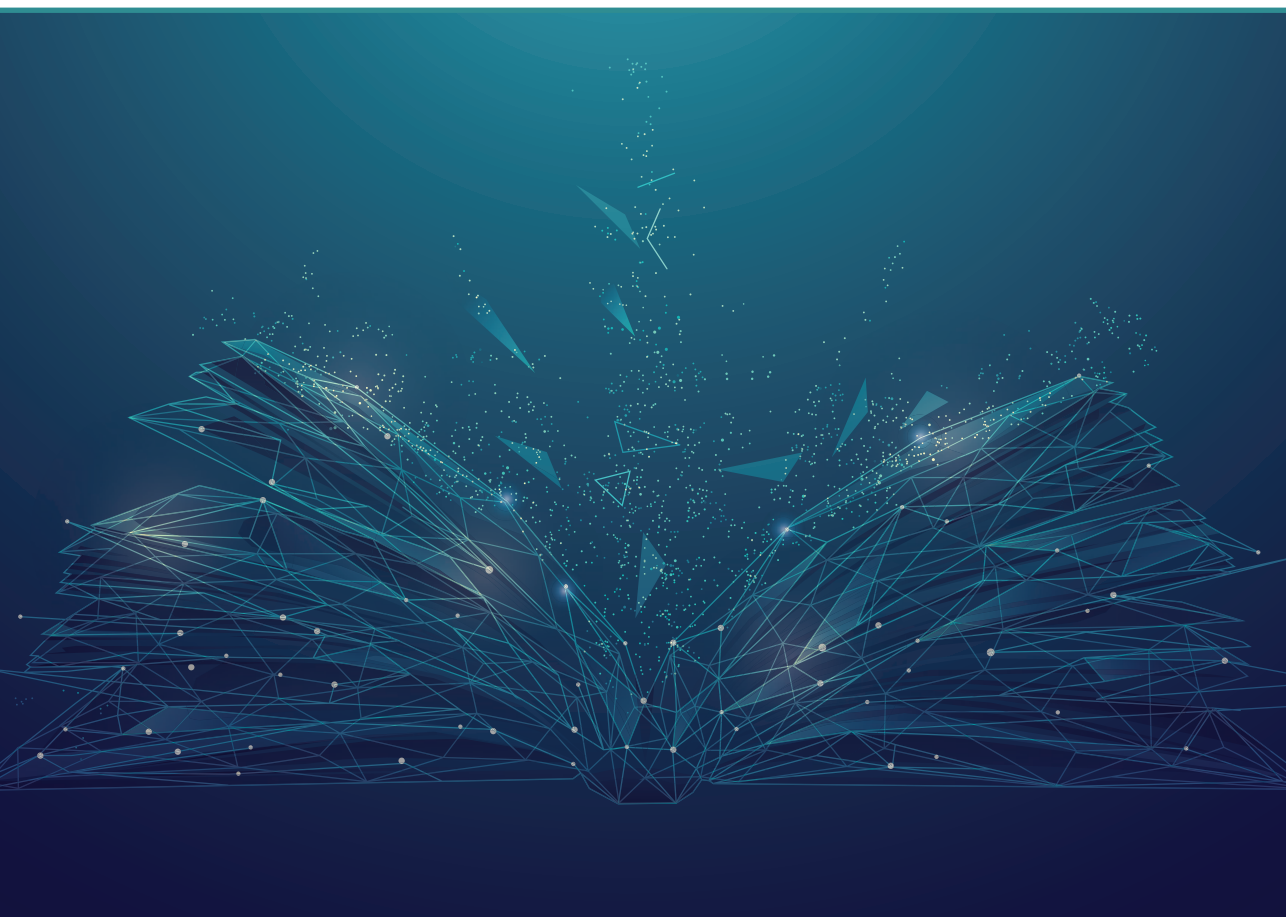


Iveta Daugule

# ZINĀŠANU PLŪSMAS PĒTĪJUMI E-STUDIJU VIDĒ

Promocijas darba kopsavilkums



# **RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE**

E-studiju tehnoloģiju un humanitāro zinātņu fakultāte  
Tālmācības studiju centrs

**Iveta Daugule**

Doktora studiju programmas “E-studiju tehnoloģijas un pārvaldība” doktorante

## **ZINĀŠANU PLŪSMAS PĒTĪJUMI E-STUDIJU VIDĒ**

**Promocijas darba kopsavilkums**

Zinātniskais vadītājs  
asociētais profesors *Dr. phys.*  
ATIS KAPENIEKS

RTU Izdevniecība  
Rīga 2022

Daugule I. Zināšanu plūsmas pētījumi e-studiju vidē.  
Promocijas darba kopsavilkums. – Rīga: RTU  
Izdevniecība, 2022. – 47 lpp.

Iespiests saskaņā ar promocijas padomes “RTU P-21”  
2022. gada 26. septembra lēmumu, protokols Nr. 3.

Paldies RTU Tālmācības studiju centram un lieliskajai *ARTSS-EDU* komandai!

Promocijas darbs tapis ar Eiropas Sociālā fonda projekta Nr. 8.2.2.0/20/I/008 “Rīgas Tehniskās universitātes un BA Biznesa un finanšu augstskolas doktorantu un akadēmiskā personāla stiprināšana stratēģiskajās specializācijas jomās” darbības programmas “Izaugsme un nodarbinātība” 8.2.2. specifiskā mērķa “Stiprināt augstskolu akadēmisko personālu stratēģiskās specializācijas jomās” atbalstu.

<https://doi.org/10.7250/9789934228469>  
ISBN 978-9934-22-846-9 (pdf)

# PROMOCIJAS DARBS IZVIRZĪTS ZINĀTNES DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ

Promocijas darbs zinātnes doktora (*Ph. D.*) grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2022. gada 19. decembrī Rīgas Tehniskās universitātes E-studiju tehnoloģiju un humanitāro zinātņu fakultātē, Kronvalda bulvārī 1, 200. auditorijā.

## OFICIĀLIE RECENZENTI

*Dr. sc. comp.* Anita Jansone  
Liepājas Universitāte, Latvija

*Dr. dat.* Māris Vītiņš  
Latvijas Universitāte, Latvija

*Dr. sc.ing.* Päivi Aarreniemi-Jokipeltö  
Hāgas-Hēlijas Lietišķo zinātņu universitāte, Somija

## APSTIPRINĀJUMS

Apstiprinu, ka esmu izstrādājusi šo promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē zinātnes doktora (*Ph. D.*) grāda iegūšanai. Promocijas darbs zinātniskā grāda iegūšanai nav iesniegts nevienā citā universitātē.

Iveta Daugule ..... (paraksts)

Datums: .....

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, tajā ir ievads, trīs nodaļas, secinājumi, literatūras saraksts, 87 attēli, 16 tabulu, trīs pielikumi, kopā 162 lappuses. Literatūras sarakstā ir 156 nosaukumi.

## SATURS

1. VISPĀRĪGS DARBA RAKSTUROJUMS .....	5
1.1. Tēmas aktualitāte.....	5
1.2. Promocijas darba mērķis un uzdevuma nostādne .....	7
1.3. Pētījuma priekšmets un objekts.....	8
1.4. Darba zinātniskais jaunieguvums.....	8
1.5. Darba praktiskā vērtība un aprobācija .....	8
1.6. Nākotnes pētījumi.....	9
1.7. Aizstāvēšanai izvirzāmās tēzes .....	9
1.8. Zinātniskās publikācijas .....	10
1.9. Zinātniskās konferences.....	10
2. ZINĀŠANU PĀRNESES EFEKTIVITĀTES UZLABOŠANA .....	11
2.1. Zināšanu apguves virsma – modelis.....	14
2.2. Metrika studentu zināšanu apguves progresā un satura piemērotības novērtēšanai ..	20
2.3. KAM metode un zināšanu apguves virsma – mācību analītikas rīka prasības .....	24
2.4. KAM metode un zināšanu apguves virsma – prototipa izmēģinājuma rezultāti un to validācija .....	34
SECINĀJUMI .....	38
Literatūras saraksts .....	40
PIELIKUMS .....	44

# 1. VISPĀRĒJS DARBA RAKSTUROJUMS

## 1.1. Tēmas aktualitāte

Mācību vadības sistēmu uzlabošana, izmantojot labāku datu analīzi un prognozēšanu, ir Eiropas Savienības Rīcības plāna trešā prioritāte. Šobrīd Eiropas Savienība pāriet no “viens risinājums visam” pieejas uz daudz personalizētāku pieeju un risinājumiem, un šajā procesā būtiska loma ir digitalizācijai un mācību analītikai. Mācību analītikas loma mācīšanās procesos arvien vairāk pieaug un pieaug (Vlies van der, 2020). Lai sasniegtu izvirzītos mācīšanās mērķus un realizētu veiksmīgu zināšanu pārnesi, ir būtiski ņemt vērā zināšanu pārneses īpašības. Izprotot, kā identificēt un analizēt kursa ietvaros apgūstamo zināšanu pārneses īpašības, iegūtos rezultātus var tālāk izmantot attiecīgo zināšanu pārneses uzlabošanā. Ir nepieciešams izmantot visas iespējas mācīt ātrāk un/vai vairāk noteiktā laika posmā, nodrošinot studenta vajadzībām piemērotu kursa saturu un motivācijas formu. Lai to panāktu, ir nepieciešams viegli uztverams un viegli lietojams mācību analītikas rīks, kas mācībspēkiem ļauj gūt priekšstatu par kursā esošo zināšanu pārneses īpašībām un kursa piemērotību studentam. Dati par studentu darbībām jau šobrīd tiek uzkrāti mācību vadības sistēmās, un ir svarīgi rast risinājumus, kā mācību procesā radītos datus izmantot iespējami lietderīgi. Kurša dizainā jāņem vērā kursā ietvertu zināšanu pārneses īpašības.

Visas zināšanas nav iespējams pārnest vienlīdz ātri un vienlīdz efektīvi. Identificēt viegli un smagnēji plūstošās zināšanas ir svarīgi, lai plānotu un veidotu zināšanu plūsmu (Nissen, 2005). Augstāku efektivitāti ir iespējams panākt, ja zināšanu pārneses īpašības ir identificētas un zināšanu pārneses veids ir attiecīgi pielāgots un pārvaldīts. Tehnoloģiju lietošana zināšanu pārnesē ir vieglāka, ja kursā ietvertās zināšanas ir viegli plūstošas, savukārt smagnēji plūstošo zināšanu pārnese ir grūtāka (Squier, 2006). Izmantojot zināšanu pārvaldības risinājumus, ir iespējams zināšanu plūsmā esošās smagnēji plūstošās zināšanas pārvērst viegli plūstošajās zināšanās (Becerra-Fernandez & Sabherwal, 2014).

Pandēmija ir atstājusi būtisku ietekmi uz augstākās izglītības institūcijām. Vēsturiski augstākā izglītība ir bijusi klātienē, un attālinātie risinājumi tikuši uztverti ar lielu piesardzību. Attālinātu mācību gadījumā augstskolām bijis rūpīgi jāstrādā pie kvalitātes nodrošināšanas procedūrām, lai nodrošinātu sabiedrības uzticēšanos un atzīšanu. Līdz ar pandēmijas sākumu pārmaiņas izglītības nozarē bija ļoti straujas, kas sekmēja attālināta mācību procesa kļūšanu par daļu no augstskolu ikdienas (Zuhairi et al., 2020). Vēlmi mācīties attālināti nosaka objektīvi ierobežojumi ērti pārvietoties uz mācību iestādi, izvēlētas mācību iestādes atrašanās ģeogrāfiski attālinātā vietā un cita veida personiski apstākļi, piemēram, darba grafiks. Pēdējo gadu laikā pāreja uz pilnībā attālinātām mācībām bija tieši saistīta ar nepieciešamību mazināt epidemioloģiskos riskus, tomēr nepieciešamība pēc digitālā vidē apgūstamām zināšanām pieaug, īpaši – augstskolu un uzņēmumu vidē. Izglītības iestādes saskata iespēju šādi paplašināt studentu loku, savukārt uzņēmēji saskata efektīvāku mācībām atvēlētā laika izmantošanu un saistīto izmaksu samazinājumu.

Pandēmijas laiks ir ļāvis daudz labāk apzināt un izprast e-studiju iespējas, kā arī radījis priekšnoteikumus to attīstībā arī situācijā, kad personu pārvietošanās un pulcēšanās vairs netiek

ierobežota (Aremu et al., 2022). E-studiju attīstībai būtiska nozīme saglabāsies arī pēcpandēmijas laikā (Adzovie et al., 2022). Tajā pašā laikā ir konstatēti vairāki būtiski izaicinājumi, kas jāņem vērā, attīstot e-studijas. Indonēzijā veiktā pētījumā par e-studijām Covid-19 pandēmijas laikā konstatēts, ka 60 % mācībspēku norāda pašdisciplīnas trūkumu kā problēmu, tomēr to atzīst tikai 37 % studenti (Dewanti et al., 2022). Savukārt par šo pašu laika posmu veiktā pētījumā Ukrainā secināts, ka nepietiekama vērība sadarbības un komunikācijas funkciju attīstībai e-studiju platformās negatīvi ietekmē attālināto mācību kvalitāti (Zhenchenko et al., 2022).

Ar piemērotu mācību vadības sistēmu ir par maz, lai nodrošinātu pievilcīgu mācību procesu – to ir nepieciešams papildināt ar uz studentu vērstu mācīšanās stratēģiju, tostarp – ir jānovērtē iepriekš apgūtais (Yamani et al., 2022). Jāņem vērā, ka studentu vajadzībām un vēlmēm attiecībā uz mācību aktivitātēm un pedagoģiskajiem paņēmieniem ir būtiska ietekme uz studentu iesaisti mācību procesā (Khan et al., 2022). Viens no nopietnākajiem izaicinājumiem e-studiju vidē ir piemērots kursa satura kvalitātes novērtējums. Ņemot vērā, ka kursa satura kvalitāti ietekmē daudzi faktori, novērtējumam nepieciešamas tādas lēmumu metodes, kas šos faktorus ņemtu vērā. Lai to risinātu, tiek piedāvātas matemātiskas metodes (Grigoryan et al., 2022). Mācībspēku un studentu vajadzību izvērtēšanai, sagatavojot kursa saturu, ir būtiska loma gatavībai piedalīties e-studijās (Polat et al., 2022), liela nozīme ir arī uzvedībai e-studiju laikā (Husin et al., 2022). Jaukta tipa mācībās tiek ieteikts arī apgriezts klases risinājums, kad e-studijām seko klātienē nodarbības (Li et al., 2022). Mācību vadības sistēmās, piemēram, *edX*, *Sakai*, *Moodle*, studenti rada lielu datu apjomu, kas ir vērtīgs padziļinātai analīzei. Mācību vadības sistēmas piedāvā savus rīkus un veidu, kā kursa mācībspēks var iepazīties ar situāciju viņa docētajā kursā. Tajā pašā laikā ne vienmēr piedāvātie risinājumi ir atbilstoši mācībspēku vajadzībām. Sistēmu piedāvātie dati ierasti apspoguļo esošo situāciju, savukārt novērtējums par studentu faktiski apgūtajām zināšanām vai kursa satura atbilstību studentu vajadzībām mācībspēkam nav pieejams. Ņemot vērā lielo datu apjomu, kas mācību vadības sistēmās tiek uzkrāts, nepieciešams izprast, kurus no datiem un ar kādu mērķi analizēt.

Mācību norise izriet no mācībspēka pieņemtajiem lēmumiem, mācību dizaina sistemātiskuma un mācību plānošanas. Mācību dizainu nepieciešams vērst uz palīdzības nodrošināšanu individualitātēm (Gagne et al., 1992). Reizē ar strauju un plašu pāreju uz attālinātajām mācībām parādījās jauni riski, kas saistīti ar studentu uzvedību attālinātu mācību laikā – tika novērotas situācijās, kad studenti nepietiekami iesaistās mācību procesā, notiek klātbūtnes imitācija, tiek noklusēts, ja piedāvātais kursa saturs ir pārāk sarežģīts vai kursa saturs ir pārāk vienkāršs, tādējādi netiek izmantotas visas iespējas, lai sasniegtu izcilus mācību rezultātus. Mācībspēkiem radās grūtības minētās situācijas savlaicīgi pamanīt (Kapenieks et al., 2021).

Mācību dizains nozīmē formu un virzienu, kurā kursu plānots virzīt. Ir būtiski, ka kursa mērķi ir noteikti saskaņā ar sasniedzamajiem rezultātiem, kas tiek gaidīti no studentiem, un visas aktivitātes, uzdevumi un vērtējumi ir atbilstoši šiem rezultātiem (Mo, 2010). Mācību procesā būtiska priekšrocība ir studentu dažādības apzināšanās, mācību procesā ņemot vērā studentu dažādās stiprās puses, vajadzības un mācīšanās stilus. Mērķis ir pielāgot mācību

procesu ikvienam studentam, studentu dažādību pieņemot par normu (Whitby, 2013). E-studiju norise lielā mērā ir atkarīga no studentu iesaistes. Vienlaikus ir skaidri nepieciešams noteikt, kāda iesaiste no studentiem tiek gaidīta (Mo, 2010). Studentu zināšanu apguves progresam būtiska ir atgriezeniskā saite. Ja mācības tiek organizētas tiešsaistē un īstenotas studenta paša izvēlētā tempā, ne vienmēr atgriezeniskā saite ir pietiekama. Svarīgi, lai mācībspēks saņemtu informāciju par to, kāds ir studentu zināšanu apguves progress, un veidotu atbilstošu mijiedarbību, kas vērsta uz studenta zināšanu “plaisu” aizpildīšanu. Mācībspēkam jāspēj savlaicīgi iejaukties, ja students mācību procesā ir saskāries ar grūtībām un apstāties (Yan, 2020).

Mācību analītikas rīkam jābūt studentcentrētam, un tā vizuālo elementu korektai interpretācijai ir būtiska nozīme, lai mācību aktivitātes veidotu jēgpilnas. Mācību analītikas datu atspoguļojumam ir jābūt viegli uztveramam un interpretējamam (Pozdniakov et al., 2021). Atlasot no mācību vadības sistēmas datus analīzei, ir nepieciešams pārliecināties, vai atlasīto datu apstrāde sasniedz izvīrīto mācību analītikas mērķi. Nav lietderīgi uzskaitīt studenta veiktos klikšķus sistēmā, ja vien tie netiek skatīti kopā ar kādiem citiem datiem. Studenta pierakstīšanas un izrakstīšanas dati parāda tikai pieslēgšanas faktu un kursā pavadīto laiku, bet plašāku informāciju nesniedz. Tikai piesaistot kontekstu, kļūst iespējams pamanīt brīdi, kad students ir zaudējis uzmanību un no aktīvas piedalīšanās mācību kursā pārgājis uz klātbūtnes imitāciju (Robinson & Cook, 2018).

## **1.2. Promocijas darba mērķis un uzdevuma nostādne**

Promocijas darba mērķis ir izpētīt un analizēt kursā esošo zināšanu pārneses īpašības un iegūtos rezultātus tālāk izmantot kursa esošo zināšanu pārneses uzlabošanā. Radīt e-studijām piemērotu mācību analītikas risinājumu, kas mācībspēkam ļauj izmantot visas iespējas mācīt ātrāk un/vai vairāk noteiktā laika posmā, nodrošinot studenta vajadzībām piemērotāko kursa saturu un motivācijas formu.

Darbā izvīrīta šāda hipotēze: kursa saturs ietver gan viegli plūstošas, gan smagnēji plūstošas zināšanas. Zināšanu pārneses īpašības ir iespējams atpazīt un raksturot, un, savlaicīgi un pārdomāti rīkojoties, atbilstoši pielāgot kursa saturu, tādējādi veicinot smagnēji plūstošo zināšanu pārnesi un uzlabojot studentu iesaisti mācību procesā. Ir iespējams rast metodi un izstrādāt metodi zināšanu pārneses īpašību atpazīšanai, tādējādi radot iespējas mācību procesa gaitā pielāgot saturu, lai veicinātu veiksmīgāku zināšanu apguvi.

Pētījuma jautājumi

1. Kā raksturot zināšanu pārneses īpašības – vai zināšanas ir viegli, vai smagnēji plūstošas.
2. Kā novērtēt studenta motivāciju un iesaisti mācību procesā.
3. Kā noteikt, vai piedāvātais kursa saturs ir studentam piemērots un saistošs.
4. Kā nodrošināt mācībspēkam nepieciešamo informāciju par studentu iesaisti mācību procesā.
5. Kā nodrošināt mācībspēkam nepieciešamo informāciju par kursa satura piemērotību studentu grupai.

Lai rastu atbildes uz pētījuma jautājumiem, veikti vairāki darba uzdevumi.



1. Izpētīt zināšanu pārneses īpašības, tai skaitā raksturotājus, kas ļauj novērtēt, vai zināšanas ir viegli vai smagnēji plūstošas.
2. Izpētīt šobrīd esošos e-studiju risinājumus, tostarp – mācību vadības sistēmas, modeļus, pieejas.
3. Izpētīt risinājumus, kā identificēt un novērtēt studentu motivāciju, kā arī studentu motivācijas ietekmi uz zināšanu apguves progresu.
4. Izpētīt risinājumus, kā novērtēt studentu sākotnējās zināšanas un zināšanu apguves progresu kursa gaitā.
5. Izpētīt prognozējamo studentu grupu apjomus un rast grupu izmēram atbilstošu mācību analītikas paņēmieni.
6. Izstrādāt metodi, lai identificētu kursā ietvertās smagnēji plūstošās zināšanas un ļautu novērtēt studentu iesaisti e-studiju kursa apgūvē.
7. Izstrādāt metriku, lai novērtētu zināšanu pārnesi e-studiju kursā.
8. Izstrādāt mācību analītikas rīku, kas atbalsta zināšanu pārneses īpašību identificēšanu un studentu iesaistes novērtēšanu.

Promocijas darbā un promocijas darba kopsavilkumā izmantotās definīcijas ir pievienotas promocijas darba kopsavilkuma pielikumā.

### 1.3. Pētījuma priekšmets un objekts

Pētījuma priekšmets: e-studiju mācību process un mācību procesā radīto datu izmantošanas iespējas zināšanu pārneses pilnveidē.

Pētījuma objekts ir zināšanu pārneses īpašības e-studiju kursā.

### 1.4. Darba zinātniskais jaunieguvums

1. Izstrādāts zināšanu apguves virsmas matemātiskais modelis.
2. Izstrādāta jauna metrika zināšanu pārneses novērtēšanai.
3. Izstrādāta zināšanu apguves monitoringa (*KAM*) metode zināšanu pārneses novērtēšanai nelielās studentu grupās.

### 1.5. Darba praktiskā vērtība un aprobācija

Promocijas darba pētījuma gaitā pētīta zinātniskā literatūra par zināšanu pārneses īpašībām, zināšanu pārneses procesā izmantojamiem rīkiem, mācību analītikas attīstības tendencēm, situāciju Latvijas izglītības nozarē, kā arī studentu motivācijas un iesaistes veicināšanas paņēmieniem. Veikti praktiski eksperimenti, vācot un pētot mācību procesā iegūstamos datus, lai izprastu piemērotākos paņēmienus, kā novērtēt zināšanu pārneses īpašības, studentu motivāciju un iesaisti mācību procesā, kā arī piedāvātā kursa satura kvalitāti. Rezultātā ir attīstīta strukturēta pieeja mācību procesā iegūstamo datu ievākšanai un analīzei, kā arī izstrādāta zināšanu apguves virsma, kas nodrošina iegūto mācību analītikas rezultātu atspoguļošanu mācībspēkam piemērotā formātā. Studentu uzvedības dati tiek analizēti un vizualizēti, izmantojot statistikas metodes.

Pētījuma ietvaros izstrādātā *KAM* metode un zināšanu apguves virsma ļauj izprast tiešsaistes kursu studentu zināšanu apguves progresu, iesaisti mācību procesā, kā arī norādīt nepieciešamību uzlabot kursa saturu, tādējādi radot iespējas mācībspēkam uzlabot mācību procesa efektivitāti. Balstoties mācību analītikas rezultātos, mācībspēkam ir iespējams pārliecināties par studenta aktīvu iesaisti mācību procesā, ka arī saņemt kursa satura pilnveidei un pielāgošanai nepieciešamo informāciju.

*KAM* metode ir praktiski izmēģināta *ARTSS-EDU* ietvaros un atzīta par lietojamu e-studiju un jaukta tipa mācībās dažādos izglītības līmeņos, aptverot pamatskolu, vidusskolu, profesionālo izglītību, augstāko izglītību un mūžizglītību (Kapenieks et al., 2021).

## 1.6. Nākotnes pētījumi

Autore turpmākas pētījumu iespējas saskata šādos virzienos:

- padziļināta *KAM* metodes izpēte, kas ietver pētījumus par piemērotākajām pedagoģiskajām metodēm, kursa satura sagatavošanas vadlīniju izstrādi, tai skaitā detalizētas vadlīnijas ievirzes un pašpārbaudes jautājumu izstrādei;

- uz zināšanu apguves virsmas iegūto rezultātu detalizētāka interpretācija; plašāka izpēte par punktu izvietošanas cēloņiem nodrošinātu pasniedzējam precīzāku informāciju par veicamajām darbībām gan mācību procesā ar studentiem, gan kursa satura pilnveidē; attīstāmais risinājums ietvertu arī automatisku vai daļēji automatisku paziņojumu sagatavošanu, lai atvieglotu mācībspēka komunikāciju ar studentiem un mazinātu mācībspēka veicamā darba apjomu;

- iespēja arī studentiem iepazīties ar rezultātiem, kas iegūti uz zināšanu apguves virsmas, paredzot, ka informācija pieejama par studenta personiskajiem zināšanu apguves rezultātiem, piedāvājot ar to saistītu padziļinātu rezultātu interpretāciju;

- iespēja uz zināšanu apguves virsmas iegūtos rezultātus skatīties dinamikā, par dažādiem laika periodiem, piedāvājot ar to saistītu padziļinātu rezultātu interpretāciju.

## 1.7. Aizstāvēšanai izvirzītās tēzes

1. Izstrādātā *KAM* metode studentu grupas ietvaros raksturo kursa saturā ietvertu zināšanu pārneses īpašības (vieglas, piemērotas, sarežģītas).
2. *KAM* metodes ietvaros ir radīta jauna metrika, lai kursā apgūstamo zināšanu pārneses īpašības kvantitatīvi raksturotu koordinātēs – viegls, sarežģīts un piemērots. *KAM* metrika ir lietojama visam kursa saturam studentu grupā, atsevišķai tēmai visai studentu grupai, atsevišķai apakštēmai, kā arī atsevišķam studentam tēmai vai visa kursa ietvaros.
3. Ar *KAM* metodi iegūtie mācību analītikas dati uz zināšanu apguves virsmas reālā laikā kvantitatīvi raksturo zināšanu apguves progresu koordinātēs – viegls, sarežģīts un piemērots. Ar *KAM* metodi iegūto mācību analītikas datu skaitliskās vērtības e-studiju mācību procesā liecina par situācijām, kad studentam ir nepieciešama individuāla pieeja vai kādas kursa satura daļas jāpārveido vai jāpapildina.

## 1.8. Zinātniskās publikācijas

1. Daugule, I., Kapenieks, A., Timsans, Z. (2022). Use of Knowledge Acquisition Surface to Monitor and Assess Students' Success. *Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 17 (14), 109–125. doi:10.3991/ijet.v17i14.31281.
2. Kapenieks, A. et al. (2021). Priekšlikumi mācīšanās analītikas monitoringam augstākajā izglītībā. Ielādēts no lzp.gov.lv: [https://lzp.gov.lv/wp-content/uploads/2021/04/ARTSS\\_Macisanas\\_analitikas\\_zinojums\\_publicesanai.pdf](https://lzp.gov.lv/wp-content/uploads/2021/04/ARTSS_Macisanas_analitikas_zinojums_publicesanai.pdf).
3. Kapenieks A., Daugule I., Kapenieks A., Zagorskis V., Kapenieks J. Jr., Timsans Z., Vitolina I. TELECI Approach for e-Learning User Behavior Data Visualization and Learning Support Algorithm. *Baltic J. Modern Computing*, Vol. 8 (2020), No. 1, 129–142.
4. Kapenieks A., Daugule I., Kapenieks K., Zagorskis V., Kapenieks J. jun., Timsans Z., Vitolina I. Knowledge Acquisition Data Visualization in eLearning Delivery. *Proceedings of 12th International Conference on Computer Supported Education - Volume 2: CSEDU*, 507–513, 2020.
5. Kapenieks, A., Daugule, I. (2019). Knowledge Flow Analysis: The Quantitative Method for Knowledge Stickiness Analysis in Online Course. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 7, 3304-3311. doi:10.21533/pen.v7i1.358.
6. Daugule, I., Kapenieks, A. (2018). The Data of the Initial Motivation – a Valuable Source for the Development of the Course Content. A Case Study in the Group of Business Students. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*, 89–94. doi:10.14419/ijet.v7i2.28.12886.
7. Daugule, I., Kapenieks, A. (2017). Collaborative Knowledge Flow – Mapping the E-Learning Environment. *EDULEARN17 Proceedings*, (pp. 3304–3311).

## 1.9. Zinātniskās konferences

1. EDULEARN17 the 9th International Conference on Education and New Learning Technologies, Barselona, Spānija, 3.–5. jūlijs, 2017.
2. International Conference on Communication, Management and Information Technology (ICCMIT 2018), Madride, Spānija, 2.–4. aprīlis, 2018.
3. ICCMIT 2019: International Conference on Communication, Management and Information Technology, Vīne, Austrija, 26.–28. aprīlis, 2019.
4. CSEDU 2020, the International Conference on Computer Supported Education, 2.–4. maijs, Prāga, Čehija, tiešsaiste.

## 2. ZINĀŠANU PĀRNESES EFEKTIVITĀTES UZLABOŠANA

Pētījumam nepieciešamie dati tika iegūti no kursiem, kas norisinājās jaukta tipa studiju vidē. Dati tika savākti 2016.–2021. gadā. Lai nodrošinātu e-studiju saturu, kursam tika izmantotas trīs mācību vadības sistēmas:

- 2016./2017. studiju gada rudens semestra dati ir iegūti no RTU īstenota studiju kursa “Komercdarbība”, kas norisinājās *edX* mācību vadības sistēmā, studentu skaits 52;
- 2017./2018. studiju gada rudens semestra dati ir iegūti no RTU īstenota studiju kursa “Komercdarbība”, kas norisinājās *edX* mācību vadības sistēmā, studentu skaits 61;
- 2018./2019. studiju gada rudens semestra dati ir iegūti no RTU īstenota studiju kursa “Komercdarbība” *Sakai* mācību vadības sistēmā, studentu skaits 63;
- 2019./2020. studiju gada rudens semestra dati ir iegūti no RTU īstenota studiju kursa “Komercdarbība” *Sakai* mācību vadības sistēmā, studentu skaits 61;
- 2020./2021. studiju gada rudens semestra dati ir iegūti no *Moodle* mācību vadības sistēmā veidotiem studiju kursiem, kas paredzēti dažādiem mācību līmeņiem (pamatskola, vidusskola, augstskola un mūžizglītība).

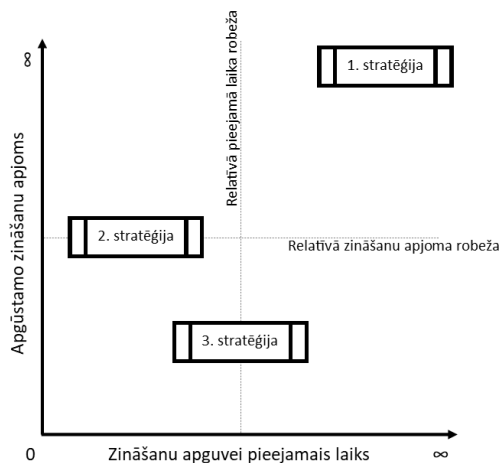
Pētniecības un metodes izstrādei nepieciešamie sākotnējie dati ir iegūti no jaukta tipa apguves kursa “Komercdarbība”. Šī kursa ietvaros studenti mācās komercdarbības pamatus. Mācīšanās mērķis ir nodrošināt studentiem zināšanas un prasmes saistībā ar septiņām tēmām – biznesa idejas aktualitāti, produkta/pakalpojuma izstrādes tehnoloģiju, mārketingu, konkurenci, finansiālajiem aspektiem, riskiem un spēju attiecīgo biznesa ideju realizēt. Pētījuma gaitā kursa saturs, mācību mērķi un uzdevumi palika nemainīgi. 2019. gada rudens semestra kursa saturā tika pievienoti papildu uzdevumi, lai iegūtu *KAM* metodei nepieciešamos datus.

Pētījuma pirmā posma mērķis bija apzināt faktorus, kas ietekmē zināšanu pārneses īpašības un salīdzināt zināšanu pārneses grūtības kursa daļām. Analīze ietvēra zināšanu pārneses novērtējumu, studentu motivāciju, kā arī savstarpējas pārskates (*peer-review*) procesa ietekmi uz kursa satura apguvi. Pētījuma pirmajā posmā tika pētītas zināšanu pārneses atšķirības starp dažādām kursa daļām un veikta smagnēji plūstošo zināšanu identificēšana (Daugule & Kapenieks, 2017). Pētījuma otrā posma mērķis bija izprast studentu sākotnējās motivācijas aspektus – kā tos pamanīt, novērtēt un izmantot turpmākai kursa satura pilnveidei. Pētījuma otrajā posmā tika meklētas atbildes, vai studenti ar augstāku sākotnējo motivāciju mācās labāk, vēlas mācīties vairāk un ir gatavi mācīties ilgāk, kā arī izprast, kā students izjūt atšķirīgu zināšanu apguves sarežģītību un kā identificēt un novērtēt studentu sākotnējo motivāciju (Daugule & Kapenieks, 2018). Pētījuma trešā posma mērķis bija saprast, vai zināšanu pārneses īpašības atsevišķai kursa daļai saglabājas vienādas, ja šo kursa daļu apgūst dažādas studentu grupas. Lai iegūtu pētījumam nepieciešamos datus, studentu rakstītās esejas tika strukturētas atbilstoši apgūstamajām tēmām. Pēc tam ar programmatūras palīdzību tika salīdzinātas vārdu un burtu skaita izmaiņas esejas sākotnējā un gala (pēc savstarpējas pārskates procesa) versijā. Iegūtie rezultāti salīdzināti ar pētījuma pirmā posma rezultātiem un tika konstatēts, ka zināšanu pārneses īpašības var mainīties, mainoties studentu grupai, bet nemainoties kursa saturam (Kapenieks & Daugule, 2019).

Pētījuma ceturtajā posmā tika pētītas iespējas pielāgot kursa saturu studenta iespējām un vajadzībām, ņemot vērā kursa saturā esošo zināšanu pārneses īpašības. Pētījuma ceturtajā posmā datu ieguves vajadzībām tika pārstrukturēts kursa “Komerccdarbība” pirmo piecu nodaļu saturs. Izvirzītais mērķis bija izpētīt, vai ir iespējams identificēt studenta zināšanu apjomu, kursu sākot un kursu noslēdzot, un, pamatojoties uz šiem diviem lielumiem, noteikt zināšanu apguves progresu. Lai novērtētu studentu zināšanu apguves progresu, tika modelēta zināšanu apguves virsma, kā arī izstrādātas formulas, lai uz zināšanu apguves virsmas varētu aprēķināt atrašanās vietu punktiem, kas radušies mācību procesā. Zināšanu apguves virsmas pamatā ir mākslīgo datu kopums, kas aprēķināts, par pamatu ņemot zināšanu apguves robežvērtības un nelielu grupu varbūtības principus (Kapenieks et al., 2020).

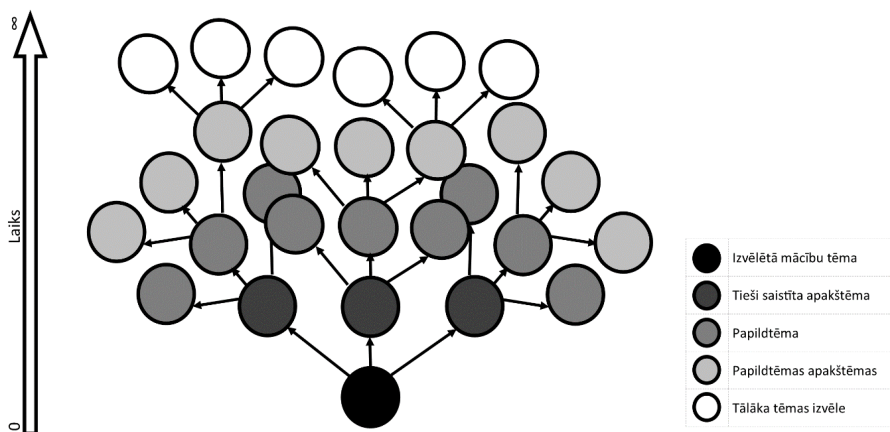
Pētījuma noslēguma posmā tika pilnveidota *KAM* metode un zināšanu apguves virsma, un veikta *KAM* metodes un zināšanu apguves virsmas pilotēšana *ARTSS* projektā. Izmantojot iepriekšējo pētījuma posmos iegūtos rezultātus, tika pētītas *KAM* metodes un zināšanu apguves virsmas lietošanas stratēģijas, lai pētītu iespējas noteiktā laika posmā mācīt ātrāk un/vai vairāk, vienlaikus nodrošinot studentu apmierinātību ar kursa saturu un pasniegšanas veidu (Daugule et al., 2022). Pilotēšanas rezultātā tika secināts, ka *KAM* metodi un zināšanu apguves virsmu iespējams lietot tālmācības un jaukta tipa mācībās dažādos izglītības līmeņos, aptverot pamatskolu, vidusskolu, profesionālo izglītību, augstāko izglītību un mūžizglītību (Kapenieks et al., 2021). *KAM* metode ļauj studenta progresu uz zināšanu apguves virsmas vizualizēt reālajā laikā, tādējādi sniedzot iespēju mācībspēkam savlaicīgi pamanīt nepilnības un veikt darbības to novēršanai. Pētījuma noslēgumā tika veikta iegūto rezultātu validācija un gūts apstiprinājums, ka uz zināšanu virsmas apspoguļotie datu punkti sniedz korektu informāciju par studentu progresu, zināšanām un kursa satura kvalitāti.

Ir iespējamas trīs zināšanu pārneses stratēģijas (Daugule et al., 2022). Piemērotākās stratēģijas izvēle ir atkarīga no situācijas un noteiktajiem zināšanu apguves mērķiem (2.1. att.).



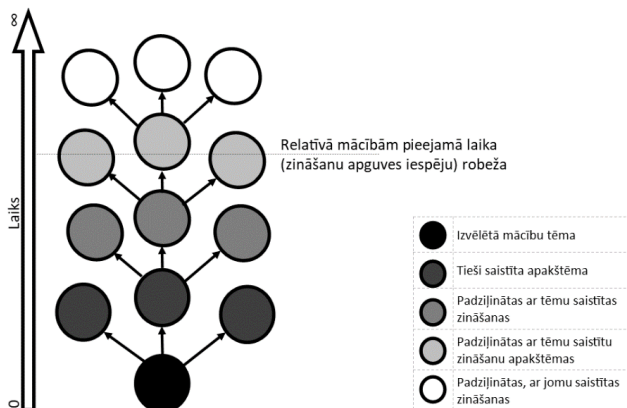
2.1. att. Zināšanu apguves stratēģijas (Daugule et al., 2022). Autores veidots attēls.

**1. stratēģija. Gan laiks, gan zināšanu apjoms nav ierobežots. Mērķis ir iegūt pēc iespējas vairāk un plašākas zināšanas.** Stratēģija raksturīga pašizglītībai, personības pilnveidei. 1. stratēģijas gadījumā kursa dizains jāveido ar pēc iespējas plašākām iespējām nokļūt ar kursa saturu saistītās tēmās un iegūt papildu zināšanas (Daugule et al., 2022) (2.2. att.).



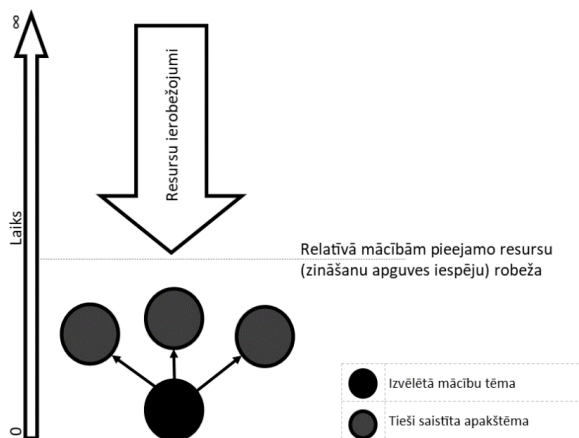
2.2. att. 1. stratēģija – pašizglītība, personības pilnveide. Autores veidots attēls.

**2. stratēģija. Laiks ir ierobežots, iegūstamo zināšanu apjoms ir noteikts, vienlaikus pozitīvi tiek vērtēta padziļināta zināšanu apguve par apgūstamo tēmu.** Jo dziļākas zināšanas tiks apgūtas kursa satura apguvei atvēlētajā laikā, jo labāk. 2. stratēģija ir raksturīga izglītības iestādēm. Šīs stratēģijas gadījumā ir svarīga iespēja kursa saturā iekļaut papildu saturu par apgūstamo tēmu, to izmantojot situācijā, ja mācībspēks redz, ka studentam ir iespēja šīs zināšanas apgūt padziļināti (Daugule et al., 2022) (2.3. att.).



2.3. att. 2. stratēģija – izglītības iestāde. Autores veidots attēls.

**3. stratēģija. Iegūstamo zināšanu apjoms ir skaidri definēts, laiks nav noteikts, bet vēlams, lai tas ir iespējami mazāks.** Pastāv noteiktas prasības efektīvai mācībās pavadītā laika un citu tām veltīto resursu efektīvai izmantošanai – jo ātrāk zināšanas tiek iegūtas, jo labāk. Stratēģija raksturīga organizāciju iekšējām mācībām. 3. stratēģijas gadījumā svarīgi ir risinājumi, kas samazina apgūstamo zināšanu pārneses smagnējumu, pēc iespējas atvieglojot to apguvi un iespējami samazinot kursa apguvei nepieciešamo laiku un citus resursus (Daugule et al., 2022) (2.4. att.).



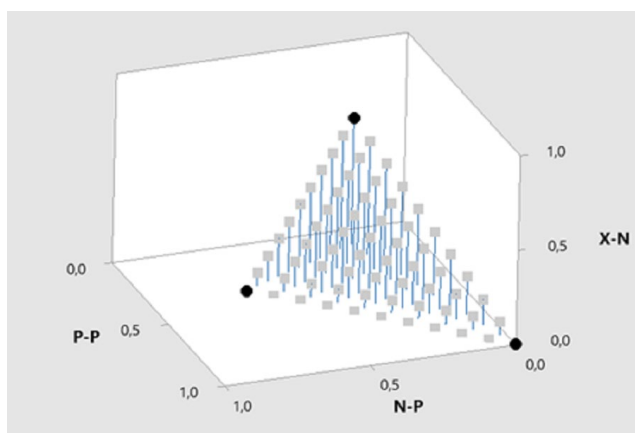
2.4. att. 3. stratēģija – organizāciju iekšējās mācības. Autore veidots attēls.

Autore skatījumā zināšanu pārneses uzlabošanai ir svarīga atbilstošu pedagoģisko paņēmienu izvēle un veiksmīga lietošana e-studiju vai jaukta tipa mācību vidē. Attiecīgi – arī pedagoģiskie risinājumi ir meklējami atbilstoši noteiktai mācīšanās stratēģijai. Autore secina, ka 1. stratēģija ir balstīta personas individuālās vēlmēs un motivācijā, līdz ar to tās realizācija ir resursu ziņā ietilpīgāka un vērsta uz individuāliem sasniegumiem. 2. un 3. stratēģija ir vērsta uz lielākas studentu grupas zināšanu apguves progresu, attiecīgi šajās situācijās ir gaidāma lielāka prognozējamā lietderība. Izvērtējot iespējas attīstīt kursa saturu, lai tas nodrošinātu noteiktas stratēģijas realizāciju, autore secina, ka būtiski rast risinājumu, kas sniegtu iespējas realizēt 2. un 3. stratēģiju.

## 2.1. Zināšanu apguves virsma – modelis

Lai atspoguļotu zināšanu pārneses procesu, ir svarīgi saprast, vai un cik veiksmīgi kursa saturā ietvertās zināšanas tiek pārnestas uz studentiem. Lai to atspoguļotu, pētījuma gaitā tika izstrādāta zināšanu apguves virsma un izveidots zināšanu apguves virsmas teorētiskais modelis. Zināšanu apguves virsma veidojas trijstūra formā, trīs dimensijās. Uz  $x$  ass tika izvietotas N-P vērtības, uz  $y$  ass – P-P vērtības, savukārt uz  $z$  ass – X-N vērtības. Visu asu vērtības tika

norādītas skalā no 0 līdz 1. Zināšanu apguves virsmas stūros ir izvietotas aprēķinātās galējās robežvērtības, kas apzīmētas ar melnu punktu (2.5. att.). Kreisajā pusē, pie  $x$  un  $z$  ass vērtībām "0" ir izvietots galējais punkts, kas raksturo situāciju, kad kursa saturs ir pārāk vienkāršs – studentam jau sākotnēji ir bijušas zināšanas par kursā apgūstamo tēmu, jaunas zināšanas students nav apguvis. Uz zināšanu apguves virsmas modeļa pamatnes pa labi izvietotais punkts apzīmē situāciju, kad kursa saturs studentam ir ideāli piemērots, kursa laikā ir apgūtas jaunas zināšanas. Zināšanu apguves virsmas augšējā daļā izvietotais punkts raksturo situāciju, kad apgūstamā kursa saturs ir pārmērīgi sarežģīts, studentam jaunas zināšana nav izdevies apgūt (2.5. att.).



2.5. att. Zināšanu apguves virsmas modelis. Autoreis veidots attēls.

Turpmākajā pētījuma gaitā zināšanu apguves virsmas modelis tika attīstīts, papildinot ar zonām, kas liecina par zināšanu pārneses īpašībām, kā modelēt situācijas, kāda ir prognozējamā punktu atrašanās vieta un virzība uz zināšanu apguves virsmu, ja izpildās noteikti nosacījumi.

Zināšanu apguves virsma tika modelēta, pamatojoties uz nosacījumu, ka kursa saturam ir trīs dažādas piemērotības pakāpes – tas var būt viegls, piemērots vai grūts. Piemērotības pakāpe ir atkarīga no kursā ietverto zināšanu pārneses īpašībām.

Zināšanu apguves virsmas modeļa sākotnējā versija tika izstrādāta līdz ar pētījuma ceturtajā posmā veikto kursa pārstrukturēšanu, lai izmantotu *KAM* metodi. Kursa saturs tika sadalīts fragmentos un papildināts ar ievirzes un pašpārbaudes jautājumiem pirms un pēc katra no šiem fragmentiem. Mācību analītikas vajadzībām tika izmantotas studentu sniegtās atbildes uz ievirzes un pašpārbaudes jautājumiem, kombinējot šīs atbildes pāros.

Apkopojot un analizējot datus par secīgām studentu veiktajām darbībām – atbildēm uz ievirzes un pašpārbaudes jautājumiem –, var gūt priekšstatu gan par studenta sākotnējām zināšanām, gan arī zināšanu apguves progresu kursa gaitā. Gan ievirzes, gan pašpārbaudes jautājumi tiek veidoti kā daudzizvēļu jautājumi, kur studentam ir iespēja kā pareizo atzīmēt vienu no trīs atbilžu variantiem. Brīdī, kad par vienu no kursa satura fragmentiem tiek saņemtas atbildes uz abiem jautājumiem, veidojas atbilžu pāris, kas atspoguļo attiecīgā fragmenta zināšanu apguves progresu. Vairāku (vismaz piecu) atbilžu pāru kombinācija veido punktu uz



zināšanu apguves virsmas. Ja atbilžu pāru ir mazāk, ir pārāk liela nenoteiktība, lai rezultāts būtu ticams.

Atbilžu pāri uz ievirzes un pašpārbaudes jautājumiem var veidot četras dažādas kombinācijas:

- pareiza atbilde gan uz ievirzes, gan uz pašpārbaudes jautājumu (P-P pāris);
- nepareiza atbilde uz ievirzes jautājumu, pareiza atbilde uz pašpārbaudes jautājumu (N-P pāris);
- nepareiza atbilde gan uz ievirzes, gan uz pašpārbaudes jautājumu (N-N pāris);
- pareiza atbilde uz ievirzes, nepareiza atbilde uz pašpārbaudes jautājumu (P-N pāris).

Modelis tika izstrādāts, pieņemot, ka:

- kopējā punktu koordinātu summa ir vienāda ar 1, tādējādi zināšanu apguves virsma veido trīsdimensionālu trijstūra formas plakni;
- zināšanu apguves virsmas pamatā ir mākslīgo datu kopums;
- zināšanu apguves virsmas virsotnēs ir izvietotas robežvērtības, kas aprēķinātas, pamatojoties uz varbūtību;
- pāri N-N un P-N ir summējami un apzīmējami ar X-N;
- uz katras ass ir izvietota noteiktam atbilžu pāra veidam atbilstoša vērtība: uz  $x$  ass – N-P vērtības, uz  $y$  ass – P-P vērtības, savukārt uz  $z$  ass – X-N vērtības;
- punkti, kas veidojas ārpus aprēķinātās varbūtības, izvietojas ārpus zināšanu apguves virsmas, uz tās paplašinājuma. Paplašinātā virsma saglabā trijstūra formu un punktu koordinātu summa ir vienāda ar 1;
- ja veidojas tikai P-P pāri, kursa saturs studentam ir zināms, atbildes netiek minētas, to pamatā ir studenta iepriekšējās zināšanas;
- ja notiek sekmīgs mācību process, ideālā situācijā 2/3 gadījumu veidojas N-P atbilžu pāri, kas liecina, ka students ir ieguvis jaunas zināšanas, 1/3 gadījumu veidojas P-P atbilžu pāri, kas liecina, ka studentam ir arī iepriekšējas zināšanas par kursa saturu.
- situācijās, kad studentam nav iepriekšēju zināšanu par kursa saturu un zināšanas nav apgūtas kursa gaitā, veidojas X-N pāri. Pazaudēt jau iegūtas zināšanas, apgūstot pedagoģiski un saturiski korekti veidotu kursu, nav iespējams. Attiecīgi – tiek pieņemts, ka, arī sākot attiecīgo kursu vai tā daļu, studentam nav bijušas iepriekšējas zināšanas un pareizā atbilde uz ievirzes jautājumu ir uzminēta.

Zināšanu apguves virsmas galējās robežvērtības ir apkopotas 2.1. tabulā. Nosakot šīs robežvērtības (punkti izvietoti zināšanu apguves virsmas virsotnēs), ir ņemta vērā varbūtība 1 : 3, ka pareizā atbilde ir uzminēta, izņemot situāciju “Viegls”.

2.1. tabula

**Zināšanu apguves virsmas virsotņu vērtības**

	Atbilžu pāri	Viegls	Piemērots	Grūts
Atbilžu pāru kombināciju iespējamība	P-P	1	0,333	0,111
	N-P	0	0,667	0,222
	N-N	0	0	0,444
	P-N	0	0	0,222
Aprēķinātās zināšanu apguves virsmas vērtības	P-P ( <i>y</i> ass)	1	0,333	0,111
	N-P ( <i>x</i> ass)	0	0,667	0,222
	X-N ( <i>z</i> ass)	0	0	0,667

P-P ir situācijas “Viegls” galējā vērtība: visi atbilžu pāri ir P-P, galējā vērtība ir 1, savukārt citi pāri neveidojas, attiecīgi N-P = 0, un X-N = 0. N-P raksturo “Piemērots” galējo vērtību – situāciju, kad students ir izveidojis 2/3 N-P pāru un 1/3 P-P pāru. Vērtība ir noteikta, ņemot vērā iespējamību daļu no pareizajām atbildēm uzminēt. X-N raksturo “Grūts” galējo vērtību. Arī tā ir noteikta, ņemot vērā, ka daļa no sniegtajām atbildēm ir minētas, turklāt gan pareizās, gan nepareizās. Pilns zināšanu apguves virsmas modelēšanai izmantoto mākslīgo punktu vērtību kopums ir pieejams promocijas darba 1. pielikumā, tā piemērs redzams 2.2. tabulā.

2.2. tabula

**Zināšanu apguves virsmas punktu mākslīgās vērtības  
(paraugs, pilnu sarakstu skatīt promocijas darba 1. pielikumā)**

Zināšanu apguves virsma			Paplašinātā virsma		
N-P	P-P	X-N	N-P	P-P	X-N
0,000	1,000	0,000	1	0	0
0,067	0,933	0,000	0,9	0,1	0
0,022	0,911	0,067	0,9	0	0,1
0,133	0,867	0,000	0,8	0,2	0
0,089	0,844	0,067	0,8	0,1	0,1
0,044	0,822	0,133	0,8	0	0,2

Lai uz zināšanu apguves virsmas izvietotu reālus punktus, kas iegūti no studentu atbildēm uz ievirzes un pašpārbaudes jautājumiem, sākotnēji tiek aprēķināts kopējais atbilžu pāru skaits. Tas tiek darīts, izmantojot formulu

$$n_{(“P-P”) } + n_{(“N-P”) } + n_{(“P-N”) } + n_{(“N-N”) } = N_{(ap)} \quad (2.1.)$$

kur:

$n_{(“P-P”)}$  – to atbilžu pāru skaits, kuros pareizas ir abas atbildes – gan uz ievirzes, gan pašpārbaudes jautājumu; šādi pāri tiek apzīmēti ar “P-P”;

$n_{(“N-P”)}$  – to atbilžu pāru skaits, kuros atbilde uz ievirzes jautājumu ir bijusi nepareiza, savukārt uz pašpārbaudes jautājumu – pareiza; šādi pāri tiek apzīmēti ar “N-P”;

$n_{("P-N")}$  – to atbilžu pāru skaits, kuros atbilde uz ievirzes jautājumu ir bijusi pareiza, savukārt uz pašpārbaudes jautājumu – nepareiza; šādi pāri sākotnēji tiek apzīmēti ar “P-N”; aprēķina gaitā tie tiek summēti ar “N-N” pāriem un apzīmēti ar “X-N”;

$n_{("N-N")}$  – to atbilžu pāru skaits, kad abas sniegtās atbildes – gan uz ievirzes, gan uz pašpārbaudes jautājumu – ir bijušas nepareizas; šādi pāri sākotnēji tiek apzīmēti ar “N-N”; aprēķina gaitā tie tiek summēti ar “P-N” pāriem un apzīmēti ar “X-N”;

$N_{(ap)}$  – kopējais atbilžu pāru skaits, kas iegūts par analizējamo objektu – kursa nodaļu, apakšnodaļu vai individuālu studentu.

Pēc atbilžu pāru kopskaita aprēķināšanas tiek veikti tālāki aprēķini, lai noteiktu ar šiem atbilžu pāriem saistītā punkta koordinātas uz zināšanu apguves virsmas. Vērtības tiek aprēķinātas katrai asij atsevišķi, ņemot vērā 2.1. tabulā norādītos nosacījumus par varbūtības ietekmi.

Vērtība uz  $y$  ass (P-P) tiek aprēķināta, dalot saņemto “P-P” atbilžu pāru skaitu ar kopējo saņemto atbilžu pāru skaitu:

$$"P - P"_{(value)} = \frac{n_{("P-P")}}{N_{(ap)}} \quad (2.2.)$$

Vērtība uz  $x$  ass (N-P) tiek aprēķināta, dalot saņemto “N-P” atbilžu pāru skaitu ar kopējo saņemto atbilžu pāru skaitu:

$$"N - P"_{(value)} = \frac{n_{("N-P")}}{N_{(ap)}} \quad (2.3.)$$

Vērtība uz  $z$  ass (X-N) tiek aprēķināta, summējot saņemto “N-N” un “P-N” atbilžu pāru skaitu un pēc tam to dalot ar kopējo saņemto atbilžu pāru skaitu:

$$"X - P"_{(value)} = \frac{n_{("N-N")} + n_{("P-N")}}{N_{(ap)}} \quad (2.4.)$$

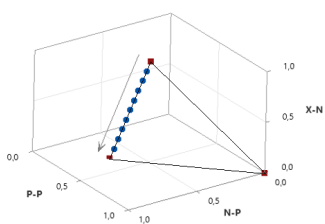
Atbilstoši iegūtajam rezultātam katrai no zināšanu apguves virsmas asīm attiecīgais punkts tiek izvietots uz zināšanu apguves virsmas. Atkarībā no atbilžu pāru veidu sadalījuma tas var tikt izvietots jebkurā punktā uz zināšanu apguves virsmas. Ja atbilžu pārus sadalījums ir saistāms ar kādiem būtiskiem blakus apstākļiem, kas ir ārpus aprēķinātās varbūtības, sagaidāms, ka punkts var tikt izvietots ārpus zināšanu apguves virsmas, uz tās paplašinājuma.

Brīdī, kad zināšanu apguves virsma tiek izmantota, lai analizētu individuālu studentu datus, iegūtie rezultāti ļauj mācībspēkam pieņemt lēmumu, kā iedarboties uz studenta zināšanu apguves progresu un virzīt studentu pa mācībspēka izvēlēto zināšanu apguves ceļu. To nodrošina datu atspoguļojums reālā laikā, kas rada iespēju mācībspēkam kursa gaitā veikt nepieciešamās izmaiņas, lai veicinātu studenta zināšanu apguves progresu.

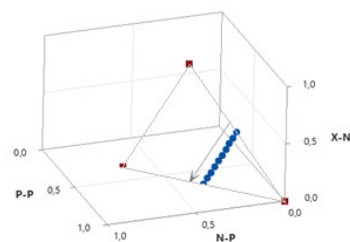
Autore ir izstrādājusi astoņus studentu zināšanu apguves progresa modeļus, kas raksturo situācijas, ko var redzēt uz zināšanu apguves virsmas. Studentu zināšanu apguves progresa

modeļi ir aprēķināti, pieņemot, ka kursā ir 10 daļu. Ar studentu zināšanu apguves progresa modeļu palīdzību ir iespējams identificēt situācijas, kad:

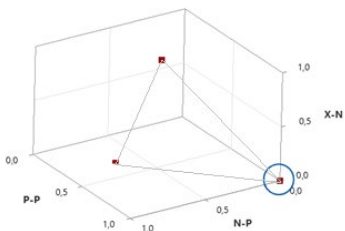
- studentam nav sākotnējo zināšanu, zināšanas tiek iegūtas kursa gaitā;
- studentam ir daļējas priekšzināšanas, kursa gaitā zināšanas tiek uzlabotas;
- studenta sākotnējās zināšanas par kursa tēmu atbilst kursa mērķim, savukārt kursa gaitā jaunas zināšanas netiek iegūtas; ir radusies situācija, kad kursa saturs neļauj studentam iegūt zināšanu apguves progresu;
- studenta sākotnējās zināšanas par kursa tēmu atbilst kursa mērķim, savukārt kursa gaitā mācībspēkam izdodas radīt jaunus mācīšanās izaicinājumus, students gūst zināšanu apguves progresu;
- studenta sākotnējās zināšanas daļēji atbilst kursa mērķim, kursa laikā izdodas radīt jaunus mācīšanās izaicinājumus, ko students nepieņem un pakāpeniski zaudē iesaisti, negūstot zināšanu apguves progresu;
- studentam ir sākotnējās zināšanas, kursa gaitā mācībspēkam izdodas radīt jaunus mācīšanās izaicinājumus, ko students daļēji pieņem un gūst zināšanu apguves progresu;
- studenta sākotnējās zināšanas neatbilst kursa mērķim, savukārt mācību procesā kursa saturs kļūst pārāk viegls, neradot studentam mācību izaicinājumus (2.6. att.).



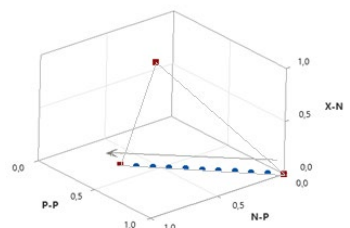
1.modelis



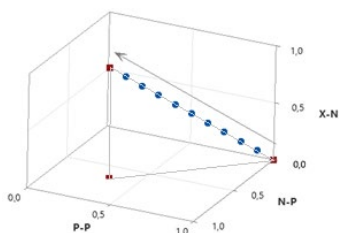
2.modelis



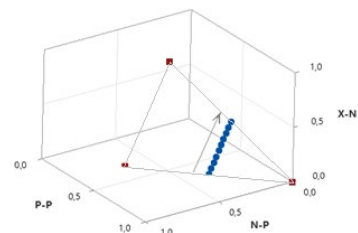
3.modelis



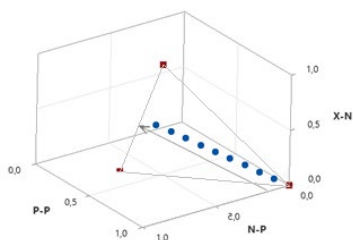
4.modelis



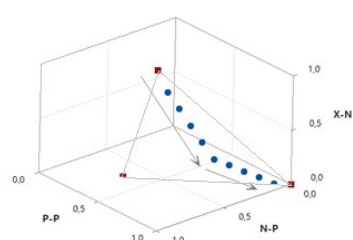
5. modelis



6. modelis



7. modelis



8. modelis

2.6. att. Studentu zināšanu apguves progressa modeļi. Autores veidots attēls.

Izstrādātie studentu zināšanu apguves progressa modeļi ir izmantojami, lai ar mācībspēka aktīvu iesaisti, veidotu un uzlabotu kursa dizainu, panākot studenta zināšanu apguves progresu. Prognozējams, ka reālie punkti uz zināšanu apguves virsmas neizvietosies lineāri. Mācībspēks, izmantojot studentu zināšanu apguves progressa modeļus, var novērtēt studenta punktu atrašanās vietas izmaiņas uz zināšanu apguves virsmas un studenta zināšanu apguves progressa virzību. Pamatojoties uz šo informāciju, mācībspēks var pieņemt lēmumu par turpmākajiem pedagoģiskajiem pasākumiem studenta zināšanu apguves progressa veicināšanai.

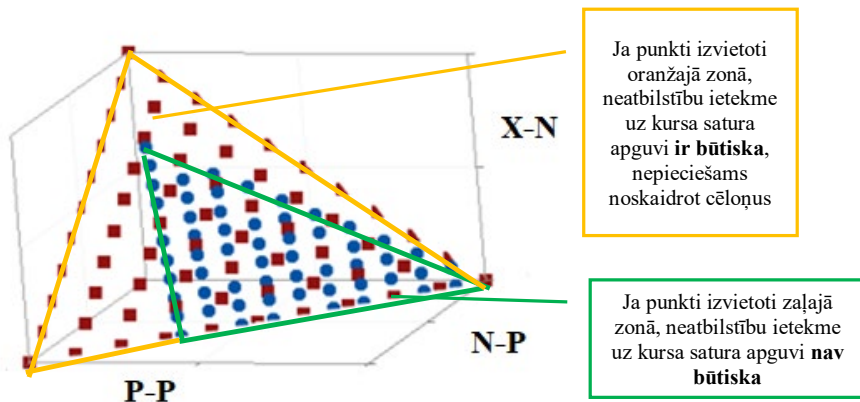
## 2.2. Metrika studentu zināšanu apguves progressa un satura piemērotības novērtēšanai

Viens no literatūrā norādītajiem izaicinājumiem izglītības jomā ir rast veidu, kā analizēt mācībspēka sniegumu augstākās izglītības iestādēs. Lai gan tiek lietotas dažādas kvalitatīvas un kvantitatīvas novērtējuma metodes, lielākoties tās balstītas uz studentu aptaujām un šo aptauju rezultātu grafikiem. Jau kopš 20. gs. 20. gadiem, kad sākās šāda studentu aptauju prakse, vienlaikus norit debates par šo aptauju uzticamību un lietderību, kā galvenās bažas norādot studentu nepietiekamo pieredzi un briedumu, lai novērtētu mācībspēka darbu. Tiek norādīts, ka studentu vērtējumus var ietekmēt kursa popularitāte, mācībspēka personība, saņemtās atzīmes, kā arī tas, vai kurss bija apgūstams obligāti, vai arī tā bija studenta brīva izvēle. Augstskolas lieto tām pieejamos digitālo datu kopumus, tomēr to analīze ir vairāk vērsta uz studentu, nevis mācībspēku vērtēšanu. Kā risinājumu, lai vērtētu mācībspēku sniegumu un kursu kvalitāti, tiek piedāvāta ar vairākiem klasifikācijas paņēmieniem veiktu studentu aptauju datu savstarpēju salīdzināšanu. Šādā veidā tiek uzlabota rezultātu objektivitāte attiecībā uz sniegtajiem novērtējumiem par mācībspēku un kursu kvalitāti (Agaoglu, 2016). Pandēmijas izraisītā pāreja uz digitālo izglītību ir radījusi iespējas pētniekiem piekļūt daudz plašākiem mācību datiem, kas izmantojami gan politikas veidošanai, gan metožu izvēlei (Childs & Taylor, 2022).

Analizējot literatūru, tika rasts plašs dažādu metrikas lietojumu gadījumu klāsts izglītības jomā, gan arī dažādi iemesli, kālab metrika tiek lietota. Tiek runāts par nacionāla līmeņa metriku, kas ļauj savstarpēji salīdzināt augstākās izglītības studentu progresu. Šajā situācijā tiek vērtētas iespējas izmantot mašīnmācīšanos, lai novērtētu studentu apmierinātības rādītāju pastāvīgumu. Šajā gadījumā studentu apmierinātības dati tiek iegūti ar aptauju palīdzību

(Langan & Harris, 2019). Tiek norādīts par nepieciešamību uzlabot nacionāla mēroga datu analīzi arī par koledžu studentiem, vērtējot, cik daudzi no tiem, kuri mācības sākuši, tās arī pabeidz (Kelly & Whitfield, 2014). Nacionāla apjoma datus tiek ieteikts mērīt arī tāpēc, lai pilnveidotu fiziskās izglītības standartus, kas attiecināmi uz pirmskolām (Dyson et al., 2011). Mērot mācību procesu, ir vairāki rādītāji, ko ir iespējams mērīt kvantitatīvi. Kā ierastākie minami pārbaudījumu veiksmīga nokārtošana attiecībā pret to nenokārtošanu, studentu vērtējumi, apmierinātības rādītāji, mācību pabeigšanas rādītāji un atbiruma rādītāji (Colman, 2021). Metrika tiek izmantota arī tāpēc, lai prognozētu studentu zināšanu apguves progresu, novērtējot viņu iepriekšējos rezultātus, un, balstoties uz tiem, prognozētu turpmākos rezultātus kursa gaitā (Jiang & Wang, 2020). Metrika tiek izmantota arī tāpēc, lai vērtētu studentu sniegumu kursa gaitā un sniegtu atsauksmes mācībspēkiem gan kursa dizaina uzlabošanai, gan arī studentu progresa veicināšanai, tostarp – fokusējoties uz agrīniem studentu sasniegumiem, metriku specifiski pielāgojot programmēšanas kursa novērtēšanai (Sun et al., 2020). Par metrikas izmantošanu izglītības procesā, īpaši jautājumos, kas saistīti ar mācībspēku un satura kvalitātes novērtējumu, ir atrodamas arī kritiskas atsauksmes. Metrikas pretinieki noliedz metrikas nepieciešamību izglītības politikas veidošanā, norādot, ka šajā jomā lēmumus nedrīkst balstīt skaitļos, jo tas var ierobežot personu autonomiju un pašrealizāciju (Normand, 2020). Tāpat tiek norādīts, ka nacionāla līmeņa metrika izglītības jomā un uz tās pamata pieņemtie lēmumi ne vienmēr nāk par labu izglītības nozarei (Baird & Elliott, 2018). Literatūras analīzes rezultātā gūtie secinājumi liecina, ka metrika izglītības nozarē var variēt no valsts līmeņa datu apstrādei līdz ļoti personalizētam risinājumam, kas vērsts uz vienas noteiktas jomas kursa novērtēšanu. Neskatoties uz atsevišķiem skeptiskiem viedokļiem, ir skaidri redzama tendence lēmumu pieņemšanā izmantot dažāda veida mērījumus. Autores skatījumā ir būtiskāk atbildēt uz jautājumu, ko un kā mērīt, nevis – vai mērīt. Būtiski ir saprast, kāpēc šāds mērījums tiek veikts un kas vēlāk tiks darīts ar iegūto rezultātu.

*KAM* metodes gadījumā mērījums tiek atspoguļots uz zināšanu apguves virsmas. Par mērījuma atskaites punktu kalpo punkta atrašanās vieta uz zināšanu apguves virsmas un tā attālums no zināšanu apguves virsmas malām. Pilotēšanas laikā tika novērots, ka punktu izvietojums uz zināšanu apguves virsmas liecina par diviem būtiskiem aspektiem. Sākotnējais mērķis bija pārliecināties, ka punkti parāda studentu uzvedību un viņu progresu kursā. Pilotēšanas laikā novērots, ka tie liecina arī par kursa satura un tehnisko kvalitāti (Daugule et al., 2022). Lai gūtu pārskatāmu priekšstatu par šādu punktu iespējamo izvietojumu, tika modelēta paplašinātā virsma. 2.7. attēlā redzamas abas virsmas: zināšanu apguves virsma (zilie punkti) un paplašinātā virsma (sarkanie punkti). Zināšanu apguves virsma ir modelēta no paplašinātās virsmas datiem, ņemot vērā varbūtību. Aprēķinātajā varbūtībā ir iekļautas situācijas, kurām tiek uzminēta pareizā atbilde, kā arī citu nejaušu lēmumu iespējamība. Attiecīgi situācijas, kad studentu atbildes uz jautājumiem ir ārpus varbūtības, paliek ārpus zināšanu apguves virsmas. Šajā gadījumā ir pamats uzskatīt, ka to atrašanās vietai ir kāds cits izskaidrojums un ir jāsaprot tās cēloņi (Daugule et al., 2022).



2.7. Att. Zināšanu apguves virsma un paplašinātā virsma (Daugule et al., 2022). Autores veidots attēls.

Abu virsmu modelēšanai ir izmantoti 84 mākslīgo datu punkti. Sākotnēji izmantoti paplašinātās virsmas dati, kur noteikts, ka trīs asu kopsumma vienam punktam ir vienāda ar 1. Lai modelētu zināšanu apguves virsmu, ir veikts papildu pārreķins, ņemot vērā varbūtību.

Izvērtējot uz zināšanu apguves virsmas attēlotos punktus un pamanot novirzes no paredzētā, piedāvātais algoritms cēloņu noteikšanai ir: sākotnēji vērst uzmanību uz tehniskām nepilnībām, tad izvērtēt, vai nav saturiskas nepilnības, pēc tam – vērtēt studentu uzvedību. Būtiskākais tehniskais trūkums un bieži sastopams iemesls ir nepietiekams izejas datu daudzums tālākai statistiskai apstrādei. Lai rezultāti būtu interpretējami, minimāli nepieciešamais atbilžu pāru daudzums ir pieci, vēlams ir astoņi atbilžu pāri. Šāda veida neatbilstība var rasties, ja analizētajā kursā ir pārāk maz daļu vai studentu (mazāk par pieci). Lai nemulsinātu zināšanu apguves virsmas lietotāju ar informāciju, kas neatbilst analītikas prasībām, ir nepieciešams automātiski bloķēt to punktu parādīšanos uz zināšanu apguves virsmas, kuru pamatā nav pietiekams datu apjoms (Daugule et al., 2022).

Likvidējot iepriekšminēto cēloni, joprojām iezīmējas atsevišķi punkti, kas atrodas ārpus zināšanu apguves virsmas. Šo punktu izvietojums nav pamatojams ar nepietiekamiem datiem, līdz ar to nepieciešams veikt padziļinātu cēloņu izpēti, pieņemot, ka punkta izvietojama cēlonis ir būtiska satura nepilnība vai kļūda. Tehniskas nepilnības var būt nepareizas vai nepareizi ievietotas pareizās atbildes jebkurā no atbilžu variantiem. Tā var būt situācija, kad daudzizvēļu jautājumā neviena no atbildēm nav norādīta kā pareiza, pareizā atbilde tiek aizstāta ar nepareizu vai otrādi – vai visas atbildes ir norādītas kā pareizas. Tehniskas kļūdas var būt arī citur kursa saturā. Jāraugās, lai visas kursa daļas tiktu iekļautas kopējā plūsmā. Ja saturs ietver video, pārbaudiet, vai to var atskaņot, vai tas nav zaudējis skaņu, vai tam nav citu defektu. Ja saturā esat iekļāvis saiti, pārlicinieties, ka tā ir atjaunināta un darbojas.

Pēc tehnisko nepilnību pārbaudes nākamais solis ir satura kvalitātes pārbaude. Šis solis ir grūtāks, jo satura kvalitāti un atbilstību kursa mērķiem ir ievērojami grūtāk novērtēt. Šī joma

prasa padziļinātu izpēti, taču ir situācijas, kad šie faktori var ietekmēt analītiskos rezultātus un pilotēšanai laikā ir identificēti vairāki iespējami saturiski cēloņi:

- ievirzes jautājums ir būtiski grūtāks par pašpārbaudes jautājumu;
- kursa saturs, par ko noslēgumā tiek uzdots pašpārbaudes jautājums, ir nepietiekams;
- pašpārbaudes jautājums nav saistīts ar kursa saturu.

Ir jāpārlicinās, ka gan ievirzes, gan pašpārbaudes jautājumi atbilst kursa saturam, kas izvietots starp tiem. Lai iegūtu atbilstošus rezultātus, abiem jautājumiem jābūt vienādiem satura un līdzvērtīgiem sarežģītības ziņā. Tajā pašā laikā tiem nevajadzētu būt identiskiem. Svarīgas ir arī piedāvātās atbildes. Var būt situācijas, kad pareizo atbildi var novērtēt vizuāli, nevis saturiski, piemēram, viena no atbildēm ir plašāka un vairāk balstīta datos nekā pārējās. Satura nepilnības ietver arī situāciju, kad kursa saturā ir maldinoša vai viegli pārprotama informācija. Attiecīgi studenti apzināti izvēlas nepareizo atbildi, domājot, ka tā ir pareiza (Daugule et al., 2022).

Ārpus zināšanu apguves virsmas paliek situācijas, kad saņemto pareizo un nepareizo atbilžu proporcija atbildēs uz ievirzes un pašpārbaudes jautājumiem ir ārpus aprēķinātās varbūtības. Šajā gadījumā punkti izvietojas blakus zināšanu apguves virsmai. Punktu izvietojums uz zināšanu apguves virsmas izriet no studentu sniegto atbilžu proporcijas uz ievirzes un pašpārbaudes jautājumiem. Punkta izvietojums raksturo studenta vai studentu grupas gūto progresu mācību laikā, kā arī ļauj izdarīt secinājumus par kursa satura vai tā daļas piemērotību studentu grupai vai atsevišķiem studentiem, kā arī studentu gūto progresu satura apgūvē. Ja punkts ir izvietots ārpus zināšanu apguves virsmas, uz tās paplašinājuma, pastāv iespēja, ka kursa saturā ir tehniska vai saturiska problēma.

Attiecībā uz studentu uzvedību, kas izraisījusi punktu izvietošanos ārpus zināšanu apguves virsmas, pilotēšanas laikā ir novēroti vairāki iespējamie cēloņi. Viena no situācijām ir, kad studenti atbild uz ievirzes jautājumu, iepazīstas ar kursa saturu, bet izvairās atbildēt uz pašpārbaudes jautājumu. Vēl iespējama studentu negodprātīga rīcība, kad studentu grupa ir savstarpēji apspriedusi pareizo atbildes variantu un savas atbildes balstījuši pārliecinošākā grupas biedra ieteikumā. Tas var būt saistīts arī ar studentu zemu aktivitāti, kas liedz iegūt analītiskai nepieciešamo datu apjomu (Daugule et al., 2022).

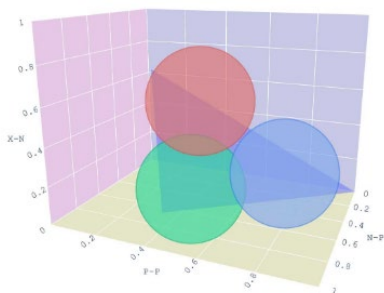
Lai atvieglotu uz zināšanu apguves virsmas izvietoto rezultātu interpretāciju, tā tika sadalīta trīs dažādu zināšanu apguves progresu raksturojošās zonās. Uz zināšanu apguves virsmas atzīmēto zonu pamatā ir iespēju un virzienu noteikšana mācību materiālu pielāgošanai studentu vajadzībām. Zonas norāda situācijas, kad kursa saturs ir viegls, piemērots vai grūts (2.8. att.). Vēlamā situācija ir panākt, lai pēc iespējas vairāk punktu atrastos zaļajā zonā (A zona). Zaļā zona iezīmē situāciju, kad kursa vai kursa saturs ir piemērots studentu grupai vai individuālam studentam. Šādā situācijā ir izmantota katra iespēja iemācīt maksimāli iespējamo zināšanu apjomu, un students nav saskāries ar būtiskām grūtībām zināšanu apgūvē (Daugule et al., 2022).

Zilā zona (B zona) iezīmē situāciju, kad mācību procesā ir neizmantotas iespējas. Kaut arī studentam nav grūtību apgūt priekšmetu, mācībspēkam bija iespēja mācīt vairāk pieejamajā laika posmā. Kurss ir bijis viegls, students uzdevumu izpildē izmantojis daudz savu iepriekšējo zināšanu un zaudējis iespēju iemācīties ko jaunu. Zilā zona liecina par viegli plūstošām zināšanām, to mācīšanai nav nepieciešamas īpašas pūles. Ir iespējams palielināt attiecīgajām



kursa daļā iekļauto zināšanu apjomu, lai sasniegtu labākas studenta zināšanas kursa noslēgumā, vai samazināt attiecīga kursa satura apguvei plānoto laiku (Daugule et al., 2022).

Sarkanā zona (C zona) raksturo situāciju, kad piedāvātais mācību materiāls studentam ir grūts un tāpēc nav apgūts. Vēlēšanās mācīt vairāk, nekā students var apgūt, vai pārāk sarežģīta paskaidrošana rada pretēju efektu nekā paredzēts – students neko nav iemācījies. Šādā situācijā mācītbspēkam ir jāpārskata kursa satura apjoms vai kursa dizains tā, lai uzlabotu zināšanu pārnesi (Daugule et al., 2022).



2.8. att. E-satura piemērotības novērtējums koordinātās P-P, N-P, X-N (Timsans, 2020).

Iegūtie punkti uz zināšanu apguves virsmas ļauj izdarīt secinājumus par kursa vai kursa piemērotību studentu grupai vai atsevišķiem studentiem. Piemērotības novērtēšana tiek veikta, ņemot vērā zināšanu virsmas zonu, kurā atrodas iegūtais datu punkts. Ja kursa saturs ir bijis piemērots studentu vajadzībām un tiek gūts zināšanu apguves progress, tad punkts izvietots tuvu zināšanu apguves virsmas apakšējai malai. Ja punkts ir izvietots zināšanu apguves virsmas apakšējā kreisajā stūrī, tas liecina par optimālu zināšanu apguvi. Šajā situācijā veidojas P-P un N-P atbilstoši pāri, un atkarībā no to proporcijas punkts pārvietojas par zināšanu apguves virsmas apakšējo daļu. Šādu pāru veidošanās liecina, ka studentiem dažos jautājumos jau ir bijušas iepriekšējas zināšanas un dažos jautājumos tādas nav bijušas. Kursa gaitā esošās zināšanas ir nostiprinātas, kā arī ir iegūtas jaunas zināšanas, kas iepriekš nav bijušas.

### 2.3. *KAM* metode un zināšanu apguves virsma – mācību analītikas rīka prasības

Pētījuma gaitā izstrādāta *KAM* metodei atbilstošs mācību analītikas rīks, kas nodrošina rezultātu atspoguļošanu uz zināšanu apguves virsmas. Ņemot vērā, ka kursa saturs var ietvert gan viegli, gan smagnēji plūstošas zināšanas, ir svarīgi noteikt, kādas ir kursa saturā esošo zināšanu pārneses īpašības, un izstrādāt atbilstošu kursa dizainu šo zināšanu pārnesi. Nepieciešamo datu ievākšana nedrīkst apgrūtināt mācību procesu un radīt papildu slodzi kursa mācītbspēkam. *KAM* metode ietver veidu, kā studentus vairāk iesaistīt kursa norisē un mācību procesā, veicināt viņu motivāciju. *KAM* metode ir piemērota, lai nodrošinātu mācību analītiku nelielām studentu grupām un individuāliem studentiem. Izvirzītais mērķis ir piedāvāt ērtu, vienkārši lietojamu mācību analītikas rīku, kas ir savietojams ar populāru mācīšanās vadības

sistēmu un tādējādi ir pieejams plašam lietotāju lokam. *KAM* metode un zināšanu apguves virsma ļauj studenta progresu vizualizēt reālajā laikā – brīdī, kad notiek mācīšanās, tādējādi sniedzot iespēju mācībspēkam savlaicīgi pamanīt nepilnības un veikt darbības to novēršanai.

*KAM* metode ir vērsta uz zināšanu apguves progresa un kursa satura piemērotības novērtēšanu. Būtiskākie ieguvumi, ko tā sniedz, salīdzinot ar mācībspēkam pieejamo informāciju ikdienā lietotajās mācību vadības sistēmās, ir iespēja novērtēt studentu zināšanu apguves progresu un šīs informācijas vizualizācija vienkāršā un pārskatāmā veidā.

Attiecīgi mācībspēkam ir vieglāk pieņemt lēmumu gan par pilnveidojamām kursa sadaļām, gan arī par individuālu studentu vajadzībām. Savlaicīgi konstatējot, ka kāds students kursa apgūvē iesaistās nepietiekami, vai arī to, ka studentam ir radušās grūtības satura apgūvē, mācībspēkam rodas iespēja vērēt situāciju par labu kursa norises laikā, tādējādi būtiski mazinot iespējamību, ka students, gūst nepietiekamu vērtējumu vai izlemj pārtraukt kursa apgūvi.

Analītikas rīka izstrādē ir ņemta vērā aktuālā situācija Latvijas izglītības sistēmā. Izmantojot Izglītības un zinātnes ministrijas publicētos datus par studējošajiem 2019. gadā, tika pētīts, kāds ir prognozējamais studentu grupas lielums, attiecīgi – kāds ir optimālais mācību analītikas rīks. IZM sniedz datus par 1254 studiju programmām, kas tiek piedāvātas augstskolās un koledžās (IZM, 2019). No tām 16 ir valsts augstskolas, astoņas valsts augstskolu aģentūras – koledžas, deviņas valsts koledžas, 11 juridisko personu dibinātas augstskolas, astoņas juridisko personu dibinātas koledžas un divas ārvalstu augstskolu filiāles. No tālākas datu apstrādes tika izslēgtas 75 programmas, kurās 2019. gadā nebija reģistrēts neviens studējošais. Dati ir apstrādāti par 1179 studiju programmām. Vidējais studējošo skaits vienā studiju programmā ir 67,34, tomēr jāņem vērā, ka ir ļoti liela standartnovirze – 116. Mazākais vienā programmā reģistrēto studējošo skaits ir 1, un šāds skaits ir reģistrēts 30 studiju programmās, savukārt trīs studiju programmās studējošo skaits pārsniedz 1000 (attiecīgi 1987, 1301 un 1162 studējošie), savukārt nākamajās populārākajās studiju programmās studējošo skaits ir attiecīgi 823 un 817. Kopā 300 studējošo skaitu pārsniedz 33 studiju programmas, kas ir 2,8 % no aktīvo programmu kopējā skaita. Visvairāk studiju programmas tiek realizētas ar studējošo skaitu līdz 25 studējošajiem (kopā 480 programmas ar šādu studējošo skaitu, 40,7 % no kopskaita), otrs biežākais rezultāts ir studiju programmas ar 25 līdz 75 studējošajiem (kopā 399 programmas ar šādu studējošo skaitu). Nākamajā diapazonā (no 75 līdz 125 studējošajiem) ir tikai 131 studiju programmas, un tālāk skaits turpina strauji samazināties.

Ja salīdzina pilna laika un nepilna laika studiju programmas, var redzēt, ka būtiskas atšķirības grupu lielumā nav vērojamas. Nepilna laika studijas notiek 297 studiju programmās, vidējais studējošo skaits vienā studiju programmā ir 74 ar standartnovirzi 118,8. Pilna laika studijas notiek 882 studiju programmās vidējais studējošo skaits ir 65,09 ar standartnovirzi 115,1. Ņemot vērā, ka programmā studējošie ir sadalīti pa kursiem, var secināt, ka vidējais studentu grupas lielums programmās ar kopējo dalībnieku skaitu līdz 75 ir mazāks par kopējo programmā reģistrēto studentu skaitu. Tas var variēt atkarībā no programmas veida, jo programmām ir noteikti dažādi īstenošanas ilgumi. Attiecīgi, ja mērķis ir izstrādāt mācību analītikas rīku, kas būtu derīgs 75 % koledžu un augstskolu studiju programmu datu analīzei, tam ir jāspēj analizēt ļoti mazu studentu grupu dati – no sešiem līdz 37 studentiem. Ir jāņem vērā, ka mācību dati uzkrājas lēnām, visa semestra gaitā, un jauna studentu grupu kursu sāk

reizi gadā. Šāds ienākošo datu apjoms un temps būtiski ierobežo iespējas lietot mašīnmācīšanās metodes un prognozēšanas algoritmus. Neliels studentu skaits rada iespējas mācībspēkam rast iespēju personiskas pieejas veidošanai, ja ir pieejami ticami dati par studentu vajadzībām.

Ierasti sistēmām, kas ietver mašīnmācīšanos un prognozēšanas algoritmus, tiek izmantoti liela apjoma datu kopumi (Tamang et al., 2021). Piemēram, lai prognozētu sporta spēļu rezultātus, tiek izmantots datu kopums, kas ietver informāciju par 10 sezonām un vairāk nekā 500 spēlēm, sasniedzot līdz 75,5 % precizitāti (Thenmozhi et al., 2019). Apskatot datu apjomu, kas nepieciešams *deep-learning* nodrošināšanai, tiek norādīti datu kopumi, kas ietver 120 000 attēlu apmācības daļai un 40 000 attēlu pārbaūžu īstenošanai, kā arī no 130 miljoniem sastāvošu datu kopu, lai to tālāk izmantotu produktu personalizācijai 1000 dažādām lietotāju grupām. Lai uzlabotu kredītu risku pārvaldību, diennaktī tiek apstrādāts 80 000 vienību liels datu kopums (Lee & Shin, 2020). Lai apzinātu patērētāju vajadzības pēc noteiktiem produktiem, tikai apkopoti 1,75 miljoni ierakstu dažādos ar šo tēmu saistītos diskusiju forumos. Sagatavošanas gaitā aptuveni 5000 ierakstu tika manuāli marķēti. Lai analizētu neatbilstības, kas saistītas ar iespējamu augstu ietekmi tehnoloģiska produkta gala lietotājiem, tika atlasīts 80 000 ierakstu ar šo tēmu saistītos forumos, savukārt, lai analizētu inovāciju radītāju grupu iespējamās panākumus, tika apskatīts 5700 risinājumu, apkopojot datus par trīs gadu periodu. Lai identificētu risinājumus saistībā ar jaunu produktu attīstību, tika apkopoti dati par pasākumu, kurā piedalījās nedaudz vairāk nekā 1000 dalībnieku no 60 valstīm, izstrādājot 470 risinājumus. Šie rezultāti tika analizēti ar nejaūšu “lēmumu mežu”, kas ietvēra 500 “lēmumu koku” (Kakatkar et al., 2020).

Izglītības nozarē lietotie datu kopumi ir būtiski mazāki. Lai prognozētu studentu atzīmi, ir izmantots 1282 gadījumu kopums, kas ietver datus par studentu eksāmenu gala atzīmēm laika periodā no 2016. gada jūnija līdz 2019. gada decembrim. Datu kopums ietver informāciju par 641 studentu, kas ir apguvuši divus pamatkursus. Vienlaikus šajā pētījumā ir atrodamas atsaucis uz iepriekšējiem pētījumiem, kur parauga lielums variē no 50 līdz 748, daļai no šiem risinājumiem kā ierobežojums ir norādīts tieši nelielais analizēto datu apjoms (Bujang et al., 2021). Izstrādājot mašīnmācīšanās risinājumu, lai novērstu situācijas, kad studenta vidējā atzīme kādā mācību modulī var negatīvi ietekmēt viņa zināšanu apguves progresu, ir izmantots datu kopums no 127 kursiem ar datiem, kas apkopoti par četriem semestriem, tomēr arī šeit datu kopuma apjoms tiek norādīts kā ierobežojošs faktors, jo tas ir neliels (Yanes et al., 2020). Lai prognozētu studentu apmierinātību ar studiju kursiem *Covid-19* laikā, tika izmantots datu kopums ar 18691 ierakstu un 20 mainīgajiem (Abdelkader et al., 2022). Indonēzijā veikts pētījums ietvēra datu kopumu par 4741 studentu no 120 klasēm 18 dažādos priekšmetos, un tas tika izmantots, lai veiktu prognozējošo un preskriptīvo analīzi, balstoties uz viņu demogrāfisko profilu (vecums, dzimums u. tml.) un uzvedību kursu norises laikā (Purwoningih, 2020).

Vērtējot zinātniskajā literatūrā pausto par mašīnmācīšanās un mākslīgā intelekta risinājumiem nepieciešamo izejas datu apjomu kontekstā ar vidējo vienā kursā (grupā) studējošo skaitu Latvijas koledžās un augstskolās (IZM, 2019), var secināt, ka vismaz 75 % gadījumu nepieciešamais datu apjoms nav iegūstams vai arī tā iegūšanai nepieciešamais laiks var padarīt iegūtos rezultātus neaktuālus. Kursiem ir nepieciešama pastāvīga pilnveide, un, saglabājot tos vienveidīgus 10 un vairāk gadu, lai iegūtu nepieciešamos datus, vienlaikus var

radīt būtiskus trūkumus kursu aktualitātē un kvalitātē. Ņemot vērā lielo programmu nozaru, tēmu, līmeņu un studiju norises veidu dažādību, autore neuzskata par lietderīgu apvienot un vienoti analizēt datus par vairākām studiju programmām.

Latvijas situācijā augstākās izglītības jomā 75 % gadījumu mācību analītikas rīka pamatā ir liekama nevis lielapjoma datu apstrāde, bet statistikas risinājumi, kas ir piemēroti nelielu datu kopu apstrādei. Mācību analītikas rīka misija ir padarīt izprotamāku un vieglāk vadāmu mācīšanās procesu digitālajā vidē. Zināšanu pārnesei ir jābūt skaidri novērtējamai un savlaicīgi vadāmai. Kursa satura pielāgošanai, lai izgūtu analīzei nepieciešamos datus, ir jābūt tehniski vienkāršai un pedagoģiski pamatotai.

*KAM* metodes mērķis ir nodrošināt e-studiju vai jaukta tipa kursa mācībspēkam darbam nepieciešamo informāciju par studentu zināšanu apguves progresu un iesaisti kursa satura, kā arī kursa satura kvalitāti un atbilstību studenta vajadzībām, nodrošinot iespējas mācībspēkam jau kursa gaitā veikt nepieciešamos pasākumus kursa pilnveidei un studentu motivācijas veicināšanai. Lai sasniegtu šo mērķi, *KAM* metodes mācību analītikas rīkam ir izvirzīti šādi uzdevumi:

- ievākt un analizēt studentu mācīšanās datus, atbilstoši *KAM* metodei;
- mācību analītikas rīks un tam nepieciešamo mācīšanās datu ievākšana nedrīkst apgrūtināt mācīšanās procesu;
- mācību procesa laikā tiek veicināta studentu iesaiste un motivācija;
- nodrošināt mācību analītikas rezultātu atspoguļošanu viegli vizuāli uztveramā veidā uz zināšanu apguves virsmas;
- nodrošināt mācību analītikas rezultātu pieejamību reālā laikā;
- nodrošināt, ka studentu mācīšanās datu analīze ir iespējama nelielām studentu grupām (sākot no pieciem studentiem);
- nodrošināt, ka mācību analītikas rīks sniedz datus par individuāla studenta mācīšanās progresu;
- nodrošināt, ka mācību analītikas rīks ļauj novērtēt studenta motivāciju;
- nodrošināt, ka mācību analītikas rīks ļauj novērtēt studenta iesaisti mācību procesā;
- nodrošināt, ka mācību analītikas rīks ļauj pamanīt kursā esošas tehniskas nepilnības;
- nodrošināt, ka mācību analītikas rīks ļauj pamanīt situācijas, kur nepieciešamas izmaiņas kursa saturā vai pedagoģiskajā pieejā.

Ir sagaidāms, ka kursi, kas ir pielāgoti tam, lai to mācīšanās dati nonāktu uz zināšanu apguves virsmas un kļūtu pieejami mācībspēkam, spēs radīt lielāku pievienoto vērtību nekā tie, par kuriem šādi analītikas dati nav pieejami. Ņemot vērā, ka rezultāti tiek piedāvāti reālā laikā, mācībspēkam ir iespēja mācību procesā aizpildīt zināšanu plaisas, tūlītēji pielāgojot saturu, uzdevumus vai arī veicot individuālas konsultācijas ar studentiem, kuriem tas ir nepieciešams.

Pētījuma gaitā autore iepazinās ar mācību vadības sistēmām un to tehniskajām iespējām veidot kursa saturu tā, lai būtu iespējams veikt datu apkopošanu *KAM* metodes lietošanai. Pētījuma gaitā, lai veiktu eksperimentus, tika izmantotas trīs dažādas mācību vadības sistēmas – *Sakai, edX* un *Moodle*. Visas šīs vides ir brīvpiekluves, pieļauj dažādu pielāgojumu veikšanu un, kā tika novērots eksperimentu gaitā, nodrošina nepieciešamās tehniskās iespējas, lai radītu kursa mērķiem pielāgotu mācību vidi un nodrošinātu mācību analītikai nepieciešamo datu

savākšanu. Kā gala variantu *KAM* metodes lietošanai tika izvēlēta *Moodle* mācību vadības sistēma. Būtiskākais iemesls tam bija *Moodle* plašā izmantošana Latvijas izglītības nozarē dažāda līmeņa izglītības iestādēs, kā arī *Moodle* darbības stabilitāte. Ņemot vērā to, ka *KAM* metodes ietvaros ir nepieciešams lietot piekļuves kontroles un mācību analītikas mērķis ir mācīšanās procesa pielāgošana, autore saskata, ka šāda izvēle ļauj sasniegt *KAM* metodei izvirzītos mērķus.

Lai *KAM* metodi un zināšanu apguves virsmu padarītu pieejamu plašai izmantošanai, ir nepieciešams strukturēt piekļuvi rezultātiem ne tikai atbilstoši kursiem, bet arī šajosursos nodalīt atsevišķas studentu grupas, ņemot vērā, ka katrai studentu grupai var būt cits kursa mācībspēks. Ņemot vērā, ka no zināšanu apguves virsmas iegūtā informācija prasa nekavējošu reakciju jau notiekoša mācību procesa ietvaros, ir jānodrošina atbilstošs skaits mācībspēku, kuri darbojas ar studentu grupām, papildus nodrošinot nepieciešamo kursa saturu, uzdevumus, konsultācijas un citas aktivitātes gan e-studijās, gan klātienē, lai sasniegtu izvirzītos mācību mērķus.

Izstrādātā *KAM* metode un zināšanu apguves virsma ir veidota, lai to lietotu nelielām studentu grupām (līdz 40 personām). Lietojot to lielākām studentu grupām, noteikti ir jāpārdomā papildu risinājumi, kā punktus uz zināšanu apguves virsmas veidot nolasāmus arī tad, ja to ir daudz. Iespējams, pie liela punktu skaita ir nepieciešams rast cita veida vizuālo attēlojumu, lai iegūtie mācību analītikas rezultāti būtu ērti nolasāmi, saprotami un viegli interpretējami. Arī lielāka mācībspēku vai kursu skaita gadījumā ir jāpārdomā izvēlnes un piekļuves, lai nodrošinātu gan mācību analītikas datu pārskatāmību, gan arī aizsardzību pret tādu personu piekļuvi, kam tie nav nepieciešami *KAM* metodes ietvaros doto uzdevumu izpildei.

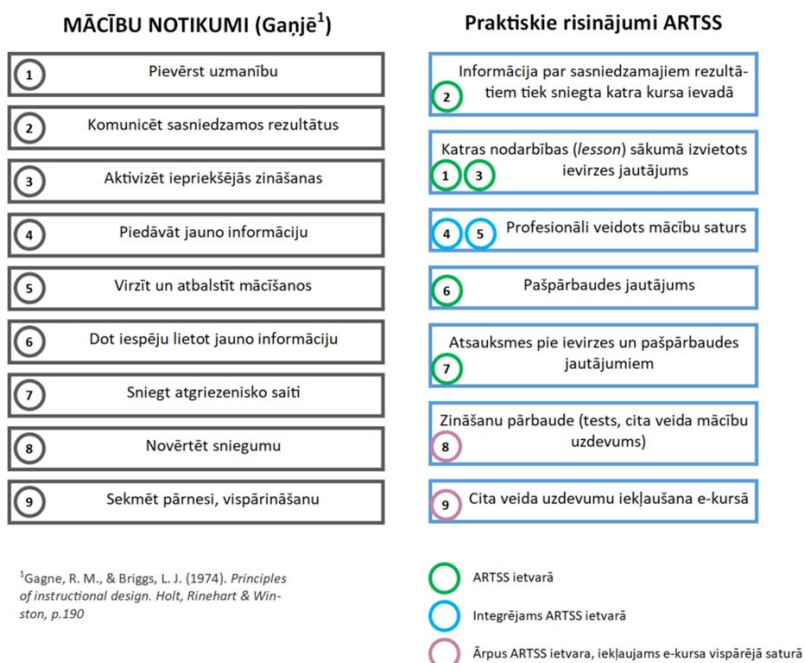
E-studiju mācību procesā jābūt iespējamam gūt priekšstatu par studenta iesaistes līmeni un motivāciju, studenta zināšanu apguves progresu kursa gaitā un kursa satura piemērotību studenta vajadzībām. Tam ir nepieciešams mācību analītikas rīks, kas ļauj vākt un analizēt datus par studenta sākotnējo zināšanu līmeni un studenta zināšanu apguves progresu kursa gaitā. Studentu dati jāvāc un jāanalizē veidā, kas ļauj noteikt studentu motivāciju un studentu iesaisti kursa norisē. Ne mazāk svarīgi ir tas, lai mācību analītikas rīks ļauj noteikt kursā iekļauto zināšanu pārneses īpašības un spriest par kursa satura piemērotību attiecīgajai studentu grupai.

Literatūrā piedāvātie risinājumi mācību procesa organizēšanai un mācību analītikas lietošanai sniedz dažādus ieteikumus. Ieteikumi ietver nepieciešamību izveidot ekosistēmu, kas ietvertu studentiem nepieciešamo atbalstu un palīdzētu studentiem pielāgoties studiju procesam, lai pozitīvi ietekmētu studentu zināšanu apguves progresu (Dennis et al., 2005). Pieaugušo izglītības mācībspēkiem ieteikts identificēt studentu motivācijas būtību un ņemt to vērā, vadot mācību procesu. Tiek norādīts, ka svarīga ir katra unikālā indivīda un vides faktoru mijiedarbība. Ja šis aspekts netiek ņemts vērā, visticamāk, ka mācību process netiks veiksmīgi īstenots (Simpson, 1997). Studentu zināšanu novērtēšana pirms kursa sākšanas un pēc kursa noslēgšanas ir būtiska, lai izprastu studentu zināšanu apguves progresu. Lai noteiktu studentu zināšanu apguves progresu, tiek ieteikts mērīt gan teorētiskās zināšanas, gan kompetences, gan arī prasmes. Tāpat tiek norādīta nepieciešamība vērtēt studentu uzvedību un uzvedības izmaiņas

pirms un pēc mācībām. Vērtējot studentu uzvedību, fokuss vēršams uz aizrautību mācoties, attieksmi pret mācībām, studenta demonstrētās spējas un snieguma efektivitāti (Zhou, 2021).

*KAM* metode motivē studentus aktīvi piedalīties kursā (Kapenieks et al., 2020). *KAM* metode ietver ievirzes un pašpārbaudes jautājumus un kursa satura sadaļas. *KAM* metode ir izstrādāta, lai nodrošinātu studenta aktīvu iesaistīšanos mācību procesā un nodrošinātu kursa mācībspēku ar informāciju, kas nepieciešama kursa satura aktualizēšanai. Iegūtie mācību analītikas dati ļauj izprast zināšanu plūsmas, kursā ietverto zināšanu pārneses īpašības un pilnveidot kursa saturu, tādējādi uzlabojot mācību procesa efektivitāti. Mācību analītikas dati tiek vizualizēti uz zināšanu apguves virsmas, līdz ar to mācībspēkam ir pieejama grafiska informācija par kursa satura un pedagoģiskās pieejas atbilstību studenta vajadzībām. Studentu uzvedības dati tiek analizēti un vizualizēti, izmantojot statistikas metodes (Daugule et al., 2022).

Kursa satura sadalīšana fragmentos uzlabo studenta iespējas šo informāciju uztvert un saglabāt atmiņā. Optimālais kursa satura fragmentu apjoms, ko students spēj uztvert, apstrādāt un atcerēties ir septiņi (+/-2) fragmenti (Miller, 1956). Kombinējot šo pieeju ar Ganjē mācību notikumiem, veidojas mācību vide, kas vērsta gan uz zināšanu apguvi, gan arī mācību analītikas vajadzībām nepieciešamo datu ieguvu. Strādājot pie *KAM* metodes attīstīšanas, autore analizēja iespējas Ganjē piedāvātos mācību notikumus realizēt e-studiju kursa un *KAM* metodes ietvarā. Lielāko daļu no Ganjē mācību notikumiem ir iespējams realizēt *KAM* metodes ietvarā, savukārt pārējos ir iespējams iekļaut kursā, bet ārpus *KAM* metodes ietvara (2.9. att.).



2.9. att. Ganjē mācību notikumi un piedāvātie risinājumi *KAM* metodes ietvarā (Kapenieks et al., 2021). Autore veidots attēls.

*KAM* metodes ietvarā pilnībā iekļaujas 1., 2., 3., 6. un 7. mācību notikums:

- 1 (uzmanība tiek pievērsta ar ievirzes jautājumu);
- 2 (sākot mācības, tiek norādīti kursa uzdevumi un sasniedzamie mērķi);
- 3 (ievirzes jautājums pēc tam, kad studenta uzmanība ir pievērsta, liek pārdomāt atbildi uz šo jautājumu, tādējādi aktivizējot iepriekš apgūtās zināšanas);
- 6 (pašpārbaudes jautājums liek lietot kursā apgūtās zināšanas)
- 7 (studentam tiek sniegta atgriezeniskā saite par sniegto atbildi, ko papildina atbilstošas krāsas signāls. Tas ļauj studentam pārliecināties, ka studenta izvēlēta atbilde ir bijusi pareiza, vai arī izprast, kāpēc izvēlēta atbilde ir bijusi nepareiza).

Lai mācību analītikas rezultāti tiktu atspoguļoti korekti, ļoti svarīgi, lai ievirzes un pašpārbaudes jautājumi būtu vienlīdz sarežģīti un atbilstu kursa satura sadaļā skatītajai tēmai.

4. un 5. Gaņjē mācību notikumu ir iespējams gan iekļaut piedāvātajā *KAM* metodes ietvarā, gan arī brīvi papildināt kursa saturu ārpus tā. Situācijā, kad 4. mācību notikumu “Piedāvāt jaunu informāciju” ir nepieciešamība iekļaut *KAM* metodes ietvarā, tas ir ievietojams satura (*content*) sadaļā starp ievirzes jautājumu un pašpārbaudes jautājumu atbilstoši kursa mērķim un uzdevumiem. Kursu satura sadaļa var būt gan tiešā veidā iekļauta mācību vadības sistēmā, gan arī veidota ārpus mācību vadības sistēmas un pēc tam tajā integrēta. Autore nav atradusi būtiskus ierobežojumus attiecībā uz kursu satura sadaļā ievietojamā kursu satura veidu vai lietojamām mācību metodēm. Ir pieļaujams risinājums, ka kursu saturu izstrādā katrs mācībspēks individuāli, tāpat ir iespēja, ka to centralizēti sagatavo kursu satura veidotājs un pēc tam piedāvā mācībspēkiem to iekļaut savosursos.

5. notikums “Virzīt un atbalstīt mācīšanos” *KAM* metodes ietvarā ir iekļaujams, izmantojot “*lesson*” rīku vadīta kursu satura sagatavošanā. Ja mācībspēks aktīvi seko līdzi izmaiņām uz zināšanu apguves virsmas, viņam ir iespēja savlaicīgi pamanīt, ar kuru kursu satura daļu studentam ir radušās grūtības, un apsvērt iespējamus risinājumus. Šajā gadījumā gan pastāv iespēja, ka nepieciešamie pedagoģiskie risinājumi būs jārealizē ārpus šī ietvara, kursam pievienojot papildu sadaļas.

Pilnībā ārpus *KAM* metodes, bet joprojām iespējami e-studiju kursu ietvaros ir 8. un 9. mācību notikums. 8. notikumam “Novērtēt sniegumu” ir nepieciešams atsevišķi izveidot starppārbaudījumus un noslēguma pārbaudījumi, jo ievirzes un pašpārbaudes jautājumi netiek izmantoti gala novērtējumā. 9. notikums “Sekmēt pārnesi, vispārīnāšanu” arī ir veidojams atsevišķi. Šajā gadījumā mācībspēks, ņemot vērā uz zināšanu apguves virsmas iegūtos mācību analītikas rezultātus, var veidot atbilstošus tālākos uzdevumus, lai sekmētu studentu zināšanu pārnesi un vispārīnāšanu.

Pieejas, kas veidotas, lai panāktu līdzvērtīgu zināšanu apjoma apguvi iespējami īsākā laikā, ir piedāvātas arī iepriekš, un iegūtie rezultāti liecina, ka ar pareizi izstrādātu pieeju zināšanu apguvei veltāmais laiks var būt trīs vai četras reizes īsāks par akadēmiskajā kursā ierasto (Delerue et al, 2018). Veidojot *KAM* metodi, tā vietā, lai precīzi prognozētu studentu zināšanu apguves progresu, galvenā uzmanība ir veltīta iespējai savlaicīgi pamanīt mācību procesā radušās grūtības, tādējādi sniedzot mācībspēkam iespēju savlaicīgi iesaistīties un pavērst

mācību procesu kursa mērķa sasniegšanai vēlamā virzienā. *KAM* metode ir vērsta uz 2. un 3. stratēģijas īstenošanu (2.1., 2.3. un 2.4. att.) (Daugule et al., 2022).

Viens no *KAM* metodes uzdevumiem ir saglabāt studentu uzmanību, regulāri iesaistot studentus atbildēs uz jautājumiem kontekstā ar apgūstamo kursa saturu. Sākot *KAM* metodes izpēti, e-kurss tika pielāgots, lai katrā kursa saturā daļā iegūtu vairāk studentu uzvedības datu. To nodrošināja ievirzes un pašpārbaudes jautājumu izvietošana katras kursa saturā daļas sākumā un beigās. Studenti tika informēti, ka atbildes uz šiem jautājumiem gala vērtējumā netiks ņemtas vērā, tomēr atbilde uz tiem ir daļa no mācību procesa. Studenti pieņēma papildu jautājumus kā motivējošus un noderīgus (Kapenieks et al., 2020).

*KAM* metode sniedz iespēju identificēt viegli un smagnēji plūstošas zināšanas mācību kursā un savlaicīgi reaģēt, lai sasniegtu maksimālo efektu kursa saturā apgūvē. Savlaicīga smagnēji plūstošu zināšanu identifikācija ļauj mācībspēkam pielāgot savas turpmākās darbības un pedagoģiskos paņēmienus, lai veicinātu smagnēji plūstošu zināšanu apguvi un novērstu iespējamās zināšanu plaisas. Attīstot zināšanu apguves virsmu, galvenā uzmanība tika pievērsta studentu aktivitātes datiem kontekstā ar kursa saturā sadalīšanu un kursa saturā ietvertiem daudzizvēļu jautājumiem. *KAM* metodes mērķis ir pārveidot studentu no pasīva novērotāja par aktīvu domātāju, tādējādi atvieglojot viņa mācību procesu un zināšanu apguvi. Izstrādājot *KAM* metodi, bija svarīgi, lai tā veicinātu studentu iesaistes un iekšējas motivācijas veidošanos.

Izvēloties atbilstošus iestatījumus *Moodle* mācību vadības sistēmā, ir iespējams nodrošināt to, ka students kursa saturā apguvi sāk ar ievirzes jautājumu. Tas vienlaikus ļauj studentam sagatavoties kursa saturā apguvei, atsvaidzināt atmiņā iepriekš apgūtās zināšanas, kā arī iegūt studenta sākotnējo zināšanu novērtēšanai nepieciešamos datus. Pēc jautājuma atbildēšanas ir nodrošināta atgriezeniskā saite, informējot studentu par sniegtās atbildes pareizību. Datu vākšanai ir svarīgi, lai ievirzes jautājums tā nosaukumā mācību vadības sistēmā tiktu identificēts pēc viena parauga. Esošajā situācijā tika izvēlēts vienots apzīmējums "A".

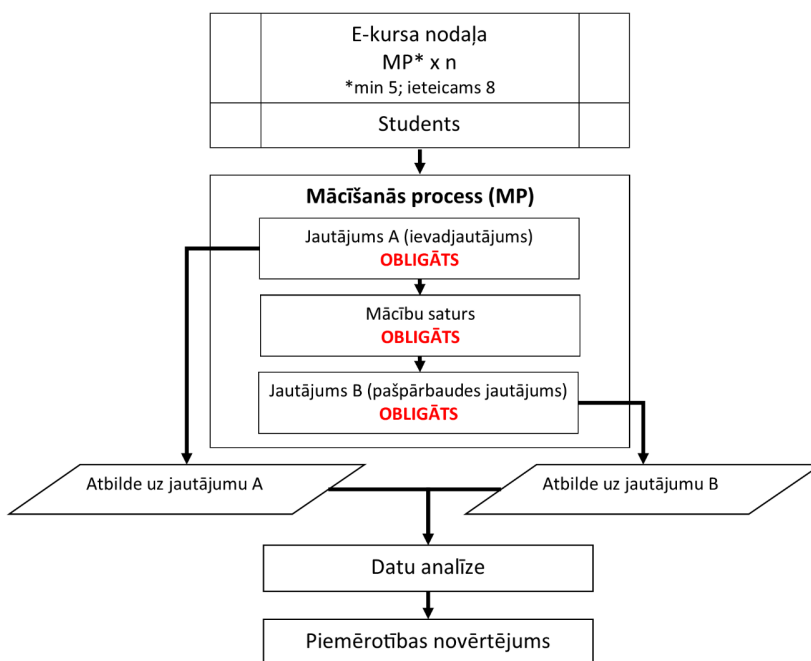
Tālāk kursa saturā plūsmā tiek veidota, ievietojot saturā (*Content*) lapu. Saturā lapu veido, ņemot vērā apgūstamo kursa saturā daļu un pedagoģijas paņēmienus. Saturā lapa var ietvert tekstu, attēlus, infografikas, videomateriālus, saites uz ārējiem mācību materiāliem un citus. Svarīgi, lai ievietotais saturs atbilstu gan ievirzes, gan pašpārbaudes jautājumiem un sniegtu zināšanas, kas nepieciešamas, lai uz šiem jautājumiem atbildētu. Saturā lapa var būt viena vai vairākas secīgas lapas. Šīs kursa sadaļas dizainam un ietvertajam saturam nav tehnoloģisku ierobežojumu, kas būtu saistīti ar prasībām no datu analītikas puses, tiešā veidā dati no šīs sadaļas mācību analītikas vajadzībām netiek nolasīti un analizēti.

Pēc saturā lapas nodarbībā tiek ievietots pašpārbaudes jautājums. Šis jautājums ļauj studentam veikt pašpārbaudi, pārliecinoties, ka kursa saturā ietvertās zināšanas ir apgūtas. Pēc jautājuma atbildēšanas ir nodrošināta atgriezeniskā saite, informējot studentu par sniegtās atbildes pareizību. Šis elements ļauj iegūt studenta zināšanu apjoma kursa noslēgumā novērtēšanai nepieciešamos datus. Datu vākšanai ir svarīgi, lai ievirzes jautājums tā nosaukumā mācību vadības sistēmā tiktu identificēts pēc viena parauga. Esošajā situācijā tika izvēlēts vienots apzīmējums "B".



Gan “A”, gan “B” jautājumi tiek veidoti kā daudzizvēļu (*multiplechoice*) jautājumi ar trīs atbilžu variantiem, no kuriem viens variants ir pareizs, divi ir nepareizi. Veidojot jautājumus, tiek iestatītas arī atbilstošas atsauksmes, lai nodrošinātu nepieciešamo atgriezenisko saiti.

Veidojot nodarbības plūsmu, pirmais tiek izvietots “A” jautājums, tam seko saturs (lapas), nodarbības noslēgumā – “B” jautājums. Neatkarīgi no tā, vai students ir sniedzis pareizu atbildi uz “A” jautājumu, studentu tiek virzīts uz saturs lapu. Pēc saturs apguves student tiek virzīts uz “B” jautājumu. Neatkarīgi no tā, vai students ir sniedzis pareizu atbildi uz “B” jautājumu, students tiek virzīts uz nākamo nodarbību, līdz sasniedz kursa nodaļas beigas (2.10. att.).



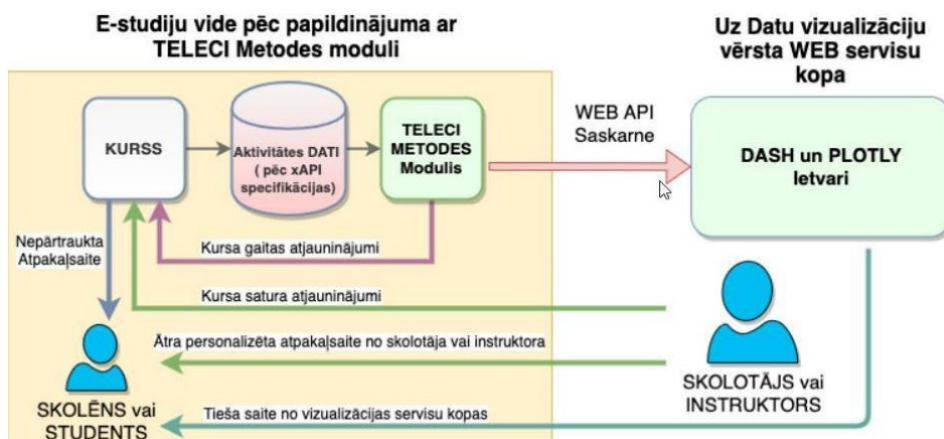
2.10. att. Mācību vadības sistēmā ievietota kursa saturs strukturēšana *KAM* metodes lietošanai (Daugule et al., 2022). Autores veidots attēls.

Pēc iegūto mācību analītikas datū vērtību aprēķināšanas uz zināšanu apguves virsmas tiek veidoti punkti. Uz zināšanu apguves virsmas izvietotais punkts ir izmantojams, lai novērtētu kursa saturs piemērotību studentam vai studentu grupai. Rezultāti tiek nodrošināti ar aplikācijas palīdzību \*.html formātā, tāpēc mācībaspēkam ir iespējams zināšanu apguves virsmu un uz tās izvietotos punktus apskatīt sev vēlamā mērogā un leņķī.

Lai *KAM* metodi ieviestu ikdienas mācību procesā, ir nepieciešams nodrošināt funkciju kopumu, kas ļauj sasniegt *KAM* metodei izvirzītos mērķus un uzdevumus. Kā nepieciešamos sistēmas pamatelementus autore identificēja šādas funkcijas: autorizāciju; paroles aizsardzību; datū analīzes pieprasījumu; analīzei nepieciešamo datū izgūšanu no mācību vadības sistēmas;

datu strukturēšanu; datu analīzi; rezultātu atspoguļošanu; rezultātu piegādi atbilstošā formātā; piekļuves metodi iegūtajiem rezultātiem.

Sistēma, kas īsteno *KAM* metodi, ietver mācību vadības sistēmu, mācību analītikas rīku, kas pievienots mācību vadības sistēmai kā spraudnis, un zināšanu apguves virsmu – lietotni ar mācību analītikas rīku iegūto rezultātu atspoguļošanai (2.11. att.).



2.11. att. *KAM* metodes darbības grafiskā shēma (Kapenieks et al., 2021).

Sistēmas lietotāji ir mācībspēki, kursu docētāji, kuri lieto mācību vadības sistēmu, lai nodotu zināšanas un zināšanu apguves virsmu, lai novērtētu sasniegtos rezultātus un nepieciešamo pilnveidi, kā arī kursa satura autori (kas paši var būt un var nebūt kursu docētāji). Sistēmas lietotāji ir arī administratori, kas uzrauga un atbalsta darbības gan mācību vadības sistēmā, gan arī seko līdzi analītikas rīka atbilstošai darbībai un iegūto rezultātu nonākšanai uz zināšanu apguves virsmas. Nākotnē risinājumu iespējams attīstīt, paredzot iespēju saviem datiem piekļūt arī studentiem.

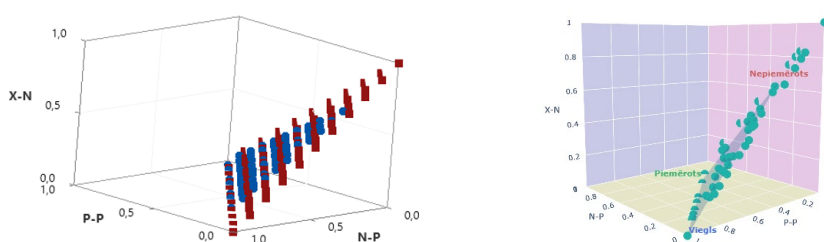
Sistēmas uzdevums ir iegūt studentu mācīšanās datus no mācību vadības sistēmas un veikt to strukturētu analīzi. Sistēma ļauj identificēt zināšanu pārnesi, norādot, kurās vietās kursā atrodamas viegli plūstošas zināšanas un kurās vietās – smagnēji plūstošas zināšanas. Sistēmas lietotājam jābūt iespējai izvēlēties griezumus, kādā iegūt analīzes rezultātus. Sistēmas izstrādes mērķis ir nodrošināt kursa docētājiem pēc iespējas plašu informāciju par kursa satura atbilstību attiecīgās studentu grupas vai individuāla studenta vajadzībām, kā arī gūt priekšstatu par studentu grupas vai individuāla studenta iesaisti mācību procesā un tā laikā gūto zināšanu apguves progresu. Mācību analītikas rīks ir lietojams, savietojot ar *Moodle* vai attiecīgi pielāgojot kādu citu no vadošajām kursa satura vadības sistēmām, veidojot vienotu sistēmu.

Pētījuma gaitā tika apskatīti vairāki risinājumi, kā nodrošināt mācību analītikas rīka darbību, tai skaitā – piekļuvi mācību analītikas rezultātiem uz zināšanu apguves virsmas. Pēc iespējamo tehnisko risinājumu analīzes tika veikta to savstarpējās savietojamības analīze. Pamatojoties uz savietojamības analīzē iegūtajiem rezultātiem, tika veikta iespējamo tehnisko risinājumu alternatīvu analīze. Tās mērķis ir atrast optimālo risinājumu kopumu, ko izmantot

par pamatu sistēmas veidošanai. Kā optimālā sistēmas risinājuma ķēde tika izvēlēta ķēde, kas ietver autorizētu informācijas pieprasījumu, izmantojot mācību vadības sistēmas paroli. Parole tiek aizsargāta, izmantojot *SSL*, dati no mācību vadības sistēmas uz mācību analītikas rīku tiek nodoti \*.csv formātā. Dati tiek strukturēti tekstā. Lietotājam ir iespēja veikt datu analīzes pieprasījumu, atkarībā no vajadzībām izvēloties kādu no iepriekš definētām pozīcijām. Datu analīze tiek veikta statistiski, un tās rezultāti tiek atspoguļoti grafiskā attēlā. Rezultātu piegādes formāts ir \*.html lapas veidā tiešsaistē. Mācību analītikas rezultātiem ir iespējams piekļūt, autorizējoties ar mācību vadības sistēmas paroli.

## 2.4. *KAM* metode un zināšanu apguves virsma – prototipa izmēģinājuma rezultāti un to validācija

*KAM* metodes un zināšanu apguves virsmas darbības pārbaudei tika veikta gan verifikācija, gan validācija. Lai pārlicinātos, ka mācību analītikas rīka darbības rezultātā uz zināšanu apguves virsmas izvietotie punkti ir izvietoti korekti, tika veikta analītikas rīkā ietvertu aprēķinu pārbaude, salīdzinot iegūtos rezultātus ar diviem dažādiem paņēmieniem. Verifikācija tika veikta, paralēli izgūstot attiecīgā kursa logfailus no izmantotās mācību vadības sistēmas *Moodle* un veicot alternatīvu pārrēķinu, izmantojot *Minitab*. Iegūtais rezultāts tika salīdzināts ar lietotnē redzamo punktu izvietojumu. Verifikācija ir uzskatāma par veiksmīgu, ja punktu izvietojums uz zināšanu apguves virsmas abos risinājumos sakrīt. Ja punkti ir novirzījušies, tas liecina par kļūdu, un šādā situācijā ir nepieciešams atklāt un novērst iemeslus, kāpēc tā ir noticis. Veicot verifikāciju ar *Minitab* modelētajai zināšanu apguves virsmai un salīdzinot iegūto rezultātu ar aplikācijā redzamo (2.12. att.), uz kuras izvietoti reāli mācību dati, tika gūts apstiprinājums, ka iegūtie rezultāti sakrīt un abos gadījumos tā ir telpiska trīs dimensijās novietota plakne. Verifikācija apliecināja, ka zināšanu apguves virsma un paplašinātā virsma atrodas vienā plaknē un zināšanu apguves virsma pilnībā iekļaujas paplašinātajā virsmā.



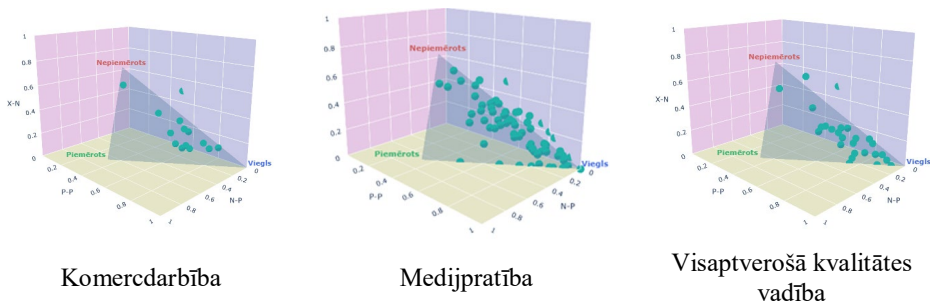
2.12. att. Modelētā zināšanu apguves virsma un paplašinātā virsma – mākslīgie dati (pa kreisi) un aplikācijā pieejamā zināšanu apguves virsma, kur mācību dati izvietoti arī uz tās paplašinājuma (pa labi). Autores veidots attēls.

Gan modelējot situācijas ar reāliem datiem, gan vēlāk, jau sistēmas prototipa izmēģināšanas laikā, tika fiksētas situācijas, kad datu punkti atrodas ārpus aprēķinātās zināšanu apguves

virsmas. Vienlaikus tika novērots, ka trīsdimensiju modelī šie datu punkti tomēr saglabā savu izvietojumu vienā plaknē ar zināšanu apguves virsmu (Daugule et al., 2022).

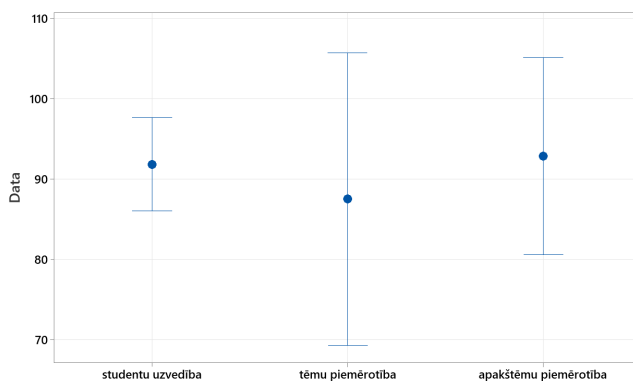
Lai validētu ar zināšanu analītikas rīku iegūtos un uz zināšanu apguves virsmas izvietotos rezultātos un to interpretāciju, šie rezultāti tika validēti, izmantojot ekspertatzinumu metodi. Kā eksperti tika pieaicinātas personas ar augstu zinātnisko un praktisko kompetenci e-studiju tehnoloģiju jomā, praktisku pieredzi attālinātu mācību īstenošanā. Validācija tika veikta ekspertu *Moodle* vidē īstenotajiem kursiem, kas pirms tam tika pielāgoti *KAM* metodes izmantošanai. Zināšanu apguves virsmas pilotēšanas gaitā iegūtie rezultāti tika validēti, salīdzinot ar zināšanu apguves virsmu iegūto rezultātu interpretāciju ar ekspertu viedokli par tās pašas studentu grupas gūto zināšanu apguves progresu mācību gaitā. Eksperti tiešā veidā bija iesaistīti attiecīgā kursa docēšanā un kā attiecīgā kursā docētāji pārzināja vērtējamās studentu grupas sastāvu, iepriekšējās zināšanas un citus aspektus, kas var ietekmēt mācību progresu. Kurša docētāja rīcībā ir informācija par šīs grupas mācību gaitā parādītajām un apgūtajām zināšanām, kā arī iesaisti mācību procesā.

Validācija ietver piecus posmus. Sākotnēji tiek sagatavota uz zināšanu apguves virsmas redzamo rezultātu interpretācija. Interpretācijai par pamatu tiek izmantoti iepriekš izstrādātie studentu zināšanu apguves progresa modeļi, metrika un zināšanu apguves virsmas interpretācijas nosacījumi. Pēc tam interpretācijas rezultāti tiek apkopoti un anketas veidā iesniegti ekspertam izvērtēšanai. Eksperts veic iegūto rezultātu novērtēšanu, salīdzinot tos ar savu mācību norises gaitā gūto pieredzi un zināšanām par attiecīgo studentu grupu. Eksperts ir aicināts norādīt, vai un kādā mērā ar zināšanu apguves virsmu iegūtie rezultāti atšķiras no eksperta praktiskajiem vērojumiem, kā arī precizēt, kādas tieši atšķirības ir novērotas. Atšķirība tiek novērtēta procentuāli. Pēc tam, pamatojoties uz eksperta sniegto vērtējumu, tiek veikts interpretācijas precizitātes novērtējums, novērtēta vidējā procentuālā kļūda un izdarīti secinājumi par ar zināšanu analīzes rīku iegūto un interpretēto rezultātu mērījumu kļūdu. Validācijas gaitā tika apstrādāti dati par deviņiem kursiem, vienā gadījumā kursam bija divi docētāji, un abi sniedza savu viedokli kā eksperti. Kopējais analizētais datu apjoms par šiem deviņiem kursiem aptver 49 tēmas, kas ietvēra 367 apakštēmas. Pilotēšanas ietvaros kursiem tika reģistrēti 397 studenti, kuri mācību procesā izveidoja 6619 jautājumu pārus. Kursi bija veidoti *Moodle* vidē, tika realizēti tiešsaistē, šo kursu rezultāti mācību norises laikā tika piesaistīti mācību analītikas rīkam un zināšanu apguves virsmai. Kursu dalībnieki bija gan skolēni (7.–12. klase), gan pieaugušie (studenti). 2.13. attēlā redzams piemērs, kā mācību analītikas rezultāti tika atspoguļoti uz zināšanu apguves virsmas.



2.13. att. Zināšanu apguves virsma. Studentu zināšanu apguves progress. Autores veidots attēls.

Validācijas rezultātu atspoguļošanai tika izmantota intervālu diagramma, kas atspoguļo datu vidējās ticamības intervālu. Iegūtie rezultāti liecina, ka attiecībā uz studentiem izvirzītie apgalvojumi, ir vērtējami ar 92 % ticamību, ticamības intervāls variē no 86–97 % atkarībā no izteiktā apgalvojuma veida. Vērtējot validācijas rezultātus par tēmām, iegūtie rezultāti liecina, ka attiecībā uz tēmu piemērotību izvirzītie apgalvojumi ir vērtējami ar 87,5 % ticamību, ticamības intervāls variē no 69–100 % atkarībā no izteiktā apgalvojuma veida. Vērtējot validācijas rezultātus par apakštēmām, iegūtie rezultāti liecina, ka attiecībā uz apakštēmām izvirzītie apgalvojumi ir vērtējami ar 93 % ticamību, ticamības intervāls variē no 81–100 % atkarībā no izteiktā apgalvojuma veida. Rezultāti atspoguļoti 2.14. attēlā.



2.14. att. Intervālu diagramma – ekspertu vērtējums par izteikto apgalvojumu atbilstību. Autores veidots attēls.

Pilotēšanas laikā gūtie rezultāti apstiprina teorētiskos pieņēmumus par studentu uzvedību un studentu zināšanu apguves progresu kursa laikā. Zināšanu apguves virsma ļauj novērtēt kursa satura piemērotību studentu grupai un atsevišķam studentam, kā arī sniedz mācībspēkam informāciju par kursa satura precizēšanas nepieciešamību. Iegūtie rezultāti liecina, ka attiecībā uz validācijā ietvertajām situācijām punktu izvietojums uz zināšanu apguves virsmas ir interpretēts korekti. Izmantojot *KAM* metodi un zināšanu apguves virsmu, ir iespējams izdarīt secinājumus par studentu iesaisti mācību procesā. Atkarībā no tā, cik punkts ir novirzīts uz augšu no zināšanu apguves virsmas apakšējās malas, var spriest par to, cik attiecīgā kursa satura

tēma ir piemērota attiecīgajai studentu grupai. Kursa satura tēmu izkliede uz zināšanu apguves virsmas liecina par to, cik tās ir līdzvērtīgas sarežģītības ziņā: jo punkti ir blīvāki, jo līdzvērtīgākas sarežģītības saturs tajās ir iekļauts. Izmantojot zināšanu apguves virsmu, ir iespējams izprast, vai studenti ir apguvuši kursa apakštēmas un vai kursa apakštēmās nav kādas tehniskas vai saturiskas problēmas, kā arī iespējams gūt priekšstatu, cik kursa apakštēma vai to kopums ir sarežģīta. Atkarībā no tā, cik punkts ir novirzīts uz augšu no zināšanu apguves virsmas apakšējās malas, var spriest par to, cik kursa apakštēma ir piemērota attiecīgajai studentu grupai, savukārt kursa apakštēmu izkliede uz zināšanu apguves virsmas liecina par to, cik kursa apakštēmas ir līdzvērtīgas sarežģītības ziņā: jo punkti ir blīvāki, jo līdzvērtīgākas sarežģītības saturs kursa apakštēmās ir iekļauts.

## SECINĀJUMI

1. Promocijas darba mērķis ir sasniegts, izvirzītā hipotēze ir apstiprinājusies.
2. Izstrādātā *KAM* metode, metrika un zināšanu apguves virsma ļauj uzraudzīt studentu zināšanu apguves progresu un studentu iesaisti mācību procesā, kā arī novērtēt kursa satura piemērotību studentam vai studentu grupai. Punktu koordinātes uz zināšanu apguves virsmas norāda mācībspēkam par studenta mācību un kursa uzlabošanas vajadzībām.
3. Punktu izvietojums uz zināšanu apguves virsmas ļauj izdarīt secinājumus par kursā ietverto zināšanu pārneses īpašībām. Rezultāti ir pieejami reāllaikā un ļauj mācībspēkam nekavējoties veikt nepieciešamās izmaiņas gan kursa saturā, gan mācību procesā turpmākā mācību procesa laikā.
4. Lielāka uzticamība ir datiem, ko students e-studiju vidē ir ģenerējis mācību procesa laikā. Studenta sniegtās atbildes uz jautājumiem dažāda veida aptaujās ir izmantojams tikai kā papildu materiāls.
5. Punktu izvietojums uz zināšanu apguves virsmas parāda, ka viena kursa ietvaros ir ietvertas gan viegli, gan smagnēji plūstošas zināšanas un zināšanu pārneses īpašības ir iespējams identificēt. Zināšanu pārneses īpašības raksturo pūļu apjoms, ko studentam jāpieliek, lai zināšanas apgūtu.
6. Datu vākšana jāveic, rodot līdzsvaru starp kursa strukturēšanu mācību analītikas nolūkiem, mācību analītikas rezultātu uzticamības intervālu un kursa saturu un dizainu, kas ir izkārtots atbilstoši noteiktajiem kursa mērķiem, lai lieki neapgrūtinātu un netraucētu mācību procesu.
7. Lai iegūtu uzticamus rezultātus, ir svarīgi nodrošināt, ka ievirzes jautājums un pašpārbaudes jautājums saturiski un pēc būtības ir līdzvērtīgas sarežģītības, kā arī abi jautājumi ir tieši saistīti ar kursa satura fragmentu, kas mācību vadības sistēmas plūsmā ir izvietots starp tiem.
8. Zināšanu apguves virsma padara iegūtos mācību analītikas datus ērti lietojamus un ir piemērota mācību analītikas datu atspoguļošanai. Zināšanu apguves virsma ļauj skatīt datus dažādos griezumos – par kursu, tā atsevišķu daļu, par studentu grupu un individuālu studentu, kas uzskatāms par būtisku priekšrocību.
9. Ar *KAM* metodes palīdzību var gūt raksturojumu par studentu grupu – kāds ir studentu grupas vidējais spēju līmenis, kādas ir individuālu studentu īpašības. Iegūtie kvantitatīvie mācību analītikas dati ļauj novērtēt katras kursa daļas (tēmas, apakštēmas) atbilstību attiecīgai studentu grupai, turklāt tiek parādītas atšķirības starp dažādām kursa tēmām un apakštēmām.
10. Atbildes uz ievirzes un pašpārbaudes jautājumiem ir piemērots veids, kā noteikt studenta iesaisti mācību procesā. *KAM* metodei ir pozitīva ietekme uz studenta zināšanu apguves progresu, un tā veicina studentu motivāciju līdzdarboties mācību procesā. Ievirzes un pašpārbaudes jautājumus ir lietderīgi izmantot kursa e-studiju daļai, lai veicinātu studentu iesaisti un motivāciju.

11. *KAM* metodes pilotēšanas laikā gūtie rezultāti apstiprina, ka kursa satura atbilstība studentu vajadzībām ir būtiska. Pārāk sarežģīts kurss var radīt intereses zudumu, savukārt pārāk vienkāršs kursa saturs nedod studentam iespēju iegūt jaunas zināšanas.
12. *KAM* metodes pilotēšanas laikā gūtie rezultāti un ekspertu vērtējums apstiprina autores veidotos teorētiskos modeļus par studentu uzvedību un gūto zināšanu apguves progresu kursa gaitā un ar to saistītajām punktu trajektorijām uz zināšanu apguves virsmas.
13. Izmantojot zināšanu apguves virsmu, var izprast, vai studenti ir apguvuši tēmas un apakštēmas un vai kursā ir nepieciešami tehniski vai saturiski uzlabojumi.
14. Validācijas rezultāti liecina, ka punktu izvietojums uz zināšanu apguves virsmas ir interpretēts korekti un izvietotie punkti ļauj izdarīt secinājumus par studentu iepriekšējām zināšanām un zināšanu apguves progresu, kā arī par studentu iesaisti mācību procesā un kursa satura atbilstību studentu vajadzībām.



## LITERATŪRAS SARAKSTS

- Abdelkader et al. (2022). An Efficient Data Mining Technique for Assessing Satisfaction Level With Online Learning for Higher Education Students During the COVID-19. *IEEE Access*, 10, 6286-6303. doi:10.1109/ACCESS.2022.3143035
- Adzovie et al. (2022). Assessment of the effects of Covid-19 pandemic on the prospects of e-learning in higher learning institutions: The mediating role of academic innovativeness and technological growth. *Cogent Education*, 9(1). doi:10.1080/2331186X.2022.2041222
- Agaoglu, M. (2016). Predicting Instructor Performance Using Data Mining Techniques in Higher Education. *IEEE Access*, 4, 2379–2387. doi: 10.1109/ACCESS.2016.2568756
- Almpanis, T. (2020). Classroom Use, Blended Learning. In A. Tatnall, *Encyclopedia of Education and Information Technologies* (pp. 285–290). Springer. Cham. doi:10.1007/978-3-030-10576-1\_68
- Aremu et al. (2022). The impacts of integrated e-Learning system toward the challenges facing education sector during and post Covid-19 pandemic. *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 18(1), 34–44. doi:https://doi.org/10.20368/1971-8829/1135385
- Baird & Elliott. (2018). Metrics in education—control and corruption. *Oxford Review of Education*, 44(5), 533–544. doi:https://doi.org/10.1080/03054985.2018.1504858
- Becerra-Fernandez & Sabherwal. (2014). *Knowledge Management: Systems and Processes*. Routledge.
- Bujang et al. (2021). Multiclass Prediction Model for Student Grade Prediction Using Machine Learning. *IEEE Access*, 9, 95608-95621. doi:10.1109/ACCESS.2021.3093563
- Cambridge Dictionary. (2022). Lejuplādēts 01.09.2022. no <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/data>
- Cevikbas, M., Kaiser, G. (2022). Can flipped classroom pedagogy offer promising perspectives for mathematics education on pandemic-related issues? A systematic literature review. *ZDM Mathematics Education*. doi:10.1007/s11858-022-01388-w
- Childs & Taylor. (2022). The Internet and K-12 Education: Capturing Digital Metrics. *Technology, Knowledge and Learning During the COVID-19 Era*. doi:https://doi.org/10.1007/s10758-022-09612-y
- Collins COBUILD Advanced Learner's Dictionary. (2022). doi:https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/multiple-choice
- Colman, H. (06.09.2021.). *Employee Training Metrics: How to Measure eLearning Effectiveness*. Lejuplādēts 09.08.2022. no Ispringsolutions: <https://www.ispringsolutions.com/blog/training-metrics-how-to-measure-elearning-effectiveness>
- Daugule & Kapenieks. (2017). Collaborative Knowledge Flow – Mapping the E-Learning Environment. *EDULEARN17 Proceedings*, (pp. 3304–3311).
- Daugule & Kapenieks. (2018). The Data of the Initial Motivation – a Valuable Source for the Development of the Course Content. A Case Study in the Group of Business Students. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*, 89–94. doi:10.14419/ijet.v7i2.28.12886
- Daugule et al. (2022). Use of Knowledge Acquisition Surface to Monitor and Assess Students' Success. *Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 17(14), 109–125. doi:https://doi.org/10.3991/ijet.v17i14.31281
- Daugule et al. (2022). Use of Knowledge Acquisition Surface to Monitor and Assess Students' Success. *IJET (to be published)*.

- Delerue et al. (2018). A Massive Open Online Course on Particle Accelerators. *Journal of Physics: Conference Series*, 1067(9). doi:10.18429/JACoW-IPAC2018-MOPML050
- Dennis et al. (2005). The Role of Motivation, Parental Support, and Peer Support in the Academic Success of Ethnic Minority First-Generation College Students. *Journal of College Student Development*, 46(3), 223–236. doi:10.1353/csd.2005.0023
- Dewanti et al. (2022). A Comparative Study on E-Learning Implementation in Higher Education In Response to The Covid-19 Pandemic. *Acitya: Journal of Teaching and Education*.
- Dimovska, S. et al. (2016). *rsu.lv*. Lejuplādēts no PASCL Ziņojums: [https://www.rsu.lv/sites/default/files/imce/Dokumenti/general/PASCL\\_zinojumsLV\\_2016.pdf](https://www.rsu.lv/sites/default/files/imce/Dokumenti/general/PASCL_zinojumsLV_2016.pdf)
- Dyson et al. (2011). Development of PE Metrics Elementary Assessments for National Physical Education Standard 1. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 15, 100–118. doi:10.1080/1091367X.2011.568364
- FLN. (2014). *Definition of Flipped Learning*. Lejuplādēts no flippedlearning.org: <https://flippedlearning.org/definition-of-flipped-learning/>
- Gagne et al. (1992). *Principles of instructional design. 4th ed.* Holt, Rinehart & Winston.
- Grigoryan et al. (2022). ON THE METHOD FOR ASSESSING THE QUALITY OF E-LEARNING RESOURCES. *Main Issues Of Pedagogy And Psychology*, 21(1), 90-98. doi:<https://doi.org/10.24234/miopap.v21i1.430>
- Husin et al. (2022). Full enforcement of e-Learning during first movement control operation of COVID-19 pandemic: are Malaysian university students ready? *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 18(1), 87-93. doi:<https://doi.org/10.20368/1971-8829/1135471>
- ISO. (2018). ISO 21001:2018 Educational organizations – Management systems for educational organizations – Requirements with guidance for use. International Organization for Standardization.
- ISO. (2018). ISO/IEC/IEEE 29148 Systems and software engineering – Life cycle processes – Requirements engineering. International Organization of Standardization.
- IZM. (2016). <http://muzizglitiba.gov.lv/>. Lejuplādēts no <http://muzizglitiba.gov.lv/>: <http://muzizglitiba.gov.lv/pieauguso-izglitiba/15>
- IZM, I. u. (2019). *izm.gov.lv*. Lejuplādēts no Statistika par augstāko izglītību. Studiju programmas.: <https://www.izm.gov.lv/lv/media/2128/download>
- Yamani et al. (2022). Evaluation of Learning Management Systems: A Comparative Study Between Blackboard and Brightspace. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 17(07), 125–144. doi:<https://doi.org/10.3991/ijet.v17i07.28881>
- Yan. (2020). Using Learning Analytics and Adaptive Formative Assessment to Support At-risk Students in Self-paced Online Learning. *IEEE 20th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, (pp. 396–398). doi: 10.1109/ICALT49669.2020.00125
- Yanes et al. (2020). A Machine Learning-Based Recommender System for Improving Students Learning Experiences. *IEEE Access*, 8, 201218–201235. doi:10.1109/ACCESS.2020.3036336.
- Jiang & Wang. (2020). Preference Cognitive Diagnosis for Student Performance Prediction. *IEEE Access*, 8, 219775–219787. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3042775
- Kakatkar et al. (2020). Innovation analytics: Leveraging artificial intelligence in the innovation process. *Business Horizons*, 63(2), 171–181. doi:10.1016/j.bushor.2019.10.006

- Kapenieks & Daugule. (2019). Knowledge Flow Analysis: The Quantitative Method for Knowledge Stickiness Analysis in Online Course. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 7, 3304–3311. doi:doi:10.21533/pen.v7i1.358
- Kapenieks et al. (2020). Knowledge Acquisition Data Visualization in eLearning Delivery. *Proceedings of the 12th International Conference on Computer Supported Education - Volume 2: CSEDU*, (pp. 507–513). doi:10.5220/0009803505070513
- Kapenieks et al. (2020). TELECI Approach for e-Learning User Behavior Data Visualization and Learning Support Algorithm. *Baltic Journal of Modern Computing*, 8(1), 129–142.
- Kapenieks et al. (2020). TELECI Approach for e-Learning User Behavior Data Visualization and Learning Support Algorithm. *Baltic Journal of Modern Computing*, 8(1), 129–142.
- Kapenieks et al. (2021). *Priekšlikumi mācīšanās analītikas monitoringam augstākajā izglītībā*. Lejuplādēts no lzp.gov.lv: [https://lzp.gov.lv/wp-content/uploads/2021/04/ARTSS\\_Macisanas\\_analitikas\\_zinojums\\_publicesanai.pdf](https://lzp.gov.lv/wp-content/uploads/2021/04/ARTSS_Macisanas_analitikas_zinojums_publicesanai.pdf)
- Kelly & Whitfield. (2014). Postsecondary Education's Most Popular and Prickly Metric. *Change*, 56–58.
- Khan et al. (2022). Investigating Learners' Experience of Autonomous Learning in E-learning Context. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 17(08), 4–17. doi:<https://doi.org/10.3991/ijet.v17i08.29885>
- Langan & Harris. (2019). National student survey metrics: where is the room for improvement? *Higher Education*, 78, 1075–1089. doi:<https://doi.org/10.1007/s10734-019-00389-1>
- Lee & Shin. (2020). Machine learning for enterprises: Applications, algorithm selection, and challenges. *Business Horizons*, 63(2), 157–170. doi:10.1016/j.bushor.2019.10.005
- Li et al. (2022). E-Learning during COVID-19: perspectives and experiences of the faculty and students. *BMC Med Educ*, 22(328). doi:<https://doi.org/10.1186/s12909-022-03383-x>
- Luengo, V. (2020). Educational Assessment, Educational Data Mining, and Learning Analytics. In A. Tatnall, *Encyclopedia of Education and Information Technologies* (pp. 653–654). doi:10.1007/978-3-030-10576-1\_43
- Miller, G. (1956). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information. *Psychological Review*, 63, 81–97.
- Mo, S. (2010). *Teaching online: a practical guide*. Routledge.
- Nissen, M. E. (2005). *Harnessing Knowledge Dynamics: Principled Organizational Knowing & Learning*. IRM Press.
- Normand, R. (2020). The Politics of Metrics in Education: A Contribution to the History of the Present. G. P. Fan, *Handbook of Education Policy Studies* (pp. 345–361).
- Polat et al. (2022). Are K–12 Teachers Ready for E-learning? *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 23(2), 214–241. doi:<https://doi.org/10.19173/irrodl.v23i2.6082>
- Pozdniakov et al. (2021). Question-driven Learning Analytics: Designing a Teacher Dashboard for Online Breakout Rooms. *International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, (lpp. 176-178). doi:10.1109/ICALT52272.2021.0006
- Purwoningsih. (2020). *Fifth International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, (pp. 1–8). doi:10.1109/ICIC50835.2020.9288540
- Robinson & Cook. (2018). “Stickiness”: gauging students' attention to online learning activities. *Information and Learning Science, Vol 119(7/8)*, 460–468. doi:<https://doi.org/10.1108/>

- Simpson, T. (1997). The Initial Motivation of Students Enrolling in an Adult and Workplace Education Programme. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 25(1), 67–77. doi:10.1080/1359866970250106
- Squier, M. (2006). *The Principles and Practice of Knowledge Management*. University of Pretoria.
- Sun et al. (2020). Toward Understanding Students' Learning Performance in an OO Programming Course. *IEEE Access*, 8, 37505–37517. doi:10.1109/ACCESS.2020.2973470
- SWH. (1995). <https://termini.gov.lv/kolekcijas/32/skirklis/195657>. Lejuplādēts no termini.gov.lv.
- Tamang et al. (2021). Improving Business Intelligence through Machine Learning Algorithms. *2nd International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM)*, (pp. 63–68). doi:10.1109/ICIEM51511.2021.9445344
- Tang, F. (2007). Network Structure and Knowledge Transfer. *Computational Science – ICCS 2007*, 4490. doi:10.1007/978-3-540-72590-9\_25
- The Harriet W. Sheridan Center for Teaching and Learning. (2022). doi:<https://www.brown.edu/sheridan/teaching-learning-resources/teaching-resources/course-design/establishing-learning-goals>
- Thenmozhi et al. (2019). MoneyBall - Data Mining on Cricket Dataset. *International Conference on Computational Intelligence in Data Science (ICCIDS)*. doi:10.1109/ICCIDS.2019.8862065
- Timsans, Z. (2020). *ARTSS datu vizualizācija*. Lejuplādēts no <https://telecides.herokuapp.com/>
- Vlies van der, R. (2020). Digital strategies in education across OECD countries: Exploring education policies on. *OECD Education Working Papers*, 226. doi:10.1787/33dd4c26-en
- Whitby, G. (2013). *Educating Gen Wi-Fi: How We Can Make Schools Relevant for 21st Century Learners*. HarperCollins Publishers Australia.
- Zhenchenko et al. (2022). Ukrainian E-Learning Platforms for Schools: Evaluation of Their Functionality. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 23(2), 136–150. doi:<https://doi.org/10.19173/irrodl.v23i2.5769>
- Zhou, L. (2021). Effect Evaluation and Influencing Factors of E-Learning Training in Colleges. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 16(22), 73–86. doi:<https://doi.org/10.3991/ijet.v16i22.26877>
- Zuhairi et al. (2020). Implementing quality assurance system for open and distance learning in three Asian open universities: Philippines, Indonesia and Pakistan. *Asian Association of Open Journal* 15, 297–320.

## **PIELIKUMS**

## Definīcijas

<b>Apgrieztā klase</b>	Pedagoģiska pieceja, kad tieša mācīšana pāriet no grupas mācību telpas uz individuālo mācību telpu un rezultātā grupas telpa tiek pārveidota par dinamisku, interaktīvu mācību vidi, kurā pedagogs vada studentus, kad viņi lieto koncepcijas un radoši iesaistās mācību procesā (FLN, 2014). Atjaunotais apgrieztās klases princips kombinē sinhronu un asinhronu mācīšanos, sagaidot, ka studenti pirms nodarbībām veicamos uzdevumus apgūst iepriekš, un kopīgo nodarbību laiku velta diskusijām par apgūto (Cevikbas, M., Kaiser, G., 2022).
<b>Asinhrona mācīšanās</b>	Visām mācību procesā iesaistītajām personām tiešsaistē nav jābūt vienlaikus (Mo, 2010).
<b>Dati</b>	Informācija, jo īpaši fakti vai skaitļi, kas savākti, lai tos pārbaudītu, apsvērtu un izmantotu, lai palīdzētu pieņemt lēmumus, vai informācija elektroniskā formā, ko var uzglabāt un izmantot datorā (Cambridge Dictionary, 2022).
<b>Daudzizvēļu jautājums</b>	Jautājums, uz ko ir jāizvēlas pareizā atbilde no iepriekš norādītām vairākām iespējamām atbildēm (Collins COBUILD Advanced Learner's Dictionary, 2022).
<b>Ieinteresētās puses</b>	Persona vai organizācija, kurai ir tiesības, daļa, prasība vai interese par sistēmu vai tās īpašībām, kas atbilst viņu vajadzībām un cerībām (ISO, 2018).
<b>Jaukta tipa</b>	Kurss, kas ietver gan klātienē, gan tiešsaistes nodarbības (Mo, 2010). Šāda tipa kursus kombinētas dažādu veidu tehnoloģijas, apvienojot fizisko ar tiešsaistes vidi, kā arī apvienojot klases pedagoģiju ar dažādu tehnoloģiju izmantošanu. Šo darbību mērķis ir uzlabot studentu mācīšanos (Almpanis, 2020).
<b>KAM metode</b>	Šī pētījuma gaitā izstrādātā metode zināšanu apguves monitoringam (Kapenieks et al., 2020).
<b>Klātbūtnes imitācija</b>	Studenta klātbūtne kursā bez iesaistes mācību procesā (Robinson & Cook, 2018).
<b>Kurss</b>	Noteikts kopums mācīšanas un mācīšanās aktivitātēm e-studiju vai jaukta tipa mācību vidē, kas veidots, lai sasniegtu noteiktos mācību mērķus vai mācību rezultātus (ISO, 2018).
<b>Kursa dizains</b>	Kursa forma un virziens, kurā kursu plānots virzīt (Mo, 2010).
<b>Kursa saturs</b>	Visi kursā iekļautie teksti, attēli, audio un video materiāli un citi intelektuāli risinājumi, kas kursā iekļauti ar mērķi veicināt studentu zināšanu apguves progresu.
<b>Mācību vadības sistēma</b>	Programma, kas ietver vairākas integrētas mācīšanas funkcijas. Mācībspēki var ievietot lekcijas, grafikus, vadīt diskusijas, veidot čata sesijas, dot uzdevumus, un viss notiek lietotās sistēmas ietvaros. Mācībspēks un studenti ne tikai var vadīt informācijas un komunikācijas plūsmu, bet šādā veidā mācībspēks var sekot līdzi un novērtēt studenta sniegumu, vērojot viņu progresu un izliekot atzīmes (Mo, 2010).
<b>Mācīšanās</b>	Process, kurā students iegūst informāciju, pilnveido un attīsta jaunas zināšanas, prasmes, kompetences, attieksmes, vērtības un uzvedības modeļus un kas var notikt dažādās izglītības, darba un/vai dzīves situācijās (IZM, 2016).
<b>Mācīšanās mērķis</b>	Kursā paredzētie un vēlamie studenta sasniegumi, kas ietver zināšanas, prasmes un spējas, kas studentam šajā kursā ir jāsasniedz (The Harriet W. Sheridan Center for Teaching and Learning, 2022).

<b>Mācību analītika</b>	Atbilstoši analītikas veidam (aprakstošā, diagnostikas, paredzamā un preskriptīvā) lietotas datoru, matemātikas un statistikas metodes un tehnikas. Mācību analītikas rezultāti tiek izmantoti kā rīki, kas palīdz mācību sistēmas ieinteresētajām pusēm uzlabot sniegumu (Luengo, 2020).
<b>Mācību analītikas rīks</b>	Rīks, kas nodrošina mācību analītikas realizāciju.
<b>Metrika</b>	Kvantitatīvi nosakāms rādītājs, ko izmanto, lai izsekotu un novērtētu apmācības procesa rezultātus (Colman, 2021).
<b>Mācībspēks</b>	Persona, kura māca (ISO, 2018).
<b>Prasība</b>	Paziņojums, kas tulko vai izsaka vajadzību un ar to saistītos ierobežojumus un nosacījumus (ISO, 2018).
<b>Reālā laikā</b>	Komunicēts, parādīts, prezentēts vienlaikus ar notikumu (Cambridge Dictionary, 2022).
<b>Sākotnējās zināšanas</b>	Zināšanas, kas piemīt studentam pirms mācību procesa sākšanas.
<b>Sistēma</b>	Objektu, procedūru vai paņēmieni kopums un to savstarpējās attiecības, kas funkcionāli veido vienotu veselumu (SWH, 1995).
<b>Sinhrona mācīšanās</b>	Mācīšanās notiek reālajā laikā, vienlaikus piedaloties abām pusēm (Mo, 2010).
<b>Smagnēji plūstošas zināšanas</b>	Zināšanas, kas grūti nododamas tālāk, ir grūti imitējamas un tiek apgūtas lēni (Nissen, 2005). Tulkojumos mēdz lietot – klusuciestās vai nepateiktās zināšanas.
<b>Student-centrēts</b>	Studentcentrēta izglītība atspoguļo gan konkrētās augstākās izglītības iestādes domāšanu, gan kultūru, un tā ir mācīšanās pieeja, kura lielā mērā ir saistīta un kuru atbalsta konstruktīvisma mācīšanās teorijas. To raksturo inovatīvas mācību metodes, kuru mērķis ir veicināt mācīšanos, komunicējot ar mācībspēkiem un citiem izglītojamajiem un kas nopietni uztver studentus kā aktīvus savas izglītības dalībniekus, veicinot plaši izmantojamu prasmju, piemēram, problēmu risināšanas, kritiskās domāšanas un refleksīvās domāšanas, attīstīšanu (Dimovska, S. et al., 2016).
<b>Students</b>	Persona, kura mācās. Pētījuma ietvaros apzīmējums “students” ietver visas personas, kuras mācās, neatkarīgi no izglītības līmeņa, tai skaitā arī skolēnus.
<b>Viegli plūstošas zināšanas</b>	Zināšanas, kas plūst brīvi, bez aizķeršanās (Nissen, 2005). Tulkojumos mēdz lietot arī – izteiktās vai pateiktās zināšanas.
<b>Virtuālā klase</b>	Jebkura tiešsaistes vide, kurā satiekas mācībspēks ar studentiem. Tas attiecināms arī uz citām komunikācijas vidēm (Mo, 2010).
<b>Zināšanas</b>	Fakti, informācija, principi vai izpratne, kas iegūta no pieredzes, pētījumiem vai izglītības (ISO, 2018).
<b>Zināšanu plaša</b>	Nepilnība zināšanās.
<b>Zināšanu apguves progress</b>	Kursa laikā panāktais studentam esošo zināšanu pieaugums, salīdzinot ar zināšanām, kas studentam bija pirms mācīšanās procesa sākšanas.
<b>Zināšanu apguves virsma</b>	Mācību analītikas rīks, kas nodrošina mācībspēka darbam nepieciešamo vizualizāciju, lai izprastu studenta progresu studiju kursā un kursa satura piemērotību studentu grupai (Kapenieks et al., 2020).

<b>Zināšanu pārnese</b>	Zināšanu nodošana starp zināšanu turētāju un zināšanu saņēmēju. Efektīvai zināšanu pārnesei ir jāņem vērā divi svarīgi aspekti: zināšanu sūtītāja izplatīšanas spēja un zināšanu saņēmēja absorbcijas spēja (Tang, 2007).
<b>Zināšanu pārnese īpašības</b>	Zināšanu pārnesei īpašības ir raksturojums, cik viegli plūst zināšanas – vai tas ir viegli plūstošas, vai smagnēji plūstošas.
<b>Zināšanu pārvaldība</b>	Veids, kādā zināšanas tiek organizētas un izmantotas (Cambridge Dictionary, 2022).
<b>Zināšanu plūsma</b>	Veids, kā notiek zināšanu pārvietošanās. Zināšanu plūsma ietver mācīšanos (Nissen, 2005).





**Iveta Daugule** dzimusi 1982. gadā Cēsīs. Latvijas Universitātē ieguvusi profesionālo maģistra grādu darba vides aizsardzībā un ekspertīzē (2011), Rīgas Tehniskajā universitātē (RTU) – profesionālo maģistra grādu visaptverošā kvalitātes vadībā (2013). Kopš 2017. gada ir RTU E-studiju tehnoloģiju un humanitāro zinātņu fakultātes Tālmācības studiju centra pētniece e-studiju tehnoloģiju un pārvaldības jomā. Zinātniskās intereses saistītas ar e-studiju tehnoloģijām, mācību satura kvalitāti un studentu motivāciju, mācoties tiešsaistes un jaukta tipa studiju vidēs.