un sadarbību ar docētāju. Atbilstoši kognitīvi konstruktīvajai pieejai būtiskākās, tēlotājas ģeometrijas studijās izmantojamās metodes ir aktīvās mācību metodes, lekcijas un problēmu uzdevumi. N. Semjonova (Семенова, 2008) atzīst, ka grafisko disciplīnu studiju procesā ir jāizmanto

aktīvās mācību metodes – problēmjautājumi, heuristiska saruna, problēmu uzskates līdzekļi, izziņas spēļu metode, mācību projektu metode, analīzes metode dzīves situāciju nodarbībās –, turklāt problēmjautājumi jāuzdod tā, lai studenti nevis vienkārši atbildētu apgūto mācību materiālu, bet radoši operētu ar iepriekš apgūtajām zināšanām jaunās problēmas atrisināšanā.

Tēlotājas ģeometrijas lekciju īpatnība ir tāda, ka tajā tiek apvienotas gan verbālās, gan uzskatāmības metodes. Lekcija tiek pamatota uz konkrēta grafiskā problēmu uzdevuma kolektīvu atrisināšanu, vienlaikus uzsverot šāda tipa uzdevu teorētiskās īpatnības. Uzskates mācību metodes izmantošanai tēlotājas ģeometrijas lekciju laikā ir vislielākā nozīme, jo no grafisko uzdevumu risinājuma gaitas uzskatāmības ir atkarīga to izpildes precizitāte un arī izpildes izpratne.

Tēlotājas ģeometrijas lekcijās, kurās tiek analizētas sarežģītas figūras (skatīt 8.att.), vispirms nepieciešams tās apskatīt kopveselumā un pēc tam sadalīt pamatelementos, t.i., apskatīt, no kādas stāvotnes taisnēm un plaknēm sastāv konkrētā figūra, vai kāda no šīm taisnēm vai plaknēm attēlojas patiesā lielumā, vai šo plakņu un taisņu veidotie leņķi ar projekciju plaknēm ir patiesā lielumā, un tikai pēc tam var sākt risināt uzdevumu. Šāda veida uzdevuma organizācija veicina telpiskās domāšanas pilnveidi, jo sākotnēji tiek veidota dziļāka izpratne par leņķu, plakņu un taisņu savstarpējām stāvotnēm un tikai pēc tam tiek analizēts, kādā veidā uzdevuma risināšanā papildus konkrētajām uzdevumu risināšanas metodēm un paņēmieniem var izmantot šīs pamatelementu īpašības. Studenti domās apvieno trīs projekcijas, t.i., sintezē un domās veido objektu telpisku.



8. att. Četrstūra piramīdas un trīsstūra prizmas savstarpējā šķelšanās

Avots: autora konstrukcija

Kad students, izmantojot salīdzināšanas operācijas, ir sapratis visu projicējošo, līmeņa un vispārīgas stāvotnes pamatelementu būtību, viņš tos spēj klasificēt un pēc šīs klasifikācijas, vēl nesalīdzinot, zināt, ka visu projicējošo plakņu krustpunkti ar taisnēm ir redzami projekciju plaknēs, kur šīs plaknes attēlojas kā taisnes, pret kurām šīs plaknes ir perpendikulāras.

Analizējot pedagoģisko literatūru, tika izvēlēta tēlotājas ģeometrijas studiju kursam atbilstošāko mācību līdzekļu klasifikācija un iedalījums. Vadoties no vairāku autoru (Окунь, 1990; Пидкасистый, 1998; Хуторской, 2001; Савченко, 2009) klasifikācijas, promocijas darba autors izvēlējās šādus klasifikāciju:

- pēc kopīgajām īpašībām: drukātie mācību līdzekļi un e-studiju līdzekļi;
- pēc grupām: tehniskie mācību līdzekļi un palīg līdzekļi, vizuālie uzskates līdzekļi.

Tēlotājas ģeometrijas studijās mācību līdzekļi tiek izmantoti atbilstoši materiāli tehniskajam nodrošinājumam, studentu sagatavotības līmenim, studentu daudzumam, vecumposma īpatnībām, motivācijas līmenim, studiju kursa docēšanas īpatnībām, docētāja kvalifikācijas un personīgajām īpašībām. Turklāt, izvēloties konkrēto mācību līdzekli jāņem vērā studentu emocionālais stāvoklis un grafiskās kompetences attīstības līmenis.

Studentu grafiskās kompetences attīstības pedagoģiskā kontrole un vērtēšana

Uzsākot tēlotājas ģeometrijas studijas, tiek izmantota ievada kontrole, savukārt, beidzot tēlotājas ģeometrijas studijas, notiek summatīvā vērtēšana, ko veido formatīvās vērtēšanas veidu kopsumma. Tēlotājas ģeometrijas studiju procesā tiek izmantota studentu formatīvā vērtēšana, kurā ietilpst kārtējā un periodiskā kontrole.

Atbilstoši grafiskās kompetences attīstības kritēriju un rādītāju analīzei noteikti grafiskās kompetences attīstības līmeņi tēlotājā ģeometrijā (skatīt 1. tabulu).

1. tabula

Grafiskās kompetences attīstības kritēriji, rādītāji un līmeņi

Grafiskās kompetences attīstības līmenis, ballēs		Grafiskās kompetences attīstības kritēriji	Grafiskās kompetences attīstības rādītāji
Nepietiekams 1-3	Apmēriņošs 4-6	grafiskās zināšanas	terminu zināšana
		grafiskās prasmes	grafiskās pamatprasmes
		telpiskā domāšana	spēja operēt ar tēliem, pamatojoties uz reāliem objektiem
Labs 7-8	Teicams 9-10	attieksme	aktivitāte bez izpratnes vai vienaldzīga, epizodiska programmas apguve
		grafiskās zināšanas	definīciju izskaidrošana
		grafiskās prasmes	prasme operēt ar zināšanām
		telpiskā domāšana	spēja operēt ar tēliem, pamatojoties uz uzskatāmajiem attēliem
		attieksme	neatlaidība vai daļēji argumentēta programmas apguve
		grafiskās zināšanas	paņēmienu zināšana
		grafiskās prasmes	prasme analizēt un prognozēt
		telpiskā domāšana	spēja operēt ar tēliem, pamatojoties uz objekta projekcijām
		attieksme	izziņas aktivitāte un atbildība
		grafiskās zināšanas	likumsakarību izpratne
		grafiskās prasmes	radošas darbības prasme
		telpiskā domāšana	spēja operēt ar tēliem, pamatojoties uz ģeometrisko pamatelementu stāvotnes maiņu
		attieksme	augsta izziņas aktivitāte, atbildība un iniciatīva

Avots: autora konstrukcija

Atbilstoši studentu grafiskās kompetences attīstības kritērijiem, rādītājiem un līmeņiem promocijas darba autors atzīst, ka

9 un 10 balles students iegūst, ja:

- ir apguvis zināšanas un prasmes tādā līmenī, ka mācību saturu uztver, iegaumē, apgūst, to izprot, kā arī patstāvīgi izmanto jaunu zināšanu apguvei un radošu uzdevumu risināšanai ar objektu pārveidošanu;
- analizē un teorētiski pamato netipiskas situācijas;
- prot risināt dažādas problēmas, saskatīt un izskaidrot likumsakarības;
- patstāvīgi izsaka savu viedokli, definē vērtējuma kritērijus, paredz sekas;
- prot novērtēt atšķirīgu viedokli, veicina sadarbību mācību problēmu risināšanā;
- bez palīgīdzekļiem operē ar telpiskiem objektiem;
- operē ar telpisku objektu tēliem, mainot ģeometrisko pamatelementu stāvotnes, prot uzkonstruēt objekta trūkstošās projekcijas un noteikt tā stāvotni, lielumu, leņķus un attālumus;
- aktīvi un atbildīgi izpilda visus docētāja uzdotos uzdevumus;
- rasējumu noformē atbilstoši standartu prasībām.

7 un 8 balles students iegūst, ja:

- ir apguvis un izpratis mācību saturu pilnā apjomā, to izprotot, izmanto visus tēlotājā ģeometrijā mācītos uzdevumu risināšanas paņēmienus, atšķir būtisko no mazsvarīgā, zina un var definēt jēdzienus, galvenos likumus, formulē atpazīšanas noteikumus;
- izmanto zināšanas un prasmes pēc parauga, analogijas vai pazīstamā situācijā, veic tipveida un kombinētus mācību uzdevumus, analizē un prognozē uzdevumu risinājumus;
- grafiskos darbus izpilda patstāvīgi un kvalitatīvi, prot virspusēji tos analizēt;
- ir grūtības operēt ar telpiskiem objektiem, pašam izvēloties nepieciešamos palīgīdzekļus; operē ar telpisku objektu tēliem, izmantojot to projekcijas;
- studiju kursa satura pamatjautājumos pauž personisko attieksmi, aktīvi piedalās izziņas procesā;

4 – 6 balles students iegūst, ja:

- ir iepazinis norādīto mācību saturu, atšķir būtisko no mazsvarīgā, zina terminus un var definēt jēdzienus, ar nelielu palīdzību risina tipveida uzdevumus, atpazīst apgūstamos objektus citu objektu virknē;
- tēlotājas ģeometrijas studiju kursa saturu izklāsta pietiekami skaidri un saprotami, bet reti atšķir būtisko no mazsvarīgā;
- ar telpiskiem objektiem operē ar grūtībām, operāciju izpildes procesā saņemot palīdzību un norādījumus par nepieciešamajiem palīgīdzekļiem, operē ar telpisku objektu tēliem, izmantojot to uzskatāmos attēlus vai aksonometriskās projekcijas;
- ir apguvis sadarbības un saziņas prasmi, grafiskos darbus risina regulāri.

1, 2 un 3 balles students iegūst, ja:

- mācību saturu tikai uztver un atpazīst, bet apgūst nepietiekamu satura apjomu (mazāk nekā 50 %), veic primitīvus uzdevumus tikai pēc parauga labi pazīstamā situācijā, bez kļūdām veic tikai daļu uzdevumu;
- atpazīst tēlotājā ģeometrijā izmantojamus terminus, bet nespēj noteikt to īpašības un pazīmes un neprot analizēt grafisko darbu;
- telpiskos objektus atpazīst, bet operē ar tiem neprot;

- mācību saturu izklāsta, bet citiem nesaprotami, reti atšķir būtisko no mazsvarīgā;
- uzdevumu risināšanā nav zinātniskas pieejas, tādēļ ne vienmēr uzdevums tiek atrisināts pareizi;
- lai students spētu darboties ar objektu tēliem un uzkonstruēt objektu projekcijas, nepieciešami reāli objektu modeļi;
- spēj strādāt tikai ar citu studentu vai docētāja palīdzību.

Tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskais modelis

Pamatojoties uz pedagoģiskās un psiholoģiskās literatūras analīzi, tēlotājas ģeometrijas studiju docētāju un promocijas autora personīgo pieredzi gan universitātē, gan arī skolā, tika izmantots izveidotais tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskais modelis, kura grafiskais attēlojums redzams 9. attēlā.

Tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskais modelis veidots, ievērojot kognitīvi konstruktīvās pieejas pamatprincipus. Šie pamatprincipi tika ievēroti, izvēloties mācību mērķus un uzdevumus, mācību saturu, principus un metodes, kā arī veidojot mācību līdzekļus. Multimedijos balstītu mācību kognitīvās teorijas principi tika integrēti lekciju kursā un organizējot e – studijas, bet kognitīvi konstruktīvās pieejas principi tika izmantoti visā tēlotājas ģeometrijas studiju procesā. Tāpat tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskā modelī tika iekļauti visi studiju procesa posmi: metodoloģiskā, saturiskā, organizatoriskā, kontroles un vērtēšanas daļa (skatīt 9.att.).

Tēlotājas ģeometrijas studiju process tiek organizēts lekciju, praktisko nodarbību, e-studiju un konsultāciju veidā. Gan lekcijās, gan praktiskajās nodarbībās, gan e-studiju organizācijā tiek izmantoti kognitīvi konstruktīvās pieejas un multimedijos balstītu mācību kognitīvās teorijas principi. Studiju procesā docētājs mijiedarbībā ar studentiem, katra temata apguvei izmanto nepieciešamos mācību līdzekļus, t.sk., promocijas darba autora organizētās e- studijas, bet skolā, tehniskās grafikas mācību procesā – mācību grāmatu, uzdevumu krājumu un skolotāja grāmatu, kuru tapšanā promocijas darba autors piedalījās kā līdzautors, un promocijas darba organizētās e-mācības.

Sekmes tēlotājas ģeometrijas studiju kursā ir atkarīgas no zināšanu, prasmju un kompetences līmeņa tādos mācību priekšmetos kā fizikā un matemātikā, līdz ar to tiek izdarīta ievadkontrolle, noskaidrojot studentu sākotnējās prasmes. Formatīvā vērtēšana notiek, izmantojot heuristikās metodes un individuālus grafiskās kompetences attīstības līmeņa pārbaudes darbus, savukārt summatīvā kontrolle ir formatīvās vērtēšanas veidu kopsumma.

Tā kā tēlotāja ģeometrija ir inženiergrafikas gramatika, tad tās studijas veido pamatu studiju kursiem, kuros nepieciešamas izmantot grafiskās zināšanas un prasmes.

Būtiskākie kognitīvi konstruktīvās pieejas principi:
Atslēgas vārdi: zināšanas, izpratne, prognozēšana, informācijas saņemšana un apstrāde, aktivitāte, pieredze, radošums, patstāvīgums un atbildība studentu interesēm.
Principi: mācīšanās ir aktīvs un radošs ar nozīmi process; mācībām jābūt reālā dzīvē balstītām; students pats aktīvi konstruē savas zināšanas un izmanto savu pieredzi; pozitīva savstarpējo emocionālo attiecību veidošanās; docētājam galvenokārt ir mācīšanās veicinātāja loma.

Multimedijās balsītu mācību kognitīvās teorijas atslēgas vārdi:
 Saskaņošana, signalizēšana, dublēšana, aplēšana, telpiskā saiste, laika saiste, segmentācija, pirms mācību sagatavošanās, modalitāte, multimediju princips, individuālā pieeja.

Būtiskākie mācību didaktisko principu atslēgas vārdi tēlotājas ģeometrijas studijās:
 Mērķtiecīgums, saprotamība, zinātniskums, sistematiskums, regularitāte, secīgums, objektivitāte, saistība ar dzīvi, uzskatāmība, atbildība, aktivitāte, zināšanu noturīgums.



9. att. Tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskais modelis

Avots: autora konstrukcija

Izveidotā tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskā modeļa novitātes:

1. kognitīvi konstruktīvā pieeja – kognitīvi aktīvās mācīšanās, pieredzes organizācija un pašorganizācija ir pamats tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskā modeļa elementu izvelei;
2. multimedijos balstītu mācību kognitīvā teorija, kas pamatota ar duālās kodēšanas teoriju un vizualizācijas iespēju izmantošanu studiju procesā, ir pamats tēlotājas ģeometrijas studiju mācību līdzekļu izveidei;
3. tēlotājas ģeometrijas studiju satura, mācību principu, metožu sistēmiska izmantošana kopveselumā universitātes noteiktajās studiju organizācijas formās atbilstoši katrai studiju programmai speciāli sagatavotiem mācību līdzekļiem veicina studentu grafiskās kompetences attīstību tēlotājas ģeometrijas studijās.

Promocijas darba 3. nodaļu *Tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskā modeļa empiriskie pētījumi* veido divas apakšnodaļas.

3.1. apakšnodaļā *Tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskā modeļa izpētes pirmdatu analīze* veikti pieci pētījumi, lai noskaidrotu pastāvošo didaktisko pieeju efektivitāti lekciju, praktisko nodarbību un pārbaudes darbu laikā un iespējamās didaktiskā modeļa uzlabošanas virzienus.

Pirmajā pētījumā noskaidrots, ka interaktīvas mācību programmas nepieciešamas studentu patstāvīgam darbam, lai sagatavotos nodarbībām.

Otrajā pētījumā noskaidroti studentu atbalstītākie testu veidi, ko varētu izmantot e-studiju organizācijā, kā arī studentiem vispieņemamākie vērtēšanas veidi.

Trešajā pētījumā izzināts studentu izpratnes līmenis dažādos tēlotājas ģeometrijas studiju tematos, lai noskaidrotu tematus, kuriem īpaši nepieciešams izstrādāt mācību līdzekļus, lai paaugstinātu šo tematu izpratnes līmeni.

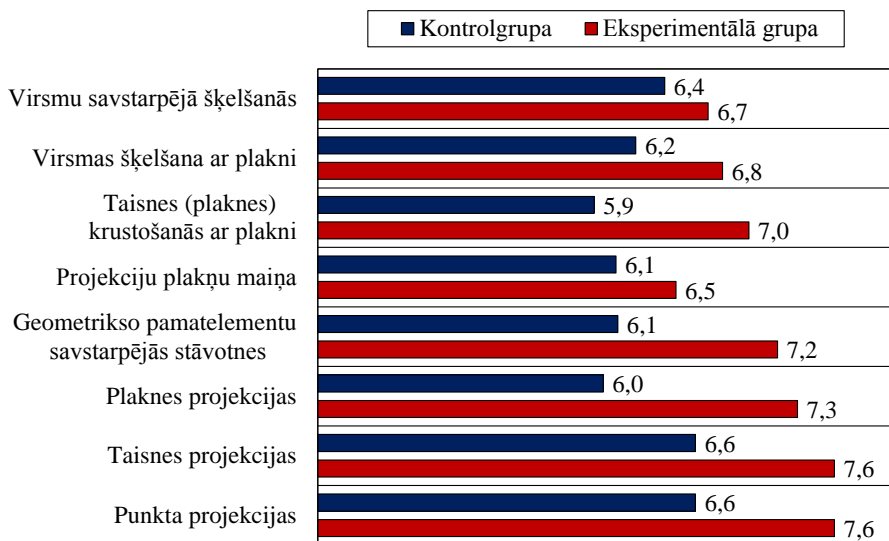
Ceturtajā pētījumā noskaidroti tehnisko līdzekļu veidi, kurus studenti vēlētos redzēt izmantotus studiju procesā.

Piektā pētījuma mērķis ir novērot tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskā modeļa izmantošanas lietderīgumu vidējās mācību iestādēs. Lai īstenotu pētījumu, tika sagatavota mācību grāmata, uzdevumu krājums, skolotāja grāmata tehniskajā grafikā, kā arī izveidots e-studiju kurss tehniskajā grafikā.

3.2. apakšnodaļā *Tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskā modeļa izpētes un grafiskās kompetences attīstības kritēriju un rādītāju izpētes eksperimentālo datu analīze* veikti četri pētījumi, lai noskaidrotu tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskā modeļa un grafiskās kompetences jēdziena, attīstības kritēriju, rādītāju un līmeņu izmantošanas lietderīgumu tēlotājas ģeometrijas studijās.

Sestā pētījuma mērķis bija noskaidrot tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskajā modelī izmantotās kognitīvi konstruktīvās pieejas un multimedijos balstītu mācību kognitīvās teorijas ietekmi uz grafiskās kompetences attīstībai nepieciešamo izpratni par tēlotājas ģeometrijas studijās aplūkotajiem terminiem, jēdzieniem, paņēmieniem un likumsakarībām. Pētījumā var secināt, ka starp kontrolgrupas un eksperimentālās grupas respondentiem pastāv būtiskas atšķirības tēlotājas ģeometrijas terminu, definīciju, paņmienu un likumsakarību izpratnē. Tas nozīmē, ka kognitīvi konstruktīvās pieejas un multimedijos balstītu mācību kognitīvās teorijas izmantošana tēlotājas ģeometrijas studijās būtiski ietekmē studentu izpratni par tēlotājas ģeometrijas studiju tematiem.

Lai pārlicinātos par to, vai studentu pašvērtējums atbilst reālajai studentu grafiskajai kompetencei, tika veikta dokumentu analīze, kuras mērķis – noskaidrot studentu grafiskās kompetences attīstības līmeni aplūkotajos tematos.



10. att. Tēlotājas ģeometrijas tematu izpratnes vidējais aritmētiskais vērtējums

Avots: autora pētījumu rezultāti

Salīdzinot studentu pašvērtējumu par tēlotājas ģeometrijas studiju tematu apguvi ar vērtējumiem 10 ballu skalā (skatīt 10.attēlu), ko studenti saņēmuši no docētājiem, var secināt, ka izpratne par tēlotājas ģeometrijas tematiem ir atšķirīga.

Arī pēc dokumentu analīzes var secināt, ka pastāv būtiskas atšķirības starp kontrolgrupu un eksperimentālo grupu. Lai veiktu divu paraugkopu (kontrolgrupas un eksperimentālās grupas) salīdzināšanu un noteiktu, vai atšķirības starp tām ir statistiski nozīmīgas, tika izmantots t-tests divu neatkarīgu paraugkopu vidējo salīdzināšanai.

Tā kā $t_{\text{fakt.}} = 4.86195 > t_{\text{krit.}} = 2.14479$ un abpusējās alternatīvas p-vērtība $= 0.03471 < 0.05$, tad ar 95% varbūtību var secināt, ka starp kontrolgrupas un eksperimentālās grupas respondentiem pastāv būtiskas atšķirības tēlotājas ģeometrijas terminu, definīciju, paņēmienu un likumsakarību izpratnē. Tas nozīmē, ka tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskā modeļa izmantošana būtiski ietekmē tēlotājas ģeometrijas tematu izpratni.

Septīnā pētījuma mērķis bija pārbaudīt teorētiskajā pētījumā izstrādāto tēlotājas ģeometrijas studiju didaktisko modeli.

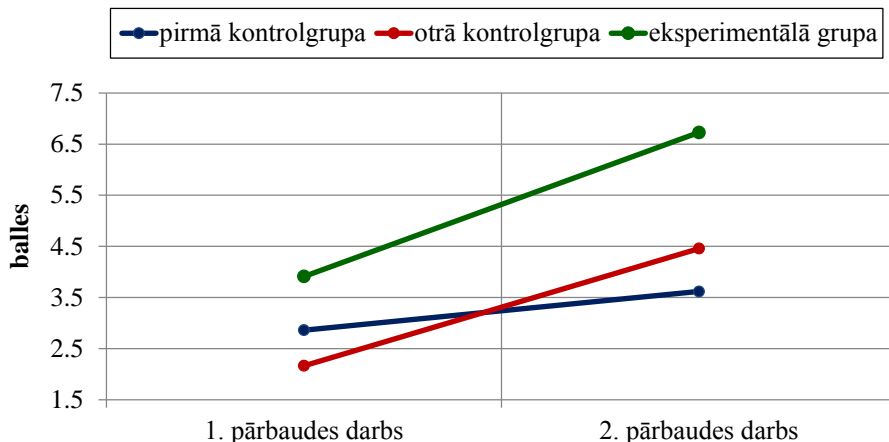
11. attēlā ir redzams, kā mainās studentu grafiskās kompetences attīstības līmenis kontrolgrupās un eksperimentālajā grupā, salīdzinot pirmās un otrās grafiskās kompetences attīstības līmeņa vidējos aritmētiskos vērtējumu.

Kontrolgrupā, kurā tēlotājas ģeometrijas studiju procesā izmanto docētāju brīvi izvēlētās mācību metodes, studentu pirmās grafiskās kompetences attīstības līmeņa

pārbaudes vidējais aritmētiskais vērtējums ir 2.9 balles, bet otrās pārbaudes vidējais aritmētiskais vērtējums ir 3.6 balles.

Kontrolgrupā, kuras docētāji izmanto brīvi izvēlētās mācību metodes un multimedijos balstītu mācību kognitīvās teorijas elementus, pirmās grafiskās kompetences attīstības līmeņa pārbaudes vidējais aritmētiskais vērtējums ir 2.2 balles, bet otrās pārbaudes vidējais aritmētiskais vērtējums ir 4.5 balles.

Eksperimentālajā grupā, kurā docētājs tēlotājas ģeometrijas studiju procesā izmanto pilnībā izstrādātu tēlotājas ģeometrijas studiju didaktisko modeli, pirmās grafiskās kompetences attīstības līmeņa pārbaudes vidējais aritmētiskais vērtējums ir 3.9 balles, bet otrās pārbaudes vidējais aritmētiskais vērtējums ir 6.7 balles..



11. att. Studentu grafiskās kompetences attīstības tendence

Avots: autora pētījumu rezultāti

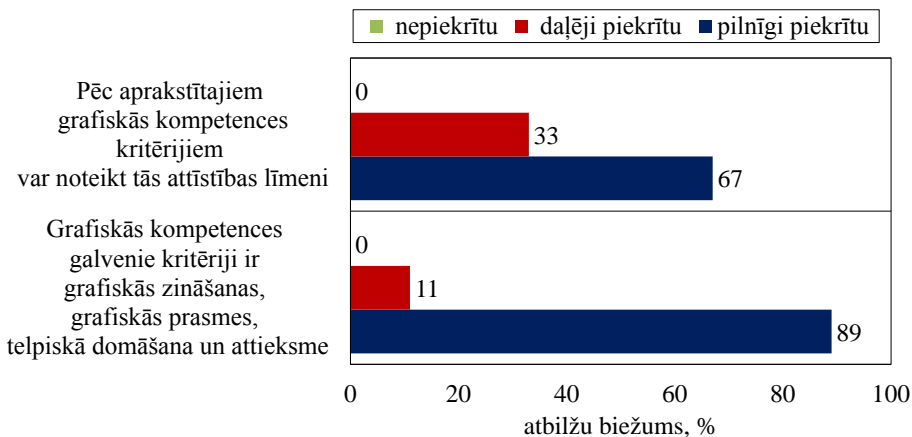
Lai veiktu divu paraugkopu (1. periodiskās pārbaudes darbs un 2. periodiskās pārbaudes darbs) salīdzināšanu un noteiktu, vai atšķirības starp tām ir statistiski nozīmīgas, tika izmantots t-tests divu neatkarīgu paraugkopu vidējo salīdzināšanai.

Tā kā $t_{\text{fakt.}} = 3.14422 > t_{\text{krit.}} = 2.77645$ un abpusējās alternatīvas p-vērtība $= 0.03471 < 0.05$, tad ar 95% varbūtību var secināt, ka studentu grafiskās kompetences attīstība 1. pārbaudes darbā būtiski atšķiras no studentu grafiskās kompetences attīstības 2. pārbaudes darbā. Salīdzinot abus periodiskās pārbaudes darbus, var secināt, ka studentu grafiskās kompetences attīstība būtiski atšķiras.

Astotajā pētījumā tika noskaidrots studentu viedoklis par tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskā modeļa un grafiskās kompetences attīstības kritēriju, rādītāju un līmeņu izmantošanu tēlotājas ģeometrijas studiju procesā. Pēc respondentu atbildēm var secināt, ka promocijas darba autora izveidotais tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskais modelis un studentu grafiskās kompetences attīstības kritēriju, rādītāju un līmeņu izmantošana tēlotājas ģeometrijas studiju procesā studentus apmierina.

Devītā pētījuma pirmajā daļā tika ekspertēts tēlotājas ģeometrijas studiju procesā izmantotais studentu grafiskās kompetences jēdziens un tās attīstības kritēriji, rādītāji. Pētījumā piedalījās 9 LLU, RTU un RA docētāji – pētāmās jomas eksperti.

Noskaidrots ekspertu viedoklis (skatīt 12. att.) par katru kritēriju (grafiskās zināšanas, grafiskās prasmes, telpiskā domāšana un attieksme), kurus promocijas darba autors noteicis, veicot teorētisko literatūras pētījumu. Lielākā daļa ekspertu atzīst, ka pēc konkrētajiem kritērijiem var noteikt grafiskās kompetences attīstības līmeni.



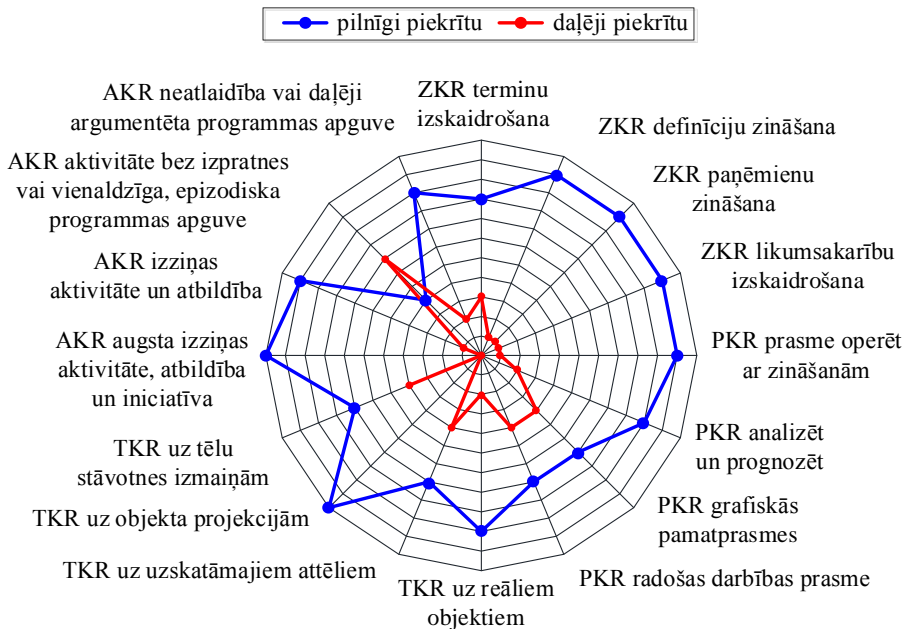
12. att. Grafiskās kompetences attīstības kritēriju un līmeņa noteikšana

Avots: autora pētījumu rezultāti

Pētījuma 2. daļā grafiskās kompetences attīstības rādītāju izvērtēšanā tika aptaujāti 11 eksperti – LLU, RTU, DU un RA docētāji, kas ir pētāmās jomas eksperti.

Pamatojoties uz teorētiskajiem pētījumiem, ekspertiem formulēti vairāki jautājumi par grafisko zināšanu, grafisko prasmju, telpiskās domāšanas un attieksmes kritēriju rādītājiem. Izmantojot anketēšanas metodi, noskaidrots ekspertu viedoklis par grafiskās kompetences attīstības kritēriju rādītāju būtiskumu tēlotājas ģeometrijas studijās.

Pētījuma rezultātus var redzēt 13. attēlā, kur ir apkopoti dati par zināšanu kritēriju rādītājiem (ZKR), prasmju kritēriju rādītājiem (PKR), telpiskās domāšanas kritēriju rādītājiem (TKR) un attieksmes kritēriju rādītājiem (AKR).



13. att. Grafiskās kompetences attīstības rādītāju apkopojums

Avots: autora pētījumu rezultāti

Pētījuma rezultāti ļauj secināt, ka zināšanu, prasmju, telpiskās domāšanas un attieksmes rādītājus eksperti vērtē pozitīvi. Atbildei pilnīgi piekrītu atbilžu biežums ir 79%, savukārt atbildei daļēji piekrītu atbilžu biežums ir 21%. Neviens eksperts atbildot uz pētījuma jautājumiem par zināšanu, prasmju, telpiskās domāšanas un attieksmes kritēriju rādītājiem, neizvēlējās atbildi daļēji nepiekrītu vai nepiekrītu.

Ekspertvērtējums apstiprināja, ka tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskajā modelī izmantotie grafiskās kompetences attīstības kritēriji un rādītāji bez būtiskām izmaiņām ir derīgi grafiskās kompetences attīstības noteikšanai tēlotājas ģeometrijas studiju procesā.

Secinājumi

1. Grafiskās un tēlotājas ģeometrijas kompetences īpatnība ir telpisko likumsakarību uztveres un izpratnes uzsvēršana, jo grafiskā kompetence ir jēdziens, kas raksturo studenta spēju izprast, attēlot, izskaidrot, analizēt un radīt informāciju grafiskā veidā, spēju domāt grafisko attēlu formā, kā arī studenta attieksmi, kas izpaužas kā grafiskās izziņas aktivitāte un atbildība par īstenoto grafisko darbību.
2. Grafiskās kompetences attīstības kritēriju ekspertvērtējums apstiprināja pēc teorētiskajām atziņām noteiktos attīstības kritērijus – grafiskās zināšanas, grafiskās prasmes, telpisko domāšanu un attieksmi:
 - grafiskās zināšanas – tēlotājas ģeometrijas, inženiergrafikas, būvgrafikas, tehniskās grafikas, datorgrafikas u.c. ar grafisko darbību saistītas zināšanas;

- grafiskās prasmes – tēlotājas ģeometrijas studijās apgūto zināšanu un grafisko konstrukciju izmantošana specializētās grafiskās darbības jomās;
 - telpiskā domāšana – operēšana ar tēliem inženiertehniskās idejas vizualizācijas un īstenošanas procesā;
 - attieksme – izziņas aktivitāte, ieinteresētība par inženiertehnisko ideju vizualizācijas paņēmieniem un iespējām un atbildība par šīs idejas īstenošanu.
3. Ekspertvērtējums apstiprināja, ka pēc teorētiskajām atziņām noteiktie grafisko zināšanu rādītāji ir:
- terminu zināšana – grafiskajā darbībā izmantojamie vārdi un vārdu savienojumi, kurus vispārinot tiek noteikti jēdzieni;
 - definīciju izskaidrošana – analīzes un sintēzes ceļā nostiprinājušās zināšanas par telpisko objektu īpašībām un pazīmēm un prasme tās formulēt;
 - paņēmieni zināšana – izpratne par izpildāmo darbību kopumu, kas nepieciešama lai, izpildītu grafisko operāciju vai tās sastāvdaļu;
 - likumsakarību izpratne – telpisko objektu un to ģeometrisko pamatelementu savstarpējo stāvotņu noteikšana, to būtisko pazīmju akcentēšana un vispārināšana.
4. Ekspertvērtējums apstiprināja, ka pēc teorētiskajām atziņām noteiktie grafisko prasmju rādītāji ir:
- grafiskās pamatprasmes – atbilstošas darbības paņēmieni izvēlēšanās un īstenošana pēc jauniem nosacījumiem, ievērojot tehniskās estētikas un kompozīcijas prasības un ISO standartus;
 - prasme operēt ar zināšanām – zināšanu izmantošana praktiskā radošā darbībā, kā arī izpildīto darbību teorētiska pamatošana, izmantojot tēlotājā ģeometrijā apgūtos terminus;
 - prasme analizēt un prognozēt – objektu sadalīšana vienkāršos elementos, elementu telpiskās stāvotnes un ģeometrisko pamatelementu savstarpējās stāvotnes izprašana; prognozēšanas prasmes pamatojas uz analizēšanas prasmēm un tiek saprastas kā patstāvīga zināšanu meklēšana, modelējot telpisko informāciju un paredzot konkrēto grafisko darbību iznākumu;
 - radošās darbības prasme – problēmsituāciju radoša risināšana, izmantojot netradicionālas metodes; netipisku uzdevumu risinājuma formulēšana, teorētiska pierādīšana un grafiska atrisināšana.
5. Ekspertvērtējums apstiprināja, ka pēc teorētiskajām atziņām noteiktie telpiskās domāšanas rādītāji ir spēja operēt ar tēliem, pamatojoties uz:
- reāliem objektiem – reālu objektu uztveršana un attēlošana projekciju plaknēs, kā arī ģeometrisko pamatelementu saskatīšana reālā objektā, to savstarpējās stāvotnes un novietojuma telpā noteikšana;
 - uzskatāmajiem attēliem – objekta reālo formu iztēlošanās, objekta projekciju attēlu izskata, ģeometrisko elementu novietojuma telpā un savstarpējo stāvotņu noteikšana pēc objekta uzskatāmā attēla vai aksonometriskās projekcijas;
 - objekta projekcijām – objekta tēla radīšana, tā elementu stāvotnes un novietojuma telpā noteikšana, pamatojoties uz objekta attēlojumu trīs savstarpēji perpendikulārās plaknēs un iztēlojoties to kopveselumā;
 - ģeometrisko pamatelementu stāvotnes maiņu – objekta ģeometrisko pamatelementu lielumu, leņķu un attālumu starp tiem noteikšana, mainot projekciju plaknes vai

objekta novietojumu pret projekciju plaknēm; palīgelementu, ar kuru palīdzību var noteikt konkrēto konstrukciju radītās izmaiņas objektu vai objektu grupas tēlos, iztēlošanās.

6. Ekspertvērtējums apstiprināja, ka pēc teorētiskajām atziņām noteiktie attieksmes rādītāji ir:
 - aktivitāte bez izpratnes vai vienaldzīga, epizodiska programmas apguve – tēlotājas ģeometrijas studijās apgūto terminu, definīciju, likumsakarību un paņēmieni apspriešana ar kursabiedriem, gūstot pieredzi uzdevumu risināšanā, kopīgi meklējot risinājumu sev nezināmās situācijās, bet neapgūstot programmu;
 - neatlaidība vai daļēji argumentēta programmas apguve – svarīgs rādītājs jebkurā darbībā, jo dzīvē vienmēr nepieciešams ievērot laika sprīžus, kuros attiecīgā darbība ir jāizpilda; arī universitātes darbība tiek noteikta ar laika intervālu un vietu, kurā attiecīgā darbība (piemēram, lekcija, praktiskā nodarbība, konsultācija) jāizpilda; tas nozīmē, ka studentiem sava patstāvīgā darbība jāpakārto nodarbībām, kuras paredzētas studiju programmas ietvaros, izpildot uz katru nodarbību uzdoto darbu noteiktā laika intervālā;
 - izzinas aktivitāte un atbildība – pamatojas uz tādiem ārējiem apstākļiem kā aktīvu līdzdalību lekcijās un praktiskajās nodarbībās, komunicējot ar kursabiedriem un docētāju, aptauju un testu izpildi;
 - augsta izzinas aktivitāte, atbildība un iniciatīva – pašregulēta darbība, kas izpaužas atbildīgā un aktīvā līdzdalībā tēlotājas ģeometrijas studiju procesā, sekmīgai darbības veikšanai izmantojot docētāja piedāvātos palīg līdzekļus, kā arī konsultācijas.
7. Uz noteiktajiem studentu grafiskās kompetences attīstības kritērijiem, rādītājiem un līmeņiem pamatoto un izstrādāto studentu grafiskās kompetences vērtēšanas instrumentāriju var izmantot formatīvajā vērtēšanā, lai precīzāk noteiktu studentu grafiskās kompetences attīstības līmeni tēlotājas ģeometrijas studijās. Savukārt studentiem jāzina, ka katrā nodarbībā tiek formatīvi vērtētas viņu zināšanas, prasmes, telpiskā domāšana un attieksme, lai atbilstošāk sagatavotos nodarbībām un paustu pozitīvu attieksmi tēlotājas ģeometrijas studijās.
8. Tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskais modelis ir pamatots ar kognitīvi konstruktīvo pieeju un multimedijos balstītu mācību kognitīvo teoriju. Tēlotājas ģeometrijas didaktiskā modeļa elementi ir sistēmiski saistīti, īstenojot tos studiju procesā: nosakot studiju mērķi, saturu, principus, metodes, līdzekļus un vērtēšanas un kontroles veidus, izceļot studiju procesā kognitīvi konstruktīvās pieejas, vizualizācijas un uzskatāmības principu.
9. Pamatojoties uz tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskā modeļa aprobāciju, ir pilnveidota tēlotājas ģeometrijas studiju un tehniskās grafikas mācību didaktika:
 - universitātē noteiktas studentu grafiskās kompetences attīstību veicinošas mācību metodes, izstrādāti grafiskie uzdevumi, grafiskās kompetences attīstības līmeņa pārbaudes darbi, patstāvīgie darbi un e-studijas;
 - skolā noteiktas skolēnu grafiskās kompetences attīstību veicinošas mācību metodes, izstrādāta mācību grāmata, uzdevumu krājums, skolotāja grāmata, darba burtnīca un e-mācības.
10. Salīdzinot eksperimentālās grupas (tēlotājas ģeometrijas studiju procesā izmantoja tēlotājas ģeometrijas studiju didaktisko modeli) un kontrolgrupas (tēlotājas

ģeometrijas studiju procesā izmantoja vadošā docētāja izvēlētās mācību metodes) tēlotājas ģeometrijas tematu izpratni un analizējot studentu grafiskās kompetences attīstības formatīvās kārtējās kontroles dokumentus, var secināt, ka pastāv būtiskas atšķirības starp kontrolgrupu un eksperimentālo grupu. Tā kā $t_{\text{fakt.}} = 4.86195 > t_{\text{krit.}} = 2.14479$ un abpusējās alternatīvas p-vērtība $= 0.03471 < 0.05$, tad ar 95% varbūtību var secināt, ka starp kontrolgrupas un eksperimentālās grupas respondentiem pastāv būtiskas atšķirības tēlotājas ģeometrijas terminu, definīciju, paņēmieni un likumsakarību izpratnē. Tas nozīmē, ka tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskā modeļa izmantošana būtiski ietekmē tēlotājas ģeometrijas tematu izpratni.

11. Pēc studentu grafiskās kompetences attīstības formatīvās periodiskās kontroles dokumentu analīzes var secināt, ka pastāv būtiskas atšķirības starp pirmo un otro periodisko formatīvo vērtējumu. Tā kā $t_{\text{fakt.}} = 3.14422 > t_{\text{krit.}} = 2.77645$ un abpusējās alternatīvas p-vērtība $= 0.03471 < 0.05$, tad ar 95% varbūtību var secināt, ka, salīdzinot abus periodiskās pārbaudes darbus, studentu grafiskās kompetences attīstība būtiski atšķiras. Tas nozīmē, ka tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskā modeļa izmantošana būtiski ietekmē studentu grafiskās kompetences attīstību.
12. Tēlotājas ģeometrijas studijās atbilstoši studentu grafiskās kompetences attīstības rādītājiem spējīgākie studenti var sasniegt labu (7-8 balles) grafiskās kompetences attīstības līmeni, savukārt tēlotājas ģeometrijas studiju procesā, izmantojot tēlotājas ģeometrijas studiju didaktisko modeli kā studentu grafiskās kompetences pilnveidošanas līdzekli, spējīgākie studenti var sasniegt augstu (9-10 balles) grafiskās kompetences attīstības līmeni.
13. Analizējot formatīvās vērtēšanas rezultātus, apstiprinājās izvirzītā hipotēze, ka studentu grafiskā kompetence tēlotājas ģeometrijas studijās attīstās sekmīgāk, ja studiju procesā īsteno tēlotājas ģeometrijas studiju didaktisko modeli un studentus vērtē atbilstoši grafiskās kompetences attīstības kritērijiem, rādītājiem un līmeņiem.
14. Pētījumā ir sasniegts izvirzītais mērķis – pedagoģiski pamatots grafiskās kompetences jēdziens, izstrādāti tās attīstības kritēriji, rādītāji un līmeņi un pilnveidota tēlotājas ģeometrijas studiju didaktika, pamatojoties uz kognitīvi konstruktīvo pieeju un multimedijos balstītu mācību kognitīvo teoriju.
15. Pamatojoties uz veiktajiem pētījumiem, promocijas darba autors secina, ka turpmāk būtu jāveic pētījumi par studentu motivāciju, jo tēlotājas ģeometrijas studiju didaktiskais modelis pilnībā izmantojams mērķtiecīgiem, augsti motivētiem studentiem, kuri paši vēlas mācīties, savukārt studentiem ar zemu mācību motivāciju tas izmantojams daļēji, jo viens no kognitīvi konstruktīvās pieejas principiem apliecina, ka students pats aktīvi konstruē savas zināšanas, bet zemu motivēti studenti paši aktīvi to nedara. Motivāciju nespēj rast studenti, kuriem ir vāji attīstīta telpiskā domāšana, tāpēc vienlaicīgi ar motivācijas pētījumiem nepieciešams dziļāk analizēt telpisko domāšanu un tās attīstīšanas iespējas mūsdienās.
16. Noteiktos telpiskās domāšanas rādītājus var izmantot ne tikai tēlotājas ģeometrijas, tehniskās grafikas, inženiergrafikas un rasēšanas studijās, bet arī daudzu mākslas jomu studijuursos. Savukārt, uz kognitīvi konstruktīvo pieeju un multimedijos balstītu mācību kognitīvo teoriju bāzēto didaktisko modeli, var izmantot jebkura studiju kursa didaktikā.

IETEIKUMI

Tēlotājas ģeometrijas, rasēšanas, tehniskās grafikas, inženiergrafikas u.c. ar grafisko darbu izstrādi saistītu studiju kursu docētājiem

- Grafiskās kompetences apguvē ieteicams pamatoties uz aktīvu izziņas procesu, studentu savstarpējo sadarbību un studentu sadarbību ar docētājiem atbilstoši studiju kursa mērķim, uzdevumiem, izvēloties katram studentam piemērotākos mācību līdzekļus (mācību grāmatu, modeli, plakātu, rasējumu, animāciju, reālu objektu, u.c., jo katrs students aplūkojamus problēmuzdevumus redz citādāk un to veikšanā izmanto dažādus palīglīdzekļus, dažādās situācijās) un studiju procesā izmantojot formatīvo vērtēšanu.
- Studiju procesā nepieciešams izmantot e-studiju organizācijas formu, kas piedāvā plašas iespējas atbalsta sniegšanai studentiem viņu patstāvīgajā darbībā, digitālu metodisko materiālu, testu, vārdnīcu, animāciju un dažādu palīgmateriālu veidā.
- Studiju procesā (piemēram, prezentācijās un e-studijās) izmantot kognitīvi konstruktīvās pieejas un multimedijos balstītu mācību kognitīvās teorijas principus; vienlaicīgi ar prezentācijām izmantot speciāli sagatavotas darba lapas, tādējādi pilnveidojot studentu izpratnes līmeni par apgūstamo tematu (skatīt 3.4. un 3.11. attēlus).
- Formatīvās vērtēšanas procesā studentu grafiskās kompetences attīstības līmeņa noteikšanai ieteicams izmantot promocijas darba autora izstrādātos kritērijus un to rādītājus: grafiskās zināšanas (terminu zināšanu, definīciju izskaidrošanu, paņēmieni zināšanu, likumsakarību izpratni), grafiskās prasmes (grafiskās pamatprasmes, prasmi operēt ar zināšanām, prasmi analizēt un prognozēt, radošās darbības prasmi), telpisko domāšanu (spēju operēt ar tēliem, pamatojoties uz reāliem objektiem, uzskatāmajiem attēliem, objekta projekcijām, mainot tēlu stāvotni) un attieksmi (aktivitāti bez izpratnes vai vienaldzīgu, epizodisku programmas apguvi, neatlaidību vai daļēji argumentētu programmas apguvi, izziņas aktivitāti un atbildību, augstu izziņas aktivitāti, atbildību un iniciatīvu).
- Didaktisko modeli ir ieteicams izmantot, docējot studiju kursus, kuros nepieciešams vizualizēt apkārtējās vides procesus, parādības, likumsakarības un mījsakarības, un ar tā palīdzību ir iespējams sasniegt augstu grafiskās kompetences attīstības līmeni.
- Lai studiju procesā izmantotu tēlotājas ģeometrijas studiju didaktisko modeli, nepieciešams:
 - studiju procesā apgūt un īstenot kognitīvi konstruktīvās pieejas principus un no tiem izrietošos mācību didaktiskos principus;
 - izmantot nodarbību vadīšanā prezentācijas, kas veidotas, pamatojoties uz multimedijos balstītu mācību kognitīvās teorijas principiem;
 - studiju procesa pilnveidošanai izstrādāt mūsdienām atbilstošus studiju kursu mērķus, uzdevumus un saturu, organizēt multimedijos balstītas e-studijas;
 - kā galveno vērtēšanas formu izmantot formatīvo vērtēšanu.

Tēlotājas ģeometrijas, rasēšanas, tehniskās grafikas, būvgrafikas, inženiergrafikas u.c. ar grafisko darbu izstrādi saistītu studiju kursu programmu pilnveidei

- Promocijas darba autors, pamatojoties uz savu darba pieredzi un pētījumiem par grafisko darbu izpildei nepieciešamo laiku, atzīst, ka optimāls tēlotājas ģeometrijas studiju laika sadalījums starp lekcijām, praktiskajām nodarbībām un patstāvīgo darbu ar dažādiem mācību līdzekļiem, t.sk., e – studijām, būtu 16:32:72 (kur 16 stundas ir paredzētas lekcijām, 32 stundas – praktiskajām nodarbībām un 72 stundas plānotas patstāvīgajam darbam), tas nozīmē, ka studiju kursa programmas apguvei būtu nepieciešami 3KP (1KP, pamatojoties uz Augstskolu likumu, ir studiju uzskaites vienība, kas atbilst studējošā 40 akadēmisko stundu darba apjomam), bet daudzās studiju programmās tēlotājas ģeometrijas studijām atvēlētais laiks ir tikai 2KP, t.i., 16:16:48. Uzsākot studijas, studentu grafiskās kompetences līmenis ir dažāds, tāpēc tikai spējīgākajiem studentiem pietiek ar studijām atvēlēto laiku, bet pārējiem nepieciešamais laika daudzums ir 3KP apjomā. Promocijas darba autors atzīst, ka līdzīgs (1:2:4,5) laika sadalījums būtu nepieciešams studiju kursiem, kuros ir jāizstrādā grafiskie darbi.
- Ar grafisko darbu izstrādi saistīto studiju kursu katrā tematā iekļaut uzdevumus, kuros konkrētā situācija jāattēlo ne tikai shematiski vai kompleksajā rasējumā, bet arī telpiski jeb aksonometrijā. Šādus objektus var konstruēt arī ar dažādu datorprogrammu palīdzību, piemēram, AutoCAD, SolidWorks. Lai varētu grafiskos darbus izpildīt kādā no minētajām programmām, nepieciešams šo programmu apguvi sākt vienlaicīgi ar tēlotājas ģeometrijas, rasēšanas, tehniskās grafikas, būvgrafikas vai inženiergrafikas studiju kursiem, kas nodrošinātu studentiem grafisko darbu izpildes apguvi ar dažādiem instrumentiem (mehāniskiem) un rīkiem (programmiskiem).

Рētījumu rezultātu aprobācija

Zinojumi starptautiskās zinātniskās konferencēs (18)

1. 5 Международная конференция „Информационные технологии для новой школы”. Россия, Санкт-Петербург, 26–28 марта 2014 года. Реферат: *Лекция как активная форма учебной организации на занятиях начертательной геометрии.*
2. 4th International Conference „Education, Research & Development” 04–08 September, 2013. Bulgaria, Sunny Beach. Poster: *Организация самостоятельной работы на занятиях по начертательной геометрии.*
3. 12th International Conference on Engineering Graphics „BALTGRAF 2013” 05–07 June, 2013. Latvia, Riga. Report: *Graphical Competence in Engineering Sciences.*
4. 12th International Conference „Engineering for rural development” 23–24 May, 2013. Latvia, Jelgava. Report: *Descriptive geometry competence in rural engineering science.*
5. 8th International Conference „Person Color Nature Music” 08–12 May, 2013. Latvia, Daugavpils. Report: *Determination of the graphical competence level in descriptive geometry study course.*
6. 4 Международная конференция „Информационные технологии для новой школы”. Россия, Санкт-Петербург, 25–30 марта 2013 года. Реферат: *Организация самостоятельной работы на занятиях черчения.*
7. 3rd International “Conference Education, Research & Development” 07–11 September, 2012. Bulgaria, Sunny Beach. Poster: *Graphical competence as the indicator of the quality level of descriptive geometry studies.*
8. 2nd International “Conference Education, Research & Development” 08–12 September, 2011. Bulgaria, Sunny Beach. Poster: *The use of e-learning in descriptive geometry course.*
9. 8th International scientific and practical conference „Environment. Technology. Resources” 20–22 June, 2011. Latvia, Rezekne. Report: *Using of information technologies to improve the spatial understanding of students.*
10. International Conference on Engineering Graphics „Baltgraf 11” 09–10 June, 2011. Tallinn, Estonia. Report: *Analysis of different study aids at the descriptive geometry lessons.*
11. International Conference on Engineering Graphics „Baltgraf 11” 09–10 June, 2011. Tallinn, Estonia. Report: *Design of gear wheels in 3D CAD.*
12. VII International Conference „Person. Color. Nature. Music” 11–15 May, 2011. Latvia, Daugavpils. Report: *The structure of the descriptive geometry study course.*
13. VI International Conference „Person. Color. Nature. Music.” 05–08 May, 2009. Latvia, Daugavpils. Report: *Multimedia usage in lectures to improve the spatial understanding.*
14. International scientific conference „Society, Integration, Education”. Rēzekne, 27.-28. februāris, 2009. Referāts *Tehnisko līdzekļu izmantošana studentu mācīšanas procesā.*
15. XVII Международная конференция выставка „Информационные технологии в образовании”. Россия, Москва, 09–11 ноября 2007 года. Реферат:

Использование MS PowerPoint программы для оптимизации лекций в университете.

16. V International Conference „Person. Color. Nature. Music” 17–21 October, 2007. Latvia, Daugavpils. Report: *The use of information technology in education.*
17. Международная научно-методическая конференция „Современные технологии оценки качества образования: модульно – рейтинговая система”. Россия, Псков, 12–13 июня 2006 года. Реферат: *Использование компьютерных технологий при оценке качества работы студентов.*
18. VIII Международная школа-семинар „Современные информационные технологии”. Беларусь, Браслав, 02–09 июля 2005 года. Реферат: *Освоение предмета начертательной геометрии в виде дистанционного обучения.*

Pētījuma zinātniskās publikācijas (22)

1. O. Vronsky (04–08 September, 2014) Didactic model of descriptive geometry studies. 5th International Conference, Education, Research & Development. Bulgaria: Elenite Holiday Village, ISSN 1313-2571: p. 558 – 567.
2. О. Вронский (26–28 март, 2014) Лекция как активная форма учебной организации на занятиях начертательной геометрии. 5 Международная конференция Информационные технологии для новой школы. Россия: Санкт-Петербург, ISBN 978-5-91454-075-0: 40-42 lpp.
3. О. Вронский (04–08 September, 2013) Организация самостоятельной работы на занятиях по начертательной геометрии. 4th International Conference, Education, Research & Development. Bulgaria: Sunny Beach, ISSN 1313-2571: p. 59-67.
4. O.Vronsky (05–07 June, 2013) Graphical Competence in Engineering Sciences. 12th International Conference on Engineering Graphics Baltgraf 2013. Latvia: Riga, ISBN 978-9934-507-30-4: p. 257-263.
5. O. Vronskis (23–24 May, 2013) Descriptive geometry competence in rural engineering science. 12th International Conference, Engineering for rural development. Latvia: Jelgava, ISSN 1691-5976: p.663-666. (EBSCO, SCOPUS)
6. O. Vronskis, N. Vronska (08–12 May, 2013) Determination of the graphical competence level in descriptive geometry study course. 8th International Conference, Person. Color. Nature. Music. Latvia, Daugavpils: ISBN 978-9934-8393-2-0: p. 95-109 (Web of Science, Thomson Reuters).
7. О. Вронский (25–30 март, 2013) Организация самостоятельной работы на занятиях черчения. 4 Международная конференция Информационные технологии для новой школы. Россия, Санкт-Петербург, ISBN 978-5-91454-065-1: 19-21 с.
8. O.Vronsky (07–14 September, 2012) Graphical competence as the indicator of the quality level of descriptive geometry studies. 3rd International Conference Education, Research & Development. Bulgaria: Sunny Beach, ISSN 1313-2571: p. 4-15.
9. O. Vronskis (08–12 September, 2011) The use of e-learning in descriptive geometry course. 2nd International Conference Education, Research & Development. Bulgaria: Sunny Beach, ISSN 1313-2571: p. 23-32. (EBSCO)
10. O. Vronskis, N. Vronska (20–22 June, 2011) Using of information technologies to improve the spatial understanding of students. 8th International scientific and practical conference „Environment. Technology. Resources”. Rezekne: RA, ISSN 1691-5402: p. 55-61 (SCOPUS).

11. O. Vronskis (09–10 June, 2011) Analysis of different study aids at the descriptive geometry lessons. International Conference on Engineering Graphics Baltgraf 11. Tallin: Tallin University of technology: p.62-68.
12. O. Vronskis, G. Uzklingsis, J. Cukurs, A. Cukure, I. Nulle (09–10 June, 2011) Design of gear wheels in 3D CAD. International Conference on Engineering Graphics Baltgraf 11. Tallin: Tallin University of technology: p. 185-190.
13. O. Vronskis, N. Vronska (10–15 May, 2011) The structure of the descriptive geometry study course. Scientific articles of 7th International Conference Person. Color. Nature. Music. Daugavpils: DU, ISBN 978-9984-14-556-3: p.140-156 (Web of Science).
14. О. Вронский (29 апреля – 09 мая 2011 года) Среда электронного обучения как дополнительное средство для обучения начертательной геометрии. 11-я международная конференция Современные проблемы науки и образования. Харьков: ISBN 978-966-623-752-4: 236-237 с.
15. O. Vronsky, N. Vronsky (05–10 May, 2009) Multimedia Usage in Lectures to Improve the Spatial Understanding. Abstracts of VI International Conference Person. Color. Nature. Music. Daugavpils: DU, ISBN 978-9984-14-434-4: p.50-51.
16. O. Vronskis, N. Vronska, (27.–28. februāris, 2009) Tehnisko līdzekļu izmantošana studentu mācīšanas procesā. Starptautiskā zinātniskā konference Sabiedrība, Integrācija, Izglītība. Rēzekne: RA, ISBN 978-9984-44-018-7: 259.-267. lpp (Web of Science).
17. O. Vronskis, N. Vronska (10–12 April, 2008) Reorganization of Educational Process as the Factor of Improvement of Life Quality. Abstracts of International scientific conference Applied Information and Communication Technology. Jelgava: LLU, ISBN 978-9984-784-68-7: p.184.
18. О. Вронский (09-11 ноября, 2007 года) Использование MS PowerPoint программы для оптимизации лекций в университете. XVII Международная конференция выставка Информационные технологии в образовании. Москва: МГУ, ISBN 978-5-9900576-4-7: 145-146 с.
19. O. Vronskis (17–21 October, 2007) The use of information technology in education. IV International Conference Person. Color. Nature. Music. Daugavpils: DU, ISBN 978-9984-14-367-5: p. 350-355 (Web of Science).
20. O. Vronskis (24–25 May, 2007) Principles of the programmed teaching in virtual education of engineering. 6th International scientific conference Engineering for rural development. Jelgava: LLU, ISSN 1691-3043: p.75.-78.
21. О. Вронский, Н. Вронская (11-14 октября 2006) Использование компьютерных технологий при оценке качества работы студентов. Современные технологии оценки качества образования: модульно-рейтинговая система. Псков: ПГПУ, ISBN 5-87854-392-3, 165-167 с.
22. О. Вронский, А. Какитис (02-09 июля 2005 года) Освоение предмета начертательной геометрии в виде дистанционного обучения. Журнал Известия Белорусской инженерной академии №1 (19)/2. Белорусь: Браслав, 121-124 с.

Mācību didaktiskais nodrošinājums

- Čukurs J., Vronskis O. (2010) Tehniskā grafika. Grafisko darbu uzdevumu krājums. Rīga. RaKa, 216 lpp.
- Čukurs J., Vronskis O. (2009) Tehniskā grafika. Skolotāja grāmata. Rīga. RaKa, 52 lpp.
- Čukurs J., Vronskis O. (2008) Tehniskā grafika. Mācību grāmata. Rīga. RaKa, 266 lpp.
- Tēlotāja ģeometrija, rasēšana II (2010./2011. studiju gads, O. Vronskis, LLU) [tiešsaiste] Pieejams: <http://estudijas.llu.lv/course/view.php?id=130>
- Tēlotāja ģeometrija, rasēšana I (2011./2012. studiju gads, O. Vronskis, LLU) [tiešsaiste] Pieejams: <http://estudijas.llu.lv/course/view.php?id=131>
- Tēlotāja ģeometrija, rasēšana (2011./2012. studiju gads, O. Vronskis, LLU) [tiešsaiste] Pieejams: <http://estudijas.llu.lv/course/view.php?id=132>
- Tehniskā grafika (2011./2012. studiju gads, O. Vronskis, LLU) [tiešsaiste] Pieejams: <http://estudijas.llu.lv/course/view.php?id=230>
- Rasēšana (2012./2013. studiju gads, O. Vronskis, LLU) [tiešsaiste] Pieejams: <http://estudijas.llu.lv/course/view.php?id=658>

Latvia University of Agriculture
Faculty of Engineering
Institute of Education and Home Economics



Mg.paed. Olafs Vronskis

DEVELOPMENT OF STUDENTS' GRAPHICAL COMPETENCE IN DESCRIPTIVE GEOMETRY STUDIES

SUMMARY

of the Doctoral thesis in the sub-discipline of university pedagogy,
for the scientific degree of Dr.paed.

Jelgava 2015

Research has been carried out at Latvia University of Agriculture (LUA) from 2004 to 2014.

Scientific advisers of the doctoral thesis

Professor of Latvia University of Agriculture Dr.paed. **Baiba Briede**

Assoc. prof. *Emeritus* Dr. sc ing., Dr. paed., **Ilmārs Žanis Klegeris**

Official reviewers

Professor of Riga Teacher Training and Educational Management Academy

Dr.paed. **Zenta Anspoka**

Professor of Daugavpils University

Dr.paed. **Aleksandra Šlahova**

Professor of Riga Teacher Training and Educational Management Academy

Dr.paed. **Elita Volāne**

Development and design of the doctoral thesis was ESF co-financed: ESF project
„Atbalsts LLU doktora studiju īstenošanai”

Agreement Nr. 2009/0180/1DP/1.1.2.1.2/09/IPIA/VIAA/017

Chairperson of LUA Promotion Council of Pedagogy Science

Professor of Latvia University of Agriculture Dr.paed. **Baiba Briede**

The defense of the thesis will take place:

at the Institute of Education and Home Economics of the Faculty of Engineering of Latvia University of Agriculture at the open session of Promotion Council of Pedagogy Science on 12th march 2015, at 3 p.m., room 502, J.Čakstes blvd. 5, Jelgava

The thesis and its Summary are available at the Fundamental Library of Latvia University of Agriculture, Lielā iela 2, Jelgava.

© Olafs Vronskis, 2015

©Latvia University of Agriculture, 2015

Printed in 60 copies

General description of doctoral thesis

The doctoral thesis comprises introduction, three chapters, conclusions, recommendations and 20 appendices. Theoretical and practical research results are presented in 21 Tables and 61 Figures. In total, 330 scientific literature and other sources have been analyzed in Latvian, English, German and Russian. The volume of the thesis is 169 pages.

The author of the thesis has graduated from the Doctoral Study Programme of the Institute of Education and Home Economics of the Faculty of Engineering of Latvia University of Agriculture. The total pedagogical work is 12 years out of which 10 years are at the University – the Institute of Mechanics of the Faculty of Engineering as an academic staff (study courses: descriptive geometry and technical drawing, technical graphics, engineering graphics).

Research importance of competences in the process of society development is increasing, because acquisition of new knowledge becomes more significant on the basis of which new technologies and informative environment are developed. Such dynamics requires a continuous competence improvement of the university graduates in their professional activities and communication as a whole.

Nowadays, in the surroundings of information people communicate by using eight fields of basic competences: communication in the native language, communication in foreign languages, fundamentals of mathematics and basic competences in science and technologies, digital competence, learning skills, interpersonal and civic competences, entrepreneurship and culture competences (European Commission, 2006). M. Davenport (2005) separated the graphical competence in order to distinguish spatial interrelations which are possible to express precisely neither in words nor figures. Graphical communication interweaves many fields in the contemporary world (Glasgow, 1994), that, as a space, is one of environmental dimensions, people must be capable of orienting in it in everyday life, but this ability, in turn, is dependent on the perception and understanding of regularities and correlation (Wickens, Hollands, 1999). These regularities students acquire in the descriptive geometry studies, which form the theoretical and practical basis of technical drawing for such trends of graphical language as cartography, technical drawing, machine building, architecture and construction, two and three dimension projecting etc.

Implementation of modern study process in descriptive geometry studies is associated with solving of several problems:

- In the present doctoral thesis, it was necessary to substantiate the concept of graphical competence, development criteria, parameters and levels acquired in the studies of descriptive geometry because development of graphical competence should be controlled and assessed. Also, it was necessary to investigate what pedagogic means and didactic approach should be applied to develop the required competence of engineering sciences and architecture;
- A university lecturer, accordingly the modern newest technologies, should work out dynamic visualization means and sets of teaching aids, which the student can use both in printed and electronic format, studying either as a full time or part time student, or in distance studies with a minimum number of contact hours.

On the basis of research results, a contradiction was formulated: students of engineering sciences should possess a developed graphical competence, but the concept of graphical competence, its criteria of development, parameters and levels were not worked out. Neither was descriptive geometry didactic model elaborated, which could be used to develop students' graphical competence.

The above mentioned substantiation was the main reason for the choice of the theme of the doctoral thesis **Development of Students' Graphical Competence in the Studies of Descriptive Geometry**.

Object of the research

The process of descriptive geometry studies at university.

Subject of the research

Development of students' graphical competence during the studies of geometry, technical drawing and technical graphics.

Aim of the research

To substantiate the concept of students' graphical competence, to work out its development criteria, parameters and levels as well as to upgrade the study didactics of descriptive geometry on the basis of cognitively constructive approach and cognitive theory of multimedia learning.

Hypothesis of the research

The students' graphical competence develops more successfully when the didactic study model of descriptive geometry is applied, and students are assessed according to the competence development criteria, parameters and levels.

Objectives of the research

1. On the basis of pedagogical, psychological and technical literature analysis,
 - to substantiate the students' graphical competence concept and to work out the competence development criteria, parameters and levels;
 - to work out the didactic model of descriptive geometry studies based on the cognitive constructivist approach and to emphasize the necessity of application of the cognitive theory of multimedia learning in the study process.
2. On the basis of approbation of the didactic model of descriptive geometry studies, to improve the didactic teaching aids of descriptive geometry studies and technical graphics:
 - at university – improve the study methods, graphical tasks, tests of graphical competence development level, independent work, organization of e-learning;
 - at school – improve the teaching methods, textbooks, collection of tasks, teacher's book, work book, e-learning.
3. To summarize results of empirical research and obtained data, carry out statistical data processing, analyze and evaluate the obtained data, work out recommendations of graphical competence development for university lecturers who teach technical drawing, technical graphics, descriptive geometry and engineering graphics as well as other study courses connected with graphical activities.

Methods of the research

1. Theoretical methods:

Analysis of scientific literature in philosophy, psychology and pedagogy; methodological literature and textbooks of technical drawing, descriptive geometry and engineering graphics; analysis of normative education documents and standards; analysis of practical pedagogical activity and experience.

2. Empirical methods:

- 2.1. Data obtaining methods: questionnaire (written and electronic); pedagogical observation; analysis of students' graphical work, independent work, tests of graphical development level; pedagogical experiment;
- 2.2. Data processing methods: methods of primary mathematical statistics – disclosure of the research results; methods of secondary mathematical statistics – disclosure of discreet correlation.

Data processing system of SPSS and spreadsheet program MS Excel were used for the data processing.

Methodological and theoretical substantiation of the research

The authors are arranged in advancing order of time for methodological and theoretical substantiation of the research.

- Graphical competence substantiation: J.A. Keller (1993), Н.В. Маркова (1996), P. Renard (2001), Дж. Равен (1999; 2002), F.M. Orthey (1998; 2002), D. Istance (2003), A. Rauhvargers (2005), I. Tiĭla (2005), M. Davenport (2005), Э. Югумова (2005), I. Maslo (2005, 2006), R. Garleja (2004; 2006), М. Кашапов (2003; 2006), K. Baynes (2011), B. Briede (2003; 2004; 2011), L. Pēks (2011) etc.
- Substantiation of graphical knowledge and skills: В. Bloom (1956), А. Ботвинников (1979), И. Я. Лернер (1981), R. Gagne (1985), В. Давыдов (1991), Н. А. Галатенко (1994), К. Платонов (1966, 1977, 1994), Г. М. Коджаспирова (2000), А. В. Савицкая (2000), I. Žogla (2001), A. Špona (2001), E. Glasersfeld (1998, 2000, 2001), L. Krathwohl (2001), Ž. Píaže (2002), С. Л. Рубинштейн (1989, 2006), Т Петлина (2007) etc.
- Spatial thinking substantiation: J. S. Bruner (1956), Е.Н. Кабанова-Меллер (1968), А. Ботвинников (1968, 1979, 1983), И. Якиманская (1980; 1989), Б. Ф. Ломов (1991), N. Gage (1991), D. Berliner (1991), U. Van Harmelen (1999), I. Vedins (2000), I. Beĭckis (2000), А. Савицкая (2000), R. Garleja (2000), Ľ. Vigotskis (2002) etc.
- Attitude substantiation: D. Krathwohl (1973), В. Bloom (1973), I. Ajzen (1988), R. Gagne (1988), Дж. Равен (1999), Dz. Albrehta (2001), I. Žogla (1998, 2001), Z. Čehlova (2002), A. Špona (2001, 2004, 2006), H. Gudjons (2007), I. Maslo (2006) etc.
- Substantiation of cognitive constructivist approach: M. Wittrock (1989), N. Gage (1991), D. Berliner (1991), J. G. Brooks (1999), M. G. Brooks (1999), I. Žogla (2001), E. Glasersfeld (1998, 2000, 2001), Ž. Píaže (1969; 2002), J. S. Bruner (1960; 1961), A. Špona (2001) etc.
- Substantiation of cognitive theory of multimedia learning: M. Wittrock (1989), A. Paivio (1986, 1991), P. Chandler (1991), A. Baddeley (1992; 1999), R. Bartsch (2003), K. Cobern (2003), J. Sweller (1991; 2003; 2005), R. Mayer (1994; 2001; 2002; 2003; 2004; 2005; 2008) etc.

- Substantiation of descriptive geometry study process Б. М. Ломов (1956), J. S. Bruner (1960, 1961), М. Н. Скаткин (1978) Лернер (1965, 1980), С. Архангельский (1980), J. Babanskis (1985, 1987), N. Gage (1991), D. Berliner (1991), П.И. Пидкасистый (1998), Г. И. Хозяинов (1998), H. Gardner (1993, 1999), В. Давыдов (1972, 1991), I. Beļickis (2000), I. Žogla (1997, 2001), А. Савицкая (2000), I. Maslo (2001), Šrona (2001), Z. Čehlova (2001), Dz. Albrehta (2001), Ботвинников (1979, 2003), I. Slaidiņš (2003), I. Katane (2006), А.В. Хуторской (2001, 2007), H. Gudjons (2008), Н. К. Семенова (2008) etc.

Base of the research

Seven hundred and nine first year students of the Latvia University of Agriculture from all regions of Latvia were involved. Their study program included final examination in descriptive geometry. In total, there are six such programs: agricultural engineering science, machine projecting and production, wood processing, landscape architecture, environment and water management, and construction study program.

Besides the above mentioned program students, food technology program students, who acquire descriptive geometry but the program does not have the final examination, participated in the primary data analysis. Also, so did six university lecturers from the Latvia University of Agriculture and 123 pupils from Jelgava Technology Secondary School, Jelgava Spīdola Gymnasium, and Jelgava Secondary School No. 5, who have 20% of descriptive geometry topics in the technical graphics program.

The graphical competence concept, development criteria and parameters were evaluated by 11 experts from the Latvia University of Agriculture, Riga Technical University, Rēzekne Higher School, and Daugavpils University.

Research results were also approbated within the framework of the project “General education teachers in continuing education” of 38 teachers from schools of Latvia. The obtained results were applied in the continuing education course “Professional and pedagogical competence improvement and skills renewal”.

Stages of the research

Stage 1 (2004 – 2008): analysis of pedagogical and psychological literature about development criteria of graphical competence and elements of didactic model of descriptive geometry studies; theoretical substantiation of graphical competence concept; elaboration of graphical competence development criteria, parameters and levels, didactic model of descriptive geometry studies; analysis of the primary data of didactic model of descriptive geometry studies.

Stage 2 (2008 – 2013): approbation of didactic model of descriptive geometry studies; experimentation with the graphical competence development criteria, parameters and levels.

Stage 3 (2013 – 2014): aggregation, analysis, evaluation and interpretation of the obtained experimental data.

Boundaries of the research

In the approbation of the didactic model of descriptive geometry studies were involved:

- Pupils from Jelgava Technology Secondary School, Jelgava Spīdola Gymnasium, and Jelgava Secondary School No. 5, and 17 teachers from schools of Latvia;

- Students from the Faculty of Engineering, Faculty of Rural Engineering, Faculty of Food Technology and Faculty of Forestry of the Latvia University of Agriculture.

The graphical competence development concept, criteria, parameters and levels have been worked out, analyzed and evaluated by involving in the research experts from the Latvia University of Agriculture, Riga Technical University, Rēzekne Higher School, Daugavpils University and students from the LUA Faculty of Rural Engineering.

Structure of the doctoral thesis

The doctoral thesis structure consists of introduction, three chapters and conclusions, recommendations, acknowledgements, literature references and 20 appendices. In total, 330 scientific literature and other sources have been analyzed in Latvian, English, German and Russian. Theoretical and practical research results are presented in 21 Tables and 61 Figures. The volume of the thesis is 168 pages.

Scientific novelty of the research

- The graphical competence concept and development criteria, parameters and levels of the descriptive geometry studies have been worked out, approbated and theoretically substantiated.
- The didactic model of descriptive geometry studies has been worked out, approbated and theoretically substantiated; established and evaluated its structure and content.
- Didactics of descriptive geometry studies and the subject of technical graphics have been evaluated, specified and improved.

Practical importance of the research

- Means of pedagogical control of graphical competence development in descriptive geometry studies have been worked out.
- Didactic provision, including e-learning of descriptive geometry has been worked out.
- Didactic provision, including study aids, collection of tasks, teacher's book and e-learning for descriptive geometry subject.

Theses advanced for defence

1. Students' graphical competence is a capability to understand, depict, explain, analyze and create graphical information as well as to think in the format of graphical image.
2. The level of students' graphical competence development can be determined by their graphical knowledge and skills, spatial thinking and attitude parameters.
3. Students' graphical competence development in contemporary study process is facilitated by using the didactic model of descriptive geometry studies and by implementing the cognitive constructivist approach and cognitive theory of multimedia learning.

Content of the doctoral thesis

In the introduction of the doctoral thesis, the choice of the theme, its topicality and importance in engineering sciences and architecture studies are substantiated, the problem to be solved is characterized, the research object, subject, aim, objectives are determined and hypothesis is advanced. In the introduction, theoretical and methodological substantiation of the research is characterized, the stages and base of the research are described, the scientific novelty of the research and practical contribution is determined, the research approbation is described and theses for defence are advanced.

In the **1st chapter of the doctoral thesis**, Substantiation of students' graphical competence concept, development criteria, parameters and levels in descriptive geometry studies, the competence concept and types are determined, graphical competence development criteria, parameters and levels are substantiated. In the 1st chapter, there are two subchapters.

In the **subchapter 1.1.**, Substantiation and analysis of students' graphical competence concept and development criteria, the concept of competence is evaluated and the graphical competence concept and development criteria are determined.

In today's changing circumstances, students must be able not only to analyze a certain situation but also to take an adequate decision (Maslo, 2003). This is a new approach where the competence is perceived as ideal of education and analytical category. A. Rauchwarger (2005) recognizes that competence is the body of knowledge, skills and attitude that qualifies a certain type or level of task performance. M. Chosanov (Чошанов, 1996) and J. Raven (1999), in the definition of competence, combine the critical thinking and various types of thinking as well as understanding of one's own responsibility to action.

The graphical competence is a capability to think, learn and speak (Braden, Hortin, 1982) in the form of graphical images, ability to understand, depict (Aldrich, Sheppard, 2000), to analyze, explain (Leu, Kinzer, Coiro, Cammack, 2004), to use and create (de Vries, Lowe, 2010) the information in a graphical and sign form. The graphical competence is ability to understand the details and meaning of graphical image with the help of knowledge of graphical basic elements (Dondis, 1973). Graphical competence is ability to visualize the information (Poracsky, Young, Patton, 1999) because it includes skills of visual thinking and communication (Jolliffe, 1991), the visual thinking is understood as intellectual processing of information with graphical images (Olson, 1992) not with words.

On the basis of achievements of the competence and graphical competence researchers, the author of the present thesis **has defined the graphical competence as the ability to understand, depict, explain, analyze and create the information in graphical form (ability to visualize) as well as the ability to think in the form of graphical image**. However, on the basis of scientists' opinion about the competence, the author of the present thesis recognizes that formation of students' positive attitude during the study process of descriptive geometry is of great importance.

Analyzing the scientists' opinion, the author of the present thesis has determined the following criteria of graphical competence development: **graphical knowledge, graphical skills, spatial thinking, and attitude**.

The graphical competence is a concept containing a wide range of areas within which knowledge is also needed about such simplifications of space objects as different

schemes and graphical basic functions. That is why the author of the present thesis views the graphical competence only within the scope of the descriptive geometry studies, as descriptive geometry is included into graphical competence.

In order to determine the level of graphical competence development in descriptive geometry studies, it is necessary to determine criteria of descriptive geometry and graphical competence.

Comparing descriptive geometry competence and graphical competence, we can draw a conclusion that descriptive geometry competence is not only a wide concept as the graphical competence is (see Fig. 1) but much deeper connected mainly with spatial thinking and ability to see the mutual regularities. Spatial thinking is an imaginative component of the technical thinking indispensable to many sciences.

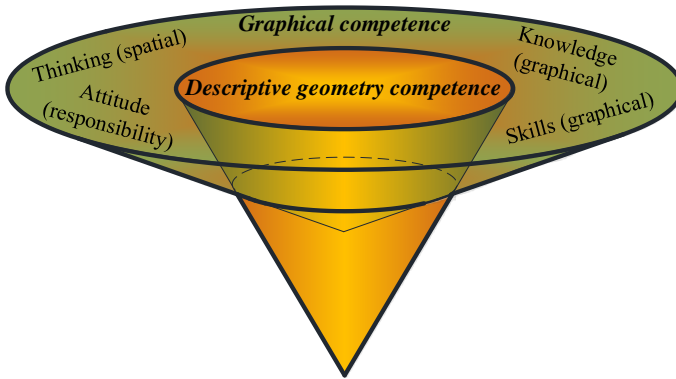


Fig. 1 **Subordination of graphical and descriptive geometry competence**

Source: author's construction

To determine the level of graphical competence development in descriptive geometry studies, it is necessary to determine all competence development criteria (graphical knowledge, graphical skills, spatial thinking and attitude) parameters and levels.

In the **subchapter 1.2., Substantiation of students' graphical competence development parameters and levels**, levels and their parameters of graphical competence development are evaluated and substantiated, because one can judge by criteria parameters about the graphical competence development (Фанилевна, 2012).

Substantiation of graphical knowledge parameters

Knowledge researchers (Пидкасистый, 2000; Ильина, 1972; Коджаспирова, 2000; Кабанова Меллер, 1981; Савицкая, 2000; Лернер, 1981; Vedins, 2000; Ивин, 2002; Хуторский, 2001; et al.) recognize the elements of knowledge parameters such as terminology, concepts, facts, regulations, rules, regularities, generalizations, theories, perceptions and methods. Therefore, on the basis of the analyzed pedagogical literature, the following parameters of graphical knowledge in descriptive geometry studies are established: knowledge of **graphical terminology** (Ительсон, 2001; Лернер, 1981; Коджаспирова, 2000; Ильина, 1972), **interpretation of definitions** (Ительсон, 2001; Хуторский, 2001; Лернер, 1981; Ильина, 1972; Пидкасистый, 2000), **knowledge of**

methods (Glaserfeld, 1998, 2000, 2001; Lundvall, 2000; Johnson, 2000; Хуторский, 2001; Лернер, 1981; Савицкая, 2000; Кабанова-Меллер, 1981; Пидкасистый, 2000) and **comprehension of regularities** (Пидкасистый, 2000; Ильина, 1972; Коджаспирова, 2000; Кабанова-Меллер, 1981; Лернер, 1981;), which should be perceived, understood and memorized by systemizing and generalizing them. While on the basis of B. Bloom (1956), R. Gagne (1985) and C. Arhangelsky (Архангельский, 1974) described levels of knowledge and survey of specialists of Latvian universities, the author of the present doctoral thesis has determined the levels of knowledge of graphical competence development in descriptive geometry.

Substantiation of graphical skill parameters

R. Gagne (1985) recognizes that skills are precise, thorough, persistent and in due time performed work with hands. Development of skills is dependent on the quality of knowledge acquisition (Žogla, 2001a) and comprehension of the aim, conditions and completion of the activity (Špona, 2001). G. Selevko (Селевко, 1998) characterizes activity skills as a special students' quality on which depend the pace of performed activity and good graphical basic skills, creative activity skills as well as creative attitude towards them. A. Savicka (Савицкая, 2000) interprets graphical skills as skill to operate with knowledge in order to make graphical constructions, and skill to analyze and predict the form of the details and its changes.

The author of the present doctoral thesis on the basis of T. Petlina (Петлина, 2007), A. Usova (Усова, 1982), I. Pjasov (Илясов, Галатенко, 1994), K. Platonov (Платонов, Адашкин, 1966; Платонов, 1994), A. Hlebnikov (Хлебников, 2009), A. Botvinnikov (Ботвинников, 1979), A. Savicka (Савицкая, 2000) and other authors described the skill levels and surveys of specialists of Latvian universities, has determined the graphical skill levels in descriptive geometry, but the following main skills of graphic activities were assumed as the parameters of these levels in descriptive geometry studies: **skill to analyze and predict** (Акин, 1996; Савицкая, 2000; Мичурова, 2004), **skill to operate with the acquired knowledge** (Бабанский, 1987; Мичурова, 2004; Špona, 2001), **basic graphical skills** (Селевко, 1998; Špona, 2001; Платонов, 1977), **skill of creative activity** (Селевко, 1998; Rubana, 2004).

Substantiation of spatial thinking parameters

Thinking is a psychic cognition activity process and the fundamentals of the cognitive learning that activates the cognitive activity; it is a purposeful mental manipulation of words and images (Sdorow, 1990) that realizes into the word (Vigotskis, 2002).

A.Pavlova (2003) connects the technical thinking with spatial thinking. She is of the opinion that spatial thinking is a type of mind activity that ensures formation of spatial images and operation with them to solve practical and theoretical tasks.

Spatial thinking is complicated and by its nature it is amodal, heterogenic education the function of which is operating with sensitive (visible) images on the basis of images which already exist in the human subjective experience (Якиманская, 1989). I. Jakimanska (Якиманская, 1980) considers that skill to create spatial images and operate with them is important in acquisition of graphical knowledge and skills. An image arises under the influence of two closely connected determinants – visibility and activity – and in association with particular tasks and conditions.

On the basis of the analyzed pedagogical literature about thinking operations and types as well as I. Jakimanska's image operation types, parameters of spatial thinking has been worked out. Following A. Vorobjov's (Vorobjovs, 1996), B. Lomov (Ломов, 1991) and I. Jakimanska's (Якиманская, 1980) description of thinking levels and survey of specialists of Latvian universities, the author of the present doctoral thesis has established parameters of spatial thinking for determination of graphical competence development in descriptive geometry: **ability to operate with images on the basis of real objects, on the basis of visible pictures, object projections, and ability to operate with images by changing the image position.**

Substantiation of attitude parameters

I. Maslo (2006) considers that attitude arises in man first, then it causes necessity of action, and only after that the need for knowledge and skills arises.

R. Gagne (Gagne, Driscoll, 1988) recognizes that attitude is one more field of study results – student's internal condition that influences the choice of some thing, person or event. For example, attitude to descriptive geometry study course will influence the student's graphical competence development, i.e. a will to acquire graphical knowledge, skills and spatial thinking.

A. Špona (2001, 2004, 2006) is of the opinion that attitude is formed with experience, acquisition of knowledge, emotional experience, will effort, necessity, motives, communicative interaction, values, aims, ideals and norms, and it is connected with activity, because activity makes man's attitude as his/her personality a real, true features, by forming stable interests, conviction, deep feelings, skills in the way of physical, psychological and social habits.

The author of the present doctoral thesis, following I. Žogla (1998), D. Krathvola, B. Bloom and B. Masia's (Krathwohl, Bloom, Masia, 1973) the described attitude levels, analysis and survey of specialists of Latvian universities, has determined the attitude levels and their main parameters in descriptive geometry studies: **activity without understanding or indifferent, episodic program acquisition** (Равен, 1999; Hutmacher, 1997), **insistence or partially reasoned program acquisition** (Eurydice, 2002), **cognitive activity and responsibility** (Briede, Pēks, 2011) and **high cognitive activity, responsibility and initiative** (Eurydice, 2002; Briede, Pēks, 2011).

Summary of criteria and parameters of graphical competence development

Fig. 2 shows summary of criteria and parameters of graphical competence development in accordance with the analyzed pedagogical and psychological literature, and opinion of the teaching staff of Latvian universities.

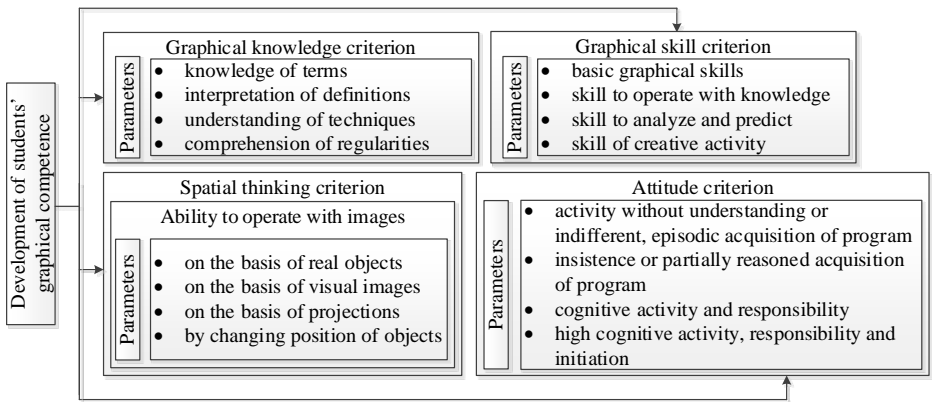


Fig. 2 **Criteria and parameters of graphical competence development**

Source: author's construction

In the following chapter, didactics of descriptive geometry studies is analyzed and the didactic model of descriptive geometry is created in order to develop students' graphical competence.

The **2nd chapter** of the doctoral thesis Substantiation of descriptive geometry studies to facilitate the students' graphical competence development comprises two subchapters.

In **subchapter 2.1. Evaluation of didactics of descriptive geometry studies and its application according to the cognitive constructivist approach and cognitive theory of multimedia learning**, the application importance of the cognitive constructivist approach and cognitive theory of multimedia learning in descriptive geometry studies is substantiated.

The cognitive constructivist approach in descriptive geometry study process

The cognitive constructivism representative J. Piaget (Пиаже, 1969) emphasizes knowledge, comprehension and prediction, as well as the processes of information receiving and processing. According to the theory of cognitive constructivist approach, learning is not acquisition of knowledge but its construction. The main condition is that the student interprets the new information only in compliance with his/her previous experience. It means that studies should be oriented on student's particular problem solving.

The cognitive constructivism supporters and adherents (Пиаже, 1969; Дьюи, 2000; Piaget, 1968; William, Perry, 1999; Briede, 2013) consider that learning is an active process, studies must be active, independent and adequate to students interests, student himself/herself creates knowledge actively and purposefully while the lecturer's role is a promoter.

Therefore, in the process of descriptive geometry studies, the main cognition of cognitive constructivist approach should be observed (Briede, 2013; Brooks & Brooks 1999; Gage, Berliner, 1991): the lecturer in the auditorium creates a situation in which the student evaluates his/her own opinion and by using the new knowledge constructs a new opinion about the considered phenomenon; in this way student's learning is

promoted. The lecturer has a promoter role, and a democratic style predominates. During both the lectures and practical trainings, students may express their own opinion and ask questions regardless of their experience, because in descriptive geometry lectures it is significant for the student to understand at once the lecture's given information. Students may also express their own opinion how they have perceived the issue to be solved. Then the lecturer can supplement or correct the student's opinion, thus better comprehension of the topic will be achieved.

Application of the cognitive theory of multimedia learning in descriptive geometry study process

R. Mayer (1994, 2001, 2003, 2005) has worked out the cognitive theory of multimedia learning which is based on A. Paivio (Clark, Paivio, 1991; Paivio, 1986) dual-coding theory, P. Chandler, J. Sweller (1991) and G. Miller's (1956) limited capacity theory, A. Baddeley (1992, 1999) a short term memory model and M. Wittrock's (1989) active learning theory.

R. Mayer's (2001, 2005) cognitive theory of multimedia learning (see Fig. 3) is substantiated with three main messages: there are two separate perception channels – auditory and visual; each channel has a limited capacity; teaching is an active process consisting of selecting, organizing and integrating information.

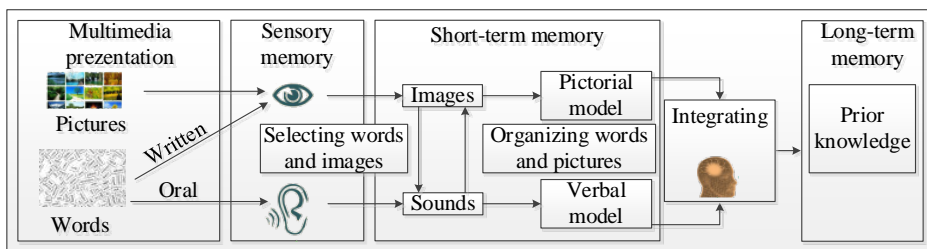


Fig. 3 Cognitive theory of multimedia learning

Source: author's adopted by Mayer (2005)

The author of the cognitive theory of multimedia learning R. Mayer (2008; Moreno, Mayer, 2004; Mayer, Fennell, Farmer, Campbell, 2004; Mayer, Sobko, Mautone, 2003; Mayer, Johnson, 2008) has also established 10 principles which should be observed in this approach: coherence principle, signaling principle, redundancy principle, spatial contiguity principle, temporal contiguity principle, segmenting principle, pre-training principle, modality principle, multimedia principle, personalization principle, because according to these principles student's learning is more successful.

In **subchapter 2.2. Didactic principles of studies in descriptive geometry study process**, the study process of descriptive geometry is analyzed, evaluated and upgraded in compliance with the principles of cognitive constructivist approach.

Aims and objectives of descriptive geometry studies correspond to the principles of unity of education, development and purposefulness (Albertha, 2001).

Most significant aims of descriptive geometry studies are: development of visually spatial perception, comprehension and creative abilities without of which creativity is unconceivable in engineering sciences; deepening of understanding of the application of

descriptive geometry regularities in various branches; development of spatial and logical analytical thinking and prediction skills; development of analysis and synthesis skills of spatial forms and their mutual positions; acquisition of theoretical knowledge of descriptive geometry; development of skills to solve graphical tasks independently; development of graphical competence; development of graphical communication skills; development of regularities of spatial form depiction; development of analyzing skills of spatial forms; skills of active learning mutual cooperation; promotion of responsible and cognition interests invigorating attitude.

Most significant objectives of descriptive geometry studies are: improvement of comprehension of the graphical means and regulations of graphical document processing; knowledge advancement and skills improvement of graphical depiction of spatial objects; comprehension advancement of graphical language importance as international communication means in projecting and project implementation in different branches of national economics and everyday life.

The process of descriptive geometry studies is a purposefully organized teaching and learning process that takes place between the student and lecturer in close interaction (Albrehta, 2001). The leading components of the study process are the study aim and objectives which influence the study content and methods, forms of organization and means. Therefore it is necessary to organize the study process of descriptive geometry according to the advanced aims and objectives. I. Katane (2006) is of the opinion that the study process is the study environment and interaction system of the student, lecturer and study course the functioning of which is subjected to the didactic aims and is in dynamic condition.

The content of descriptive geometry studies should be selected according to the scientific and intelligible principle, systematic and consecutive principle, and should be associated with life and practice (Albrehta, 2001).

Elements of the descriptive geometry content correspond to I. Semyonova's (Семёнова, 2008) advanced elements of descriptive geometry study course; however, the author of the present doctoral thesis suggests his own sequence of exposition and principles, which are presented in Fig. 4.

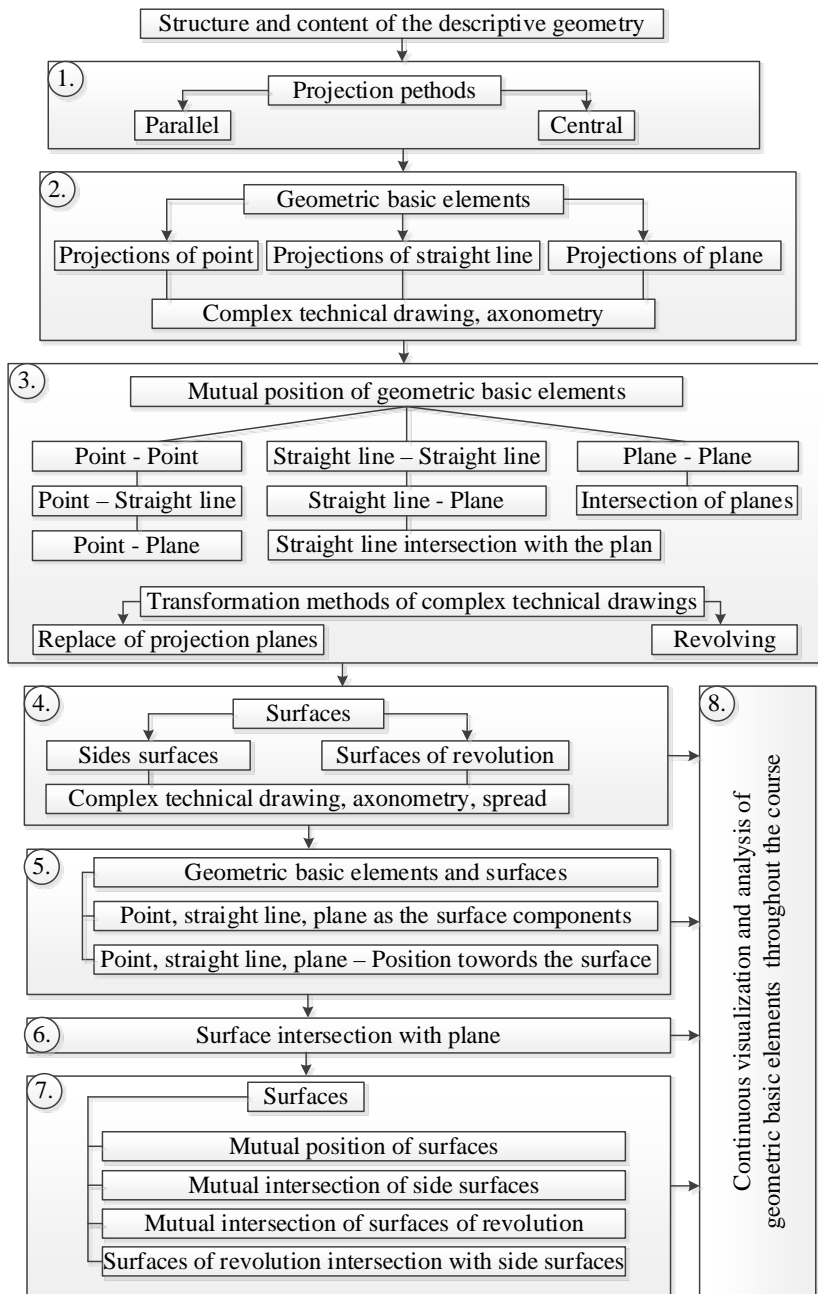


Fig. 4 Structure and content scheme of descriptive geometry study course

Source: author's construction

Practical training is one of the main forms of organization of descriptive geometry study process during which the student forms conviction of his/her knowledge and skills. During the practical classes students' activity is oriented to independent, simple, complicated problem-solving task, while the lecturer should pay attention to the students' graphical competence development in descriptive geometry studies. A. Savicka (Савицкая, 2000) recognizes that graphical problem-solving task is an organic component of all sciences, especially natural sciences and engineering sciences.

E-learning is based on well prepared study materials that correspond to the cognitive theory of multimedia learning principles. In the process of descriptive geometry studies, the author of the present doctoral thesis has used traditional courses with technology elements.

An electronic study material has been prepared for descriptive geometry studies and is located in e-learning environment.

The course module consists of:

- handouts (see Fig. 5) which are needed during the lecture. The handouts are especially prepared with incomplete pictorial and incomplete theoretical part – textual information. Students must complete the pictorial and theoretical part during the lecture. The necessary study material student has to print out from the e-learning environment before the lecture;

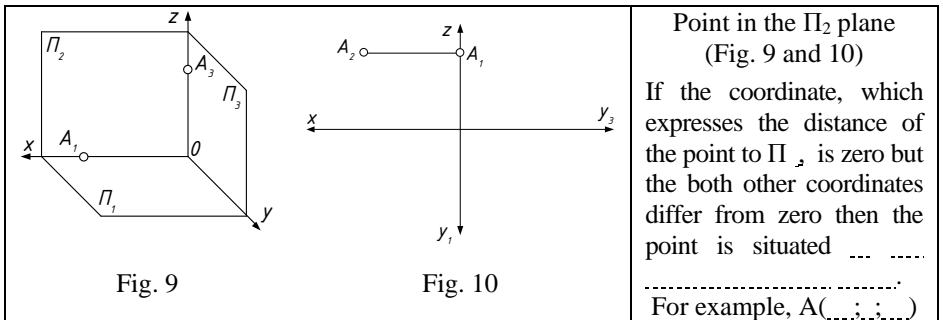


Fig. 5 Descriptive geometry lecture task

Source: author's construction

- animated lectures – especially prepared graphical parts of the lecture with the help of which the advanced problem at the beginning of the lecture or graphical task is gradually solved. This part can be open only after the lecture;
- study material (see Fig. 6) that could be created after the lecture. This material is a fully completed lecture example with finished graphical images and theoretical lecture part – textual information. This section is available to the students before the lecture in order to be able to prepare questions and ask them during the lecture.

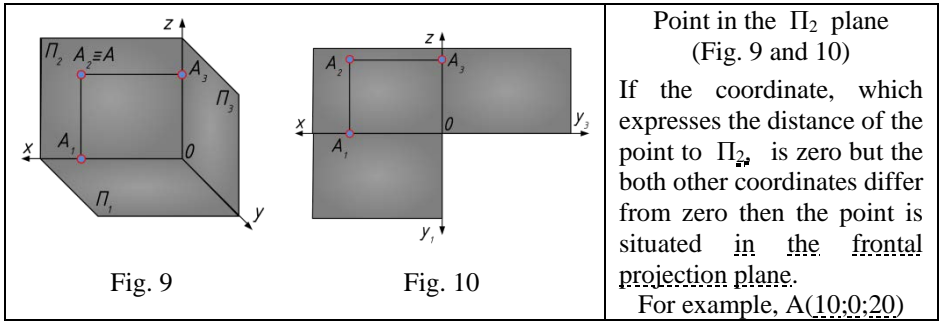


Fig. 6 Descriptive geometry task

Source: author's construction

- test (see Fig. 7) which the student should accomplish during the study course. With the help of the tests students can strengthen their theoretical knowledge, but cannot determine the student level of graphical skills.

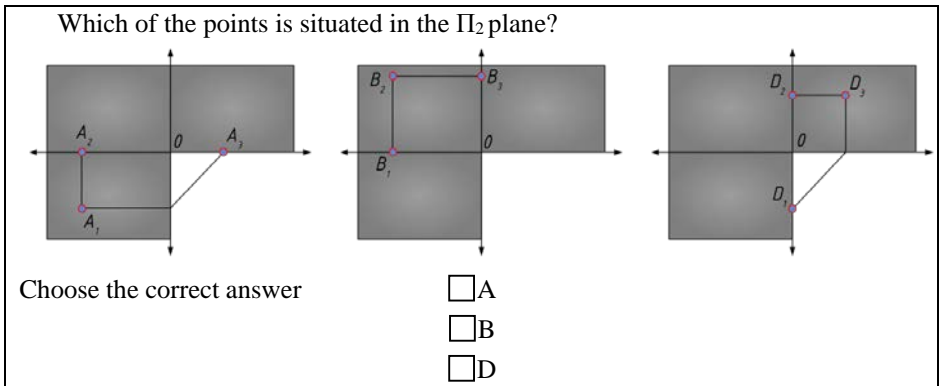


Fig. 7 Descriptive geometry test

Source: author's construction

- questionnaires are placed after each module, thus students opinion about each module can be found out.

The feedback, which can be ensured with tests, is a significant component of the study process because in this way students can determine their level of knowledge (Gee, 2005). Tests help to strengthen the acquired knowledge and correct misconception.

Study methods and appropriate means are selected on the basis of development of visual and theoretical thinking principle, student conscientiousness and intellectual activity principle, positive study emotional background principle, orientation of self-education (Albrehta, 2001), students' mutual cooperation and cooperation between the students and lecturer. According to the cognitive constructivist approach, the most significant methods to be used in the descriptive geometry studies are the active study methods, lectures and

problem-solving tasks. N. Semyonova (СЕМЕНОВА, 2008) presents the idea that in the graphical discipline study process the following active study methods should be used: problem-solving questions, heuristic conversation, visual aids, cognitive game method, study project method, analysis method in life situation classes; moreover, problem-solving questions should be asked in such a way that students not only answer the acquired study material but creatively operate with the prior acquired knowledge to solve the new problem.

Peculiarity of descriptive geometry lecture is that it integrates both verbal and visual methods. The lecture is based on concrete graphical problem-solving tasks to be solved collectively, at the same time emphasizing theoretical peculiarities of such type of tasks. The application of visual study method during the descriptive geometry lecture has the greatest importance because the precision of task fulfillment and also its comprehension are depended on the graphical task visual solving.

In descriptive geometry lecture, dealing with complicated figures (see Fig. 8), first of all it is necessary to look at them as a whole and after that separate them into basic parts, i.e. to view what position lines and planes it consists of, whether any of these lines or planes are of true size, whether the angles formed by these planes and lines to projection planes are of true size, and only after that the task can be fulfilled. Such organization of instruction promotes the spatial thinking improvement, because first of all more deeply understanding is formed about the mutual position of angles, planes and lines, and only then you can analyze the way how to use features of the basic elements in addition to the task solving methods and techniques of this particular task. Students in their mind integrate three projections, i.e. they synthesize and in the mind create the object spatial.

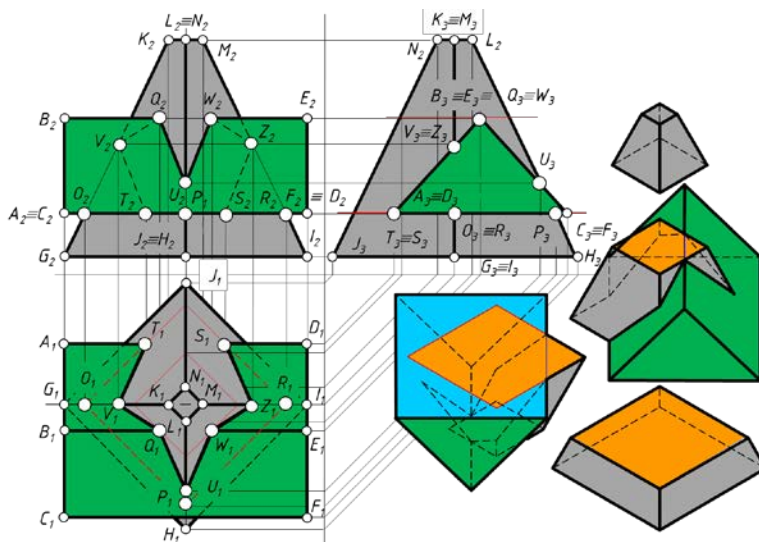


Fig. 8 Square pyramid and triangular prism intersection

Source: author's construction

When using comparing operations, the student has understood the essence of all basic element projecting, levels and general positions, he is able to classify them and to know

that intersections of all projecting planes with lines are seen in projection planes where these planes are seen as lines to which these planes are perpendicular.

Analyzing pedagogical literature, the most suitable classification of the study aids were chosen for the descriptive geometry study course. On the basis of several authors' (Ожонь, 1990; Пидкасистый, 1998; Хуторской, 2001; Савченко, 2009) classification, the author of the present doctoral thesis has selected the following classification principles:

- by common features: paper (printed study aids) and electronic (e-learning aids);
- by groups: technical study aids, auxiliary aids and visual aids.

In the descriptive geometry study course, the study aids are applied according to material and technical provision, students' training level, number of students, age peculiarities, level of motivation, course teaching peculiarities, lecturer's qualification and personal peculiarities. In addition, using the selected study aids, emotional relationships should be also taken into consideration.

Pedagogical control and assessment of students' graphical development

At the beginning of descriptive geometry studies introductory control is used, while at the end of the course of descriptive geometry studies, a summative assessment takes place which consists of different ways of formative assessments. In the process of descriptive geometry studies, the formative assessment is applied which comprises a regular and periodic control.

According to the analysis of graphical competence development criteria and parameters, the levels of graphical competence development have been established in descriptive geometry (see Table 1).

Table 1

Graphical competence development criteria, parameters and levels

Graphical competence development level, points		Graphical knowledge	Graphical competence development parameters	
Failure 1-3	Satisfactory 4-6	Graphical knowledge	Knowledge of terms	
		Graphical skills	Graphical basic skills	
		Spatial thinking	Ability to operate with images on the basis of real objects	
Good 7-8	Satisfactory 4-6	Attitude	Activity without comprehension or indifferent, episodic program acquisition	
		Graphical knowledge	Definitons interpretation	
		Graphical skills	Skill to operate with knowledge	
Excellent 9-10	Good 7-8	Spatial thinking	Ability to operate with images on the basis of visual images	
		Attitude	Insistence or partially reasoned program acquisition	
		Graphical knowledge	Knowledge of techniques	
	Excellent 9-10	Good 7-8	Graphical skills	Skill to analyze and predict
			Spatial thinking	Ability to operate with images on the basis of object projections
			Attitude	Cognitive activity and responsibility
			Graphical knowledge	Comprehension of regularities
			Graphical skills	Skill of creative activity
			Spatial thinking	Ability to operate with images on the basis of position change of geometric basic elements
			Attitude	High cognitive activity, responsibility and initiative

Source: author's construction

According to the criteria, parameters and levels of graphical competence development, the author of the present doctoral thesis recognizes that

9 and 10 points students get when

- they have acquired knowledge and skills at such a level that they perceive, memorize, acquaint, understand, as well as use them to acquire a new knowledge independently and solve creative tasks with the object transformation;
- analyze and theoretically substantiate atypical situations;
- know how to solve different problems, to see and interpret regularities;
- independently express their own opinion, define assessment criteria, predict consequences;
- are able to evaluate different opinion, promote cooperation in solving study problems;
- without supplementary aids operate with spatial objects;
- operate with images of spatial objects by changing positions of basic geometric elements, are able to determine their position, size, angles and distances;
- actively and responsively perform all tasks set by the lecturer;
- arrange the technical drawing in compliance with the standard requirements.

7 and 8 points students get when

- they have acquired and understood the study course fully, are able to use all techniques taught in descriptive geometry to perform tasks, differentiate between essential and non-essential, know and are able to define concepts, main rules, formulate recognition regulations;
- use knowledge and skills by example, analogy or in familiar situation, perform standard and combined tasks, analyze and predict the task fulfillment;
- graphical tasks perform independently and in high quality, are able to analyze them superficially;
- operate with spatial objects with difficulty by choosing the needed aids by themselves;
- in basic issues of the study course express personal attitude, actively participate in the cognitive process.

4 and 6 points students get when

- have acquainted with the given study content, differentiate between essential and non-essential, know and are able to define concepts, main rules, formulate recognition regulations, with some help perform standard tasks, recognize the acquirable objects among many other objects;
- the content of the study course outline clearly and understandably enough, rarely can differentiate between the essential and non-essential; use knowledge and skills by example, analogy or in familiar situation, perform standard and combined tasks, analyze and predict the task fulfillment;
- operate with spatial objects with difficulty, during the operating process receive help and instructions about the needed aids, operate with spatial object images by using their visual or axonometric projections;
- have acquired skill to cooperate and communicate, graphical tasks perform regularly.

1, 2 and 3 points students get when

- they only perceive and recognize the study content, but acquire insufficient content amount (less than 50%), perform only primitive tasks using example in well familiar situation, only part of the tasks perform without mistakes;
- recognize terms used in descriptive geometry, but are unable to determine their characteristics and features, and cannot analyze the graphical work;
- recognize the spatial objects, but do not know how to operate with them;
- outline the study content, but unclearly, rarely can differentiate between the essential and non-essential;
- in the task solving there is no scientific approach, therefore not always the task is performed correctly;
- real object models are needed to be able to operate with object images and construct the object projections;
- are able to work only with the help of other students or a lecturer.

Didactic model of descriptive geometry studies

On the basis of the analysis of pedagogical and psychological literature, lectures of descriptive geometry studies and the personal experience of the author of the present doctoral thesis both at the university and school, the didactic model of descriptive geometry studies has been worked out, and it is presented in Figure 9.

The didactic model of descriptive geometry studies has been worked out taking into consideration the cognitive constructivist basic principles. These basic principles have been taken into consideration when choosing the study aims and objectives, study content, principles and methods, as well as creating the study aids. Principles of the cognitive theory of multimedia learning have been integrated into the lecture course and formation of e-learning, but principles of cognitive constructivist approach have been used throughout the descriptive geometry study process. Also, in the didactic model of descriptive geometry studies, all study stages have been included – methodological, content, organizational, control and assessment (see Fig. 9).

The descriptive geometry study process is organized in lectures, practical training, e-learning and consultations. In the organization of lectures, practical trainings and e-learning, principles of the cognitive constructivist approach and cognitive theory of multimedia learning are applied. During the process of studies, the lecturer and students interact and use the needed study aids, including e-learning materials developed by the author of the present doctoral thesis; while at school in the process of technical graphics course – a textbook, collection of tasks and teacher’s book, of which the co-author is the author of the present doctoral thesis, and e-studies.

Success in the course of descriptive geometry studies are dependent on the knowledge and skills level in such study subjects as physics and mathematics, therefore an introductory control is performed and the students’ primary skills are found out. Formative assessment is carried out by using heuristic methods and individual control works of the graphical competence development level, whereas summative control is a total amount of formative assessments.

As the descriptive geometry is a grammar of engineering graphics, its studies form the basis of those study courses where graphical knowledge and skills are needed.

Most essential principles of the cognitive approach:
Key words: knowledge, understanding, prognostication, receiving and processing of information, activity, independence and correspondence to the interests of students.
Principles: learning is an active process with a meaning, studies should be real life based, and the student actively constructs his own knowledge and experience; formation of positive mutually emotional relationships; lecturer has mainly a role of a promoter.

Key words of the cognitive theory of e-learning approach:
 Coherence principle, signaling principle, redundancy principle, spatial contiguity principle, temporal contiguity principle, segmenting principle, pre-training principle, modality principle, multimedia principle, personalization principle.

Key words of the most essential didactic principles of descriptive geometry studies:
 Purposefulness, understanding, scientific value, systematic, regularity, sequence, objectivity, links with real life, visuality, responsibility, activity, stability of knowledge.

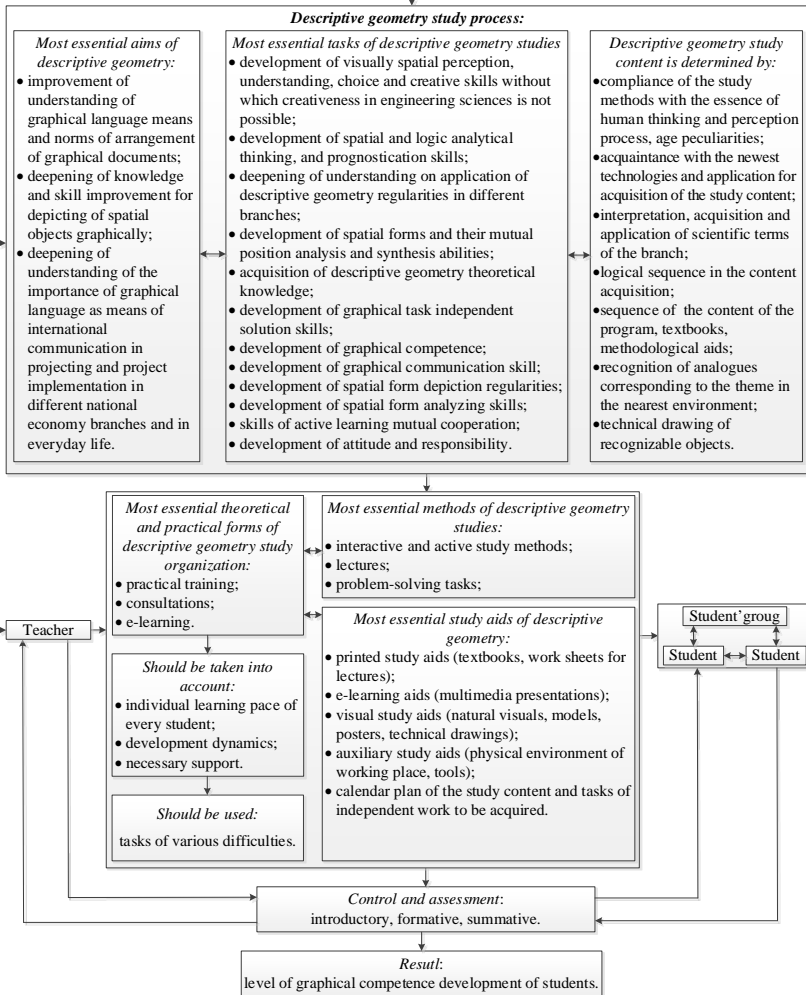


Fig. 9 Didactic model of descriptive geometry studies

Source: author's construction

Novelties of the developed didactic model of descriptive geometry studies:

1. cognitive constructivist approach – cognitive active learning, experience organization and self organization are the basis for the choice of didactic model elements of descriptive geometry studies;
2. the cognitive theory of multimedia learning based on the dual-coding theory and visualization application in the study process, is the basis of the development of study aids in descriptive geometry studies;
3. systemic application of the content, study principles and methods in total, prepared especially for each study program in the forms of study organization established by the university, promotes the development of students' graphical competence in descriptive geometry studies.

The 3rd chapter of the doctoral thesis Empirical investigations on the study didactic model of descriptive geometry studies comprises two subchapters.

Subchapter 3.1. Analysis of the primary data of didactic model of descriptive geometry studies presents five investigations on the efficiency of existing didactic approach during the lectures, practical classes and the upgrading possibilities of the didactic model.

In the first investigation, it was found out that interactive study programs were needed for independent work of students to prepare for the classes.

In the second investigation, the best types of tests recognized by students which could be used in e-learning organization as well as the ways of assessment most suitable for students were determined.

In the third investigation, cognition level of students of various descriptive geometry study themes were estimated in order to find out themes in which special study aids should be worked out to increase the level of understanding of the theme.

In the fourth investigation, types of technical aids were established which students would like to see during the study process.

The aim of the fifth investigation was to observe the usefulness of application of the didactic model of descriptive geometry studies at secondary schools. To carry out the investigation, a textbook, collection of tasks, teacher's book and e-learning course on technical graphics had been prepared.

In the **subchapter 3.2. Experimental data analysis of investigation on didactic model of descriptive geometry studies, criteria and parameters of graphical competence development**, four investigations are described on the usefulness of application of the didactic model of descriptive geometry, concept, criteria, parameters and levels of graphical competence in descriptive geometry studies.

The aim of the sixth investigation was to find out the influence of cognitive constructive approach and cognitive theory of multimedia learning applied in the didactic model of descriptive geometry on the understanding of its terms, concepts, techniques and regularities for graphical competence development. A conclusion can be drawn that there are significant differences of understanding of descriptive geometry terms, concepts, techniques and regularities between the respondents of control and experimental group. It means that application of the cognitive constructive approach and cognitive theory of multimedia learning in descriptive geometry studies influences significantly the understanding of students of descriptive geometry study themes.

Documents were analyzed to make sure that the self evaluation of students complied with the real development level of graphical competence in certain themes.

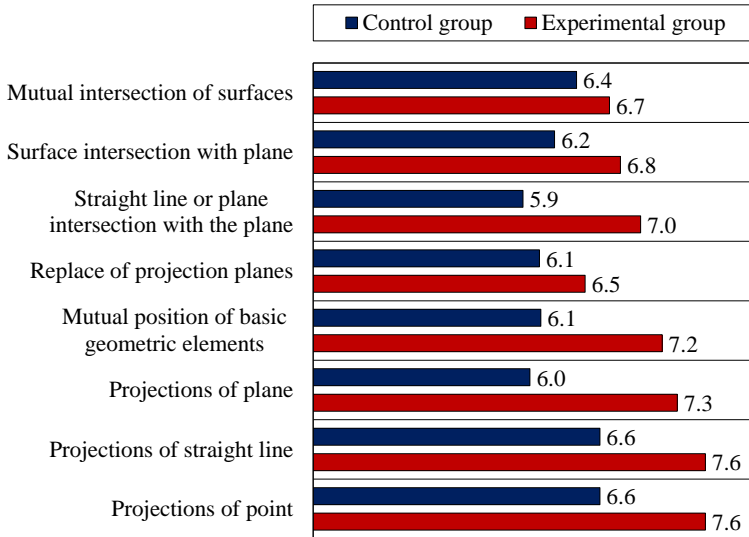


Fig. 10 The arithmetic mean evaluation of understanding of descriptive geometry themes

Source: author's research results

Comparing the self evaluation of descriptive geometry study themes by a 10-point scale (see Fig. 10) with the lecturer's assessment, it is evident that the understanding of descriptive geometry themes differs.

By analysis of the documents a conclusion was drawn that there was a significant difference between the control and experimental group. To compare samples (control and experimental group) and determine whether there is a statistically significant difference between them a paired sample t-test was used.

As $t_{\text{fact.}} = 4.86195 > t_{\text{crit.}} = 2.14479$ and $p\text{-value of bilateral alternatives} = 0.03471 < 0.05$, then with 95% of probability we can conclude that there are significant differences of understanding of terms, concepts, techniques and regularities of descriptive geometry between the control group and experimental group of respondents. These results show evidence that application of the didactic model of descriptive geometry influences significantly the understanding of descriptive geometry themes.

The aim of the seventh investigation was to verify the didactic model of descriptive geometry worked out in the theoretical studies.

Teaching methods applied in the descriptive geometry study at university and the level of students' graphical development were verified, the obtained results are given in Fig. 11 that shows the changes of graphical development level in control groups and experimental group by comparing the mean arithmetic assessment of the first and second development level.

In the first control group, where lecturers applied their own selected teaching methods in the course of descriptive geometry, the mean arithmetic assessment of the first development level of students' graphical competence was 2.9 points, but results of the second test the mean arithmetic assessment was 3.6 points.

In the second control group, where lecturers applied their own selected teaching methods and principles of the cognitive theory of multimedia learning, the mean arithmetic assessment of the first development level of graphical competence was 2.2 points, but results of the second test the mean arithmetic assessment was 4.5 points.

In the experimental group, where the lecturer applied a completely developed didactic model of descriptive geometry study course, the mean arithmetic assessment of the first development level of graphical competence test was 3.9 points, but the mean arithmetic assessment of the second test was 6.7 points.

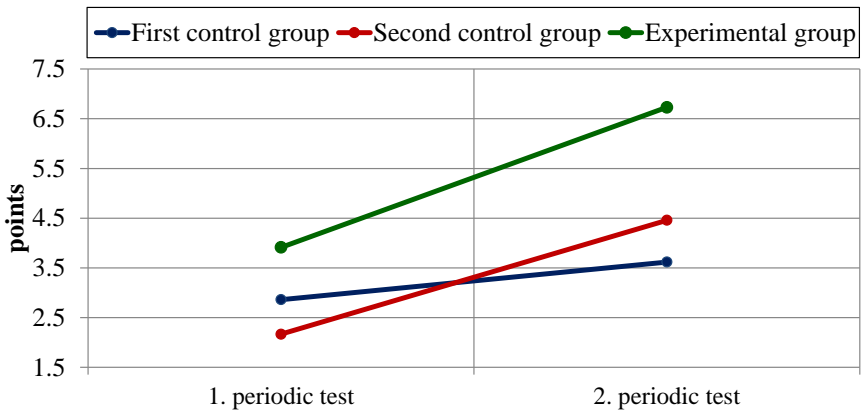


Fig. 11 Tendency of the development of graphical competence of students

Source: author's research results

To perform two sample (1st periodic test and 2nd periodic test) comparisons and to determine whether the differences between them are statistically significant, a paired two-sample t-test was applied.

As $t_{\text{fact}} = 3.14422 > t_{\text{crit}} = 2.77645$ and p-value of bilateral alternatives = $0.03471 < 0.05$, then with 95% of probability we can conclude that the development of graphical competence in the 1st test differ significantly from the development of graphical competence in the 2nd test. Therefore, by comparing both periodic tests, we can conclude that the development of graphical competence of students differ significantly.

In the eighth investigation, opinion of students about the application of the didactic model of descriptive geometry studies and criteria, parameters and levels of the development of graphical competence in the study process of descriptive geometry was found out. On the basis of answers of respondents, a conclusion can be drawn that the didactic model of descriptive geometry studies and criteria, parameters and levels of development of graphical competence of students, worked out by the author of the present doctoral thesis, satisfied students.

In the first part of the ninth investigation, experts evaluated the concept of graphical competence of students, its development criteria and parameters applied in the process of descriptive geometry studies. Nine experts – academic staff – from the Latvia University of Agriculture, Riga Technical University and Rēzekne Higher School participated in the research.

Opinion of the experts (see Fig. 12) about each parameter (graphical knowledge, graphical skills, spatial thinking and attitude), selected by the author of the present doctoral thesis and established during the theoretical literature studies, was found out. Most part of the experts considered that the development level of graphical competence can be determined.

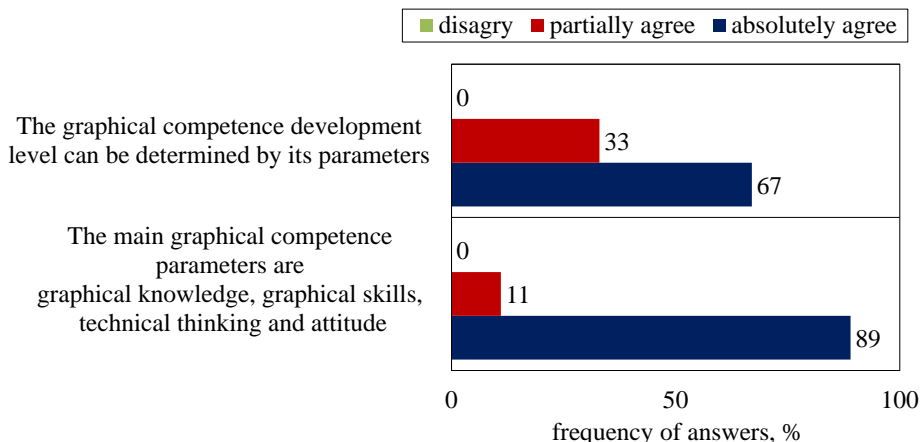


Fig. 12 Determination of the development parameters and levels of graphical competence

Source: author’s research results

In the 2nd part of the research of evaluation of development parameters of graphical competence eleven experts of this field from the Latvia University of Agriculture (LUA), Riga Technical University (RTU) and Rēzekne Higher School (RHS) participated in the survey.

On the basis of theoretical research, several questions were formulated about the graphical knowledge, graphical skills, spatial thinking and attitude criteria. Using the questionnaire method, the opinion of experts was found out about the significance of the development criteria parameters of graphical competence in descriptive geometry studies.

Data on the research results of the knowledge criteria parameters (KCP), skill criteria parameters (SCP), spatial thinking criteria parameters (STCP) and attitude criteria parameters (ACP) are summarized in Fig. 13.

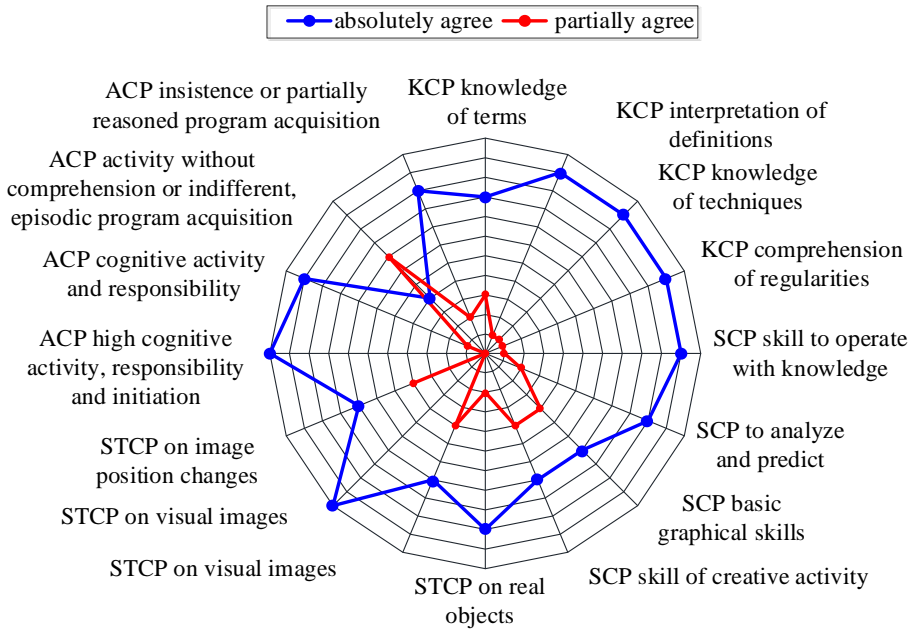


Fig. 13 Summary of the development parameters of graphical competence

Source: author's research results

The results show that experts had evaluated the criteria of knowledge, skills, spatial thinking and attitude positively. The rate of absolutely agree responses was 79%, and 21% was partly agree. None of the experts chose the answer partially disagree or disagree to questions about the criteria of knowledge, skills, spatial thinking and attitude.

Evaluation of the experts approved that the development criteria and parameters of graphical competence applied in the didactic model of descriptive geometry are useful without significant changes for determination of graphical competence development during the study process of descriptive geometry.

CONCLUSIONS

1. Peculiarity of the competence of graphical and descriptive geometry is emphasizing the perception and understanding of spatial regularities. Graphical competence is a concept characterizing the ability of students to understand, depict, interpret, analyze and create information in graphical way, ability to think in the form of graphical images as well as the attitude of students that take the form of the graphical cognitive activity and responsibility for the performed graphical activity.
2. Experts evaluation has approved the following graphical competence development criteria, established by theoretical findings, graphical knowledge, graphical skills, spatial thinking and attitude:

- graphical knowledge – knowledge of descriptive geometry, engineering graphics, construction graphics, technical graphics, computer graphics and others relevant to graphical activities;
 - graphical skills – knowledge acquired during the descriptive geometry studies and application in specialized graphical activities;
 - spatial thinking – operation with images in the process of visualization and implementation of engineering technical ideas;
 - attitude – cognitive activity, interest in techniques and opportunities of visualization of engineering technical ideas and responsibility for the performed idea.
3. Experts evaluation has approved the following graphical knowledge parameters established by theoretical findings:
- knowledge of terms – collocations of words used in graphical activity;
 - interpretation of definitions – knowledge of spatial object qualities and features acquired by analyzing and synthesizing process;
 - knowledge of techniques – understanding of the activity to be performed;
 - understanding of regularities – determination of the spatial objects and mutual position of their basic geometric elements, emphasizing and generalization of their essential features.
4. Experts evaluation has approved the following graphical skill parameters established by theoretical findings:
- basic graphical skills – selection and implementation of appropriate activity techniques by new conditions considering the national standards and technical esthetics and composition requirements;
 - skills to operate with knowledge – application of knowledge in practical and creative activity as well as theoretical substantiation of the performed activity by using terms acquired in descriptive geometry;
 - skill to analyze and predict – division of the object into simple elements, understanding of spatial position and mutual position of basic geometric elements; prediction skills are based on the analyzing skills which are considered as an independent knowledge-seeking by modeling the spatial information and predicting the result of graphical activity;
 - skill of creative activity – a creative problem-solving by applying non-traditional methods; formulation of atypical task performance, theoretical approval and graphical solving.
5. Experts evaluation has approved that the spatial thinking parameters, established by theoretical findings, are ability to operate with images on the basis of:
- real objects – perception of real objects and their depiction in projection planes as well as ability to see the basic elements in a real object and detect their mutual position and location in space;
 - visual images – imagination of real object forms, determination of the object projection look, location of geometric object in space and mutual position by the visual image or axonometric projection;
 - object projections – creating the object image, determination of its element position and location in space on the basis of the object depiction in three mutually perpendicular planes and imagination of them as a whole;

- change of position of basic geometric elements – determination of the size of the basic geometric elements of the object, angles and distance between them by changing the projection planes or position of objects towards the projection planes; imagination of auxiliary elements with the help of which it is possible to determine the changes in images of objects or object groups caused by certain constructions.
6. Experts evaluation has approved that the attitude parameters, established by theoretical findings, are as follows:
 - activity without understanding or indifferent, episodic acquaintance of the program – group mates discussion of terms, concepts, regularities and techniques acquired during the descriptive geometry studies, so gaining experience of task solving in unknown situations but without acquisition of the program;
 - insistence or partially reasoned acquisition of the program – an essential parameter in any activity; independent activity of students should be subjected to the classes according to the study program and home tasks should be performed in due time;
 - cognitive activity and responsibility is based on such external conditions as an active participation in lectures and practical trainings by communicating with group mates and lecturer, surveys and test fulfillment;
 - high cognitive activity, responsibility and initiative – a self-regulated activity, responsible and active participation in the process of descriptive geometry studies to do the tasks successively by using the study aids offered by the lecturer including consultations.
 7. The worked out assessment tools of graphical competence of students based on the criteria, parameters and levels of the graphical competence development can be applied in the formative assessment in order to determine more precisely the level of graphical competence development in descriptive geometry studies. In turn, students should know that their knowledge, skills, spatial thinking and attitude are assessed in each class to prepare better for the classes and express a positive attitude in descriptive geometry studies.
 8. The didactic model of descriptive geometry studies is substantiated by the cognitive constructive approach and cognitive theory of multimedia leaning. Elements of the didactic model of descriptive geometry are systemically connected by implementing them in the study process: exterminating the study aim, content, methods, means and way of assessment and control by emphasizing the principle of cognitive constructive approach, visualization and visuality principle.
 9. On the basis of approbation of the didactic model of descriptive geometry studies, didactics of descriptive geometry studies and technical graphics is upgraded:
 - study methods promoting the development of graphical competence of students have been established at the university, graphical tasks, control tasks of the graphical competence development level, independent tasks and e-learning have been worked out;
 - study methods promoting the development of graphical competence of pupils have been established at school, a textbook, collection of tasks, teacher’s book, work book and e-learning have been worked out.
 10. Comparison of the understanding of descriptive geometry themes of the experimental group (the didactic model of the process of descriptive geometry studies has been used) and control group (the study methods selected by the leading lecturer have been used in the process of descriptive geometry studies), and analysis of documents of the regular formative control of students’ graphical competence development

show a significant difference between the control group and experimental group. As $t_{\text{fact.}} = 4.86195 > t_{\text{crit.}} = 2.14479$ and p-value of bilateral alternatives = $0.03471 < 0.05$, then with 95% of probability we can conclude that there are significant differences of understanding of terms, concepts, techniques and regularities of descriptive geometry between the control group and experimental group of respondents. These results show evidence that application of the didactic model of descriptive geometry influences significantly the understanding of descriptive geometry themes.

11. By analysis of documents of periodic formative tests of the development of graphical competence of students, it is evident that there is a significant difference between the first and second periodic formative assessment. As $t_{\text{fact.}} = 3.14422 > t_{\text{crit.}} = 2.77645$ and p-value of bilateral alternatives = $0.03471 < 0.05$, then with 95% of probability we can conclude that, comparing both periodic tests, the development of graphical competence differs significantly. These results show that application of the didactic model of descriptive geometry influences significantly the graphical competence development of students.
12. In the studies of descriptive geometry, according to the parameters of students' graphical competence development, most capable students can achieve a good (7-8 points) level of descriptive geometry development, while during the process of descriptive geometry studies by applying the didactic model of descriptive geometry as means of improvement of graphical competence, most capable students can achieve a high (9-10 points) level of graphical competence development.
13. Analyzing results of the formative assessment, the advanced hypothesis has been approved that the graphical competence of students in the studies of descriptive geometry develops more successfully when the didactic model of descriptive geometry is applied in the study process and students are assessed in accordance with the criteria, parameters and levels of the development of graphical competence.
14. The advanced aim of the research is achieved – the concept of graphical competence is pedagogically substantiated, its development criteria, parameters and levels are worked out and the didactics of descriptive geometry is upgraded on the basis of the cognitive constructivist approach and the cognitive theory of multimedia learning.
15. On the basis of the performed research, the author of the present thesis concludes that the following investigations should be carried out on the motivation of students because the didactic model of descriptive geometry studies can be fully applied with purposeful, highly motivated students who want to study, while with the students of low motivation of studies it can be used only partially, because one of the first principles of the cognitive constructivist approach is that the student himself actively construct his knowledge, but low motivated students do not do it actively. Those students lack motivation who has poorly developed spatial thinking, therefore alongside with the motivation research it is necessary to analyze the spatial thinking and opportunities of its development nowadays.
16. The determined parameters of spatial thinking can be used not only in the studies of descriptive geometry, technical graphics, engineering graphics and technical drawing but also in many fields of art courses. While the didactic model worked out on the basis of the cognitive theory of multimedia learning can be applied in any course of didactics.

RECOMMENDATIONS

For the lecturers of descriptive geometry, technical drawing, technical graphics, engineering graphics and other graphic design related courses

- In acquisition of the graphical competence, it is necessary to base on the active cognitive process, mutual cooperation of students and cooperation with lecturers in compliance with the aim and objectives of the studies by selecting most suitable study aids for individual students and applying the formative assessment during the study process.
- During the study process, e-learning should be used that offers wide opportunities of support to students in their independent activities, digital methodological material, tests, vocabulary, animations and other various study aids.
- During the study process (for example presentations and e-learning), cognitive constructivist approach and cognitive theory of multimedia learning principle should be used; concurrently with presentations, pre-prepared work sheets also should be used, thus improving the level of understanding of students of the theme to be acquired.
- During the formative assessment, for determination of graphical competence level of students it is recommended to apply criteria and their parameters worked out by the author of the present doctoral thesis: graphical knowledge (knowledge of terms, interpretation of concepts, knowledge of techniques, understanding of regularities), graphical skills (basic graphical skills, skill to operate with knowledge, skill to analyze and predict, skill of creative activity), spatial thinking (ability to operate with images on the basis of real objects, visual figures, object projections changing their position) and attitude (activity without understanding or indifferent, episodic acquisition of the program, insistence or partially reasoned acquisition of the program, cognitive activity and responsibility, high cognitive activity, responsibility and initiative).
- In the study courses, where there is a need to visualize processes of the surrounding environment, phenomena, regularities and inter-correlations, the didactic model is recommended as it helps to achieve a high development level of graphical competence.
- In order to apply the didactic model of descriptive geometry in the process of studies, it is necessary:
 - to acquire and implement the cognitive constructivist approach and relevant didactic study principles;
 - to use presentations based on the cognitive theory of multimedia learning;
 - to work out aims, objectives and content of the studies adequate to nowadays requirements, to organize e-learning for upgrading the study process;
 - to apply the formative assessment as the main form of assessment.

For upgrading descriptive geometry, technical drawing, construction graphics, engineering graphics and other graphic design related courses

- The author of the present doctoral thesis, on the basis of his experience and research on the necessary length of time to perform the graphical tasks, considers that the optimal time division between lectures, practical training and independent work with various study aids including e-learning of descriptive geometry studies could be 16:32:72 (where 16 hours are lectures, 32 hours are practical training and 72 hours are devoted to the independent work). It means that for the acquisition of the study program 3CP would be necessary (on the basis of the Law of Higher Schools, 1CP is an accounting unit that equals 40 academic hours of the learner's work); however, in many study programs, only 2CP are allocated for descriptive geometry studies, i.e. 16:16:48. At the beginning of studies, the level of graphical competence of students is different; therefore only for the most capable students the time limit is sufficient, while the others need 3CP length of time. The author of the present doctoral thesis recognizes that a similar time division (1:2:4.5) would be necessary for the study courses where graphic design works are performed.
- In the courses related to the graphic design, tasks where a certain situation is shown not only schematically or as a complex technical drawing but also as a spatial or axonometric should be included in each theme. Such objects can be also constructed with the help of various computer programs, for instance AutoCAD, SolidWorks. To be able to complete the graphic works in any of the above mentioned programs, the acquisition of this program should be started simultaneously with the courses of descriptive geometry, technical drawing, technical graphics, construction graphics or engineering graphics. This approach would ensure the acquisition of performing the graphic works with different instruments (mechanic) and tools (programs).

Approbation of the research results

Reports at the International Scientific Conferences (18)

1. 5 Международная конференция „Информационные технологии для новой школы”. Россия, Санкт-Петербург, 26–28 марта 2014 года. Реферат: *Лекция как активная форма учебной организации на занятиях начертательной геометрии.*
2. 4th International Conference „Education, Research & Development” 04–08 September, 2013. Bulgaria, Sunny Beach. Poster: *Организация самостоятельной работы на занятиях по начертательной геометрии.*
3. 12th International Conference on Engineering Graphics „BALTGRAF 2013” 05–07 June, 2013. Latvia, Riga. Report: *Graphical Competence in Engineering Sciences.*
4. 12th International Conference „Engineering for rural development” 23–24 May, 2013. Latvia, Jelgava. Report: *Descriptive geometry competence in rural engineering science.*
5. 8th International Conference „Person Color Nature Music” 08–12 May, 2013. Latvia, Daugavpils. Report: *Determination of the graphical competence level in descriptive geometry study course.*
6. 4 Международная конференция „Информационные технологии для новой школы”. Россия, Санкт-Петербург, 25–30 марта 2013 года. Реферат: *Организация самостоятельной работы на занятиях черчения.*
7. 3rd International “Conference Education, Research & Development” 07–11 September, 2012. Bulgaria, Sunny Beach. Poster: *Graphical competence as the indicator of the quality level of descriptive geometry studies.*
8. 2nd International “Conference Education, Research & Development” 08–12 September, 2011. Bulgaria, Sunny Beach. Poster: *The use of e-learning in descriptive geometry course.*
9. 8th International scientific and practical conference „Environment. Technology. Resources” 20–22 June, 2011. Latvia, Rezekne. Report: *Using of information technologies to improve the spatial understanding of students.*
10. International Conference on Engineering Graphics „Baltgraf 11” 09–10 June, 2011. Tallinn, Estonia. Report: *Analysis of different study aids at the descriptive geometry lessons.*
11. International Conference on Engineering Graphics „Baltgraf 11” 09–10 June, 2011. Tallinn, Estonia. Report: *Design of gear wheels in 3D CAD.*
12. VII International Conference „Person. Color. Nature. Music” 11–15 May, 2011. Latvia, Daugavpils. Report: *The structure of the descriptive geometry study course.*
13. VI International Conference „Person. Color. Nature. Music.” 05–08 May, 2009. Latvia, Daugavpils. Report: *Multimedia usage in lectures to improve the spatial understanding.*
14. International scientific conference „Society, Integration, Education”. Rēzekne, 27.-28. februāris, 2009. Referāts *Tehnisko līdzekļu izmantošana studentu mācīšanas procesā.*
15. XVII Международная конференция выставка „Информационные технологии в образовании”. Россия, Москва, 09–11 ноября 2007 года. Реферат:

Использование MS PowerPoint программы для оптимизации лекций в университете.

16. V International Conference „Person. Color. Nature. Music” 17–21 October, 2007. Latvia, Daugavpils. Report: *The use of information technology in education.*
17. Международная научно-методическая конференция „Современные технологии оценки качества образования: модульно – рейтинговая система”. Россия, Псков, 12–13 июня 2006 года. Реферат: *Использование компьютерных технологий при оценке качества работы студентов.*
18. VIII Международная школа-семинар „Современные информационные технологии”. Беларусь, Браслав, 02–09 июля 2005 года. Реферат: *Освоение предмета начертательной геометрии в виде дистанционного обучения.*

Publication in scientific issues (22)

1. O. Vronsky (04–08 September, 2014) Didactic model of descriptive geometry studies. 5th International Conference, Education, Research & Development. Bulgaria: Elenite Holiday Village, ISSN 1313-2571: p. 558 – 567.
2. O. Вронский (26–28 март, 2014) Лекция как активная форма учебной организации на занятиях начертательной геометрии. 5 Международная конференция Информационные технологии для новой школы. Россия: Санкт-Петербург, ISBN 978-5-91454-075-0: 40-42 lpp.
3. O. Вронский (04–08 September, 2013) Организация самостоятельной работы на занятиях по начертательной геометрии. 4th International Conference, Education, Research & Development. Bulgaria: Sunny Beach, ISSN 1313-2571: p. 59-67.
4. O.Vronsky (05–07 June, 2013) Graphical Competence in Engineering Sciences. 12th International Conference on Engineering Graphics Baltgraf 2013. Latvia: Riga, ISBN 978-9934-507-30-4: p. 257-263.
5. O. Vronskis (23–24 May, 2013) Descriptive geometry competence in rural engineering science. 12th International Conference, Engineering for rural development. Latvia: Jelgava, ISSN 1691-5976: p.663-666. (EBSCO, SCOPUS)
6. O. Vronskis, N. Vronska (08–12 May, 2013) Determination of the graphical competence level in descriptive geometry study course. 8th International Conference, Person. Color. Nature. Music. Latvia, Daugavpils: ISBN 978-9934-8393-2-0: p. 95-109 (Web of Science, Thomson Reuters).
7. O. Вронский (25–30 март, 2013) Организация самостоятельной работы на занятиях черчения. 4 Международная конференция Информационные технологии для новой школы. Россия, Санкт-Петербург, ISBN 978-5-91454-065-1: 19-21 с.
8. O.Vronsky (07–14 September, 2012) Graphical competence as the indicator of the quality level of descriptive geometry studies. 3rd International Conference Education, Research & Development. Bulgaria: Sunny Beach, ISSN 1313-2571: p. 4-15.
9. O. Vronskis (08–12 September, 2011) The use of e-learning in descriptive geometry course. 2nd International Conference Education, Research & Development. Bulgaria: Sunny Beach, ISSN 1313-2571: p. 23-32. (EBSCO)
10. O. Vronskis, N. Vronska (20–22 June, 2011) Using of information technologies to improve the spatial understanding of students. 8th International scientific and practical conference „Environment. Technology. Resources”. Rezekne: RA, ISSN 1691-5402: p. 55-61 (SCOPUS).

11. O. Vronskis (09–10 June, 2011) Analysis of different study aids at the descriptive geometry lessons. International Conference on Engineering Graphics Baltgraf 11. Tallin: Tallin University of technology: p.62-68.
12. O. Vronskis, G. Uzklingsis, J. Cukurs, A. Cukure, I. Nulle (09–10 June, 2011) Design of gear wheels in 3D CAD. International Conference on Engineering Graphics Baltgraf 11. Tallin: Tallin University of technology: p. 185-190.
13. O. Vronskis, N. Vronska (10–15 May, 2011) The structure of the descriptive geometry study course. Scientific articles of 7th International Conference Person. Color. Nature. Music. Daugavpils: DU, ISBN 978-9984-14-556-3: p.140-156 (Web of Science).
14. O. Вронский (29 апреля – 09 мая 2011 года) Среда электронного обучения как дополнительное средство для обучения начертательной геометрии. 11-я международная конференция Современные проблемы науки и образования. Харьков: ISBN 978-966-623-752-4: 236-237 с.
15. O. Vronsky, N. Vronsky (05–10 May, 2009) Multimedia Usage in Lectures to Improve the Spatial Understanding. Abstracts of VI International Conference Person. Color. Nature. Music. Daugavpils: DU, ISBN 978-9984-14-434-4: p.50-51.
16. O. Vronskis, N. Vronska, (27.–28. februāris, 2009) Tehnisko līdzekļu izmantošana studentu mācīšanas procesā. Starptautiskā zinātniskā konference Sabiedrība, Integrācija, Izglītība. Rēzekne: RA, ISBN 978-9984-44-018-7: 259.-267. lpp (Web of Science).
17. O. Vronskis, N. Vronska (10–12 April, 2008) Reorganization of Educational Process as the Factor of Improvement of Life Quality. Abstracts of International scientific conference Applied Information and Communication Technology. Jelgava: LLU, ISBN 978-9984-784-68-7: p.184.
18. O. Вронский (09-11 ноября, 2007 года) Использование MS PowerPoint программы для оптимизации лекций в университете. XVII Международная конференция выставка Информационные технологии в образовании. Москва: МГУ, ISBN 978-5-9900576-4-7: 145-146 с.
19. O. Vronskis (17–21 October, 2007) The use of information technology in education. IV International Conference Person. Color. Nature. Music. Daugavpils: DU, ISBN 978-9984-14-367-5: p. 350-355 (Web of Science).
20. O. Vronskis (24–25 May, 2007) Principles of the programmed teaching in virtual education of engineering. 6th International scientific conference Engineering for rural development. Jelgava: LLU, ISSN 1691-3043: p.75.-78.
21. O. Вронский, Н. Вронская (11-14 октября 2006) Использование компьютерных технологий при оценке качества работы студентов. Современные технологии оценки качества образования: модульно-рейтинговая система. Псков: ПГПУ, ISBN 5-87854-392-3, 165-167 с.
22. O. Вронский, А. Какитис (02-09 июля 2005 года) Освоение предмета начертательной геометрии в виде дистанционного обучения. Журнал Известия Белорусской инженерной академии №1 (19)/2. Белорусь: Браслав, 121-124 с.

Didactic study provision

- Čukurs J., Vronskis O. (2010) Tehniskā grafika. Grafisko darbu uzdevumu krājums. Rīga. RaKa, 216 lpp.
- Čukurs J., Vronskis O. (2009) Tehniskā grafika. Skolotāja grāmata. Rīga. RaKa, 52 lpp.
- Čukurs J., Vronskis O. (2008) Tehniskā grafika. Mācību grāmata. Rīga. RaKa, 266 lpp.
- Tēlotāja ģeometrija, rasēšana II (2010./2011. studiju gads, O. Vronskis, LLU) [tiešsaiste] Pieejams: <http://estudijas.llu.lv/course/view.php?id=130>
- Tēlotāja ģeometrija, rasēšana I (2011./2012. studiju gads, O. Vronskis, LLU) [tiešsaiste] Pieejams: <http://estudijas.llu.lv/course/view.php?id=131>
- Tēlotāja ģeometrija, rasēšana (2011./2012. studiju gads, O. Vronskis, LLU) [tiešsaiste] Pieejams: <http://estudijas.llu.lv/course/view.php?id=132>
- Tehniskā grafika (2011./2012. studiju gads, O. Vronskis, LLU) [tiešsaiste] Pieejams: <http://estudijas.llu.lv/course/view.php?id=230>
- Rasēšana (2012./2013. studiju gads, O. Vronskis, LLU) [tiešsaiste] Pieejams: <http://estudijas.llu.lv/course/view.php?id=658>