

Loreta Juškaite

E-STUDIJU TEHNOLOĢIJAS INTENSĪVĀM IZLĪDZINOŠĀM MĀCĪBĀM

Promocijas darba kopsavilkums



RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Datorzinātnes, informācijas tehnoloģijas un enerģētikas fakultāte
Digitālo humanitāro zinātņu institūts

RTU LIEPĀJAS AKADEMIJA

Loreta Juškaite

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

E-STUDIJU TEHNOLOĢIJAS INTENSĪVĀM IZLĪDZINOŠĀM MĀCĪBĀM

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskie vadītāji
asociētais profesors *Dr. phys.* ATIS KAPENIEKS
profesore *Dr. paed.* ALĪDA ZIGMUNDE

RTU Izdevniecība
Rīga 2026

Juškaite, L. E-studiju tehnoloģijas
intensīvām izlīdzinošām mācībām.
Promocijas darba kopsavilkums. Rīga: RTU
Izdevniecība, 2026. 55 lpp.

Publicēts saskaņā ar promocijas padomes
“RTU P-15” 2026. gada 10. aprīļa lēmumu,
protokols Nr. 04030-9.17.1/2.

Vāka attēls no *www.shutterstock.com*.

<https://doi.org/10.7250/9789934373305>

ISBN 978-9934-37-330-5 (pdf)

PROMOCIJAS DARBS IZVIRZĪTS ZINĀTNES DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ

Promocijas darbs zinātnes doktora (*Ph. D.*) grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2026. gada 11. septembrī plkst. 11.00 Rīgas Tehniskās universitātes Liepājas akadēmijā, Lielajā ielā 14, 227. auditorijā.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesors *Dr. phys.* Pāvels Jurs,
RTU Liepājas akadēmija

Profesors *Dr. phys.* Mārcis Auziņš,
Latvijas Universitāte, Latvija

Pētniece *Dr. math.* Aija Cunska,
Vidzemes Augstskola, Latvija

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.

Loreta Juškaite (paraksts)

Datums:

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, tajā ir ievads, trīs nodaļas, secinājumi, literatūras saraksts, 58 attēli, 22 tabulas, 10 pielikumi, kopā 214 lappuses, ieskaitot pielikumus. Literatūras sarakstā ir 374 nosaukumi.

PATEICĪBAS

Vissirsnīgākie pateicības vārdi promocijas darba zinātniskajiem vadītājiem asociētajam profesoram *Dr. phys.* Atim Kapeniekam un profesorei *Dr. paed.* Alīdai Zigmundeī par idejām, ieteikumiem un padomiem. Paldies par iespēju mācīties no jums!

Īpaša pateicība *Dr. psych.* Airisai Šteinbergai, *Dr. paed.* Jānim Kapeniekam un *Dr. paed.* Sarmai Cakulai par idejām, vērtīgajiem ieteikumiem un sniegto atbalstu darba izstrādes procesā!

Paldies maniem kolēģiem un atbalstītājiem, kuri palīdzēja ar atsaucību, atrada laiku sarunai, par kopā gūto pieredzi, piedzīvojumiem, ieteikumiem un padomiem (nejaušā secībā): Aleksandram Gorbunovam, Žanim Timšānam, Bruno Žugam, Ivetai Daugulei, Marinai Platonovai, Viktoram Zagorskim, Līgai Mangusai, Mērijai Jirgensons, Inetei Ielītei, Lāsmāi Ulmanei-Ozoliņai, Evijai Mirķei, Oksanai Ivanovai, Mārītei Treijerei, Ievai Vītoliņai, Dacei Ratniecei, Gunai Jākobsonei-Šnepstei, Anitai Vēčiņai, Rūtai Lapsai, Vitai Pētersonei, Ievai Gradaī, Anitai Jansonei, Mārcim Greiselim!

Par patiesu iedziļināšanos sirsnīgs paldies visiem ekspertiem, konsultantiem, sadarbības partneriem (nejaušā secībā): *Enrique Martin*, *Anastasiya Boiko*, *Jelena Milenkovic* un *Evita Tasiopoulou* (*European Schoolnet*); *Stella Magid-Podolsky* (Izraēla); *Piedade Rebelo* (Portugāle); Jelena Mamčenko un Romualda Lazauskaitē (Lietuva); *Suzana Filipecki Martin* (Nīderlande); *Filiz Şentürk* (Turcija); *Dulce Vaz* un *Raquel Santos* (Portugāle); *Panagiotis Angelopoulos* un *Panagiotis Kanychis* (Grieķija); *Ivo Jokin* (Bulgārija); Karīna Brikmane, Kaspars Špūle, Inga Lande un Irina Nizivaja (Latvija); *Rosa Doran* un *Maria Luísa Teixeira de Almeida* (Portugāle); *Daniel Tysman* (Lielbritānija); *Šárka Kvasničková* (Čehija); *David Marti* (Spānija); Anna Mičurina (Ukraina).

Paldies Beātei Lebionkaitei, Jokūbasam Lebionakam, Sandrai Trinkūnienei, Laurai Dzelzkalējai, Aleksandram Ipatovam, Dmitrijam Riazanovam par izcilo sadarbību publikāciju tapšanā, par idejām, par kopīgu zināšanu radīšanu!

Liels paldies Latvijas fizikas skolotājiem par iesaisti un pacietību, pildot anketas un uzdevumu aprobāciju!

Paldies i-Zvaigznes komandai par gatavību pieņemt izaicinājumus un eksperimentēt! Īpašs paldies Sintijai Buhanovskai, Lindai Zemītei un Sabīnei Trēdei par sadarbību!

Sirsnīgs paldies manai ģimenei un maniem draugiem par to, ka devāt laiku man veikt pētījumus! Paldies par atbalstu un nesavtīgo mīlestību! Īpaši pateicības vārdi Austrim Cābelim par atsaucību, radošumu, ieteikumiem un padomiem!

TERMINI UN SAĪSINĀJUMI

Termini

Termins	Skaidrojums
Aprobācijas pētījums	Pētījums, kurā teorētiski izstrādātie risinājumi tiek pārbaudīti praksē, analizējot iegūtos rezultātus un novērtējot to atbilstību definētajiem mērķiem.
Atgriezeniskā saite	Informācijas apmaiņas process starp izglītojamo un pedagogu par mācību procesu un sasniegtajiem rezultātiem, lai uzlabotu turpmāko mācību procesu (<i>Hattie & Timperley</i> , 2007; Ministru kabinets, 2017; <i>Carless & Boud</i> , 2018; <i>Dawson et al.</i> , 2024; Ministru kabinets, 2018).
Diagnosticējošā vērtēšana	Vērtēšana, kuras mērķis ir noteikt izglītojamo zināšanu līmeni un nepieciešamo mācību atbalstu (Ministru kabinets, 2018).
Digitalizācija	Process, kurā informācija tiek pārveidota digitālā formātā, izmantojot informācijas un komunikācijas tehnoloģijas.
Efektivitāte	Spēja sasniegt definētos mērķus, optimāli izmantojot pieejamos resursus.
E-ekosistēma	Digitālajās tehnoloģijās balstīta mācību vide un tās elementu savstarpējā mijiedarbība pedagoģiskā procesa nodrošināšanai.
Formatīvā vērtēšana	Nepārtraukts mācību procesa vērtēšanas veids, kas palīdz uzlabot izglītojamo mācīšanos (<i>Black & Wiliam</i> , 2009).
Informācijas un komunikācijas tehnoloģijas (IKT)	Tehnoloģiju kopums informācijas radīšanai, uzglabāšanai, apstrādei un pārraidei (<i>UNESCO</i> , 2018).
Interaktīvs mācību materiāls	Digitāls mācību materiāls, kas nodrošina lietotāja aktīvu iesaisti un tūlītēju atgriezenisko saiti.
Intensīvās izlīdzinošās mācības (IIM)	Mācību forma, kas paredzēta izglītojamo zināšanu un prasmju izlīdzināšanai salīdzinoši īsā laikā.
Izglītojamais	Persona, kas piedalās mācību procesā, lai iegūtu vai pilnveidotu zināšanas un prasmes (Izglītības likums).
Metakompetences	Universālas kompetences, kas veicina indivīda spēju pielāgoties pārmaiņām un risināt problēmas (<i>OECD</i> , 2022).
Modelis	Reālās sistēmas vienkāršots attēlojums, kas palīdz analizēt tās struktūru un funkcionēšanu.
Modulis	Strukturēta mācību programmas sastāvdaļa, kas ietver noteiktu mācību saturu un sasniedzamos rezultātus.
Sistēma	Savstarpēji saistītu elementu kopums, kas funkcionē vienotā veselumā.
Summatīvā vērtēšana	Izglītojamo mācību rezultātu apkopojoša novērtēšana noteiktā mācību posma beigās (Ministru kabinets, 2018).

Saīsinājumi

Saīsinājums	Skaidrojums
CE	Centralizētais eksāmens
DD	Diagnosticējošais darbs
<i>IoT</i>	<i>Internet of Things</i> Lietu internets
<i>EC</i>	<i>European Commission</i> Eiropas Komisija
ES	Eiropas Savienība
IKT	Informācijas un komunikācijas tehnoloģijas
IIM	Intensīvās izlīdzinošās mācības
IZM	Izglītības un zinātnes ministrija
MK	Ministru kabinets
<i>OECD</i>	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i> Ekonomiskās sadarbības un attīstības organizācija
<i>PISA</i>	<i>Programme for International Student Assessment</i> Starptautiskā skolēnu novērtēšanas programma
RTU	Rīgas Tehniskā universitāte
<i>STEM</i>	<i>Science, Technology, Engineering and Mathematics</i> Dabaszinātnes, tehnoloģijas, inženierzinātnes un matemātika
<i>UNESCO</i>	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i> Apvienoto Nāciju Izglītības, zinātnes un kultūras organizācija
VDD	Valsts diagnosticējošie darbi
VISC	Valsts izglītības satura centrs
VMV	Virtuālā mācību vide
VL	Virtuālā laboratorija

SATURS

1. PROMOCIJAS DARBA VISPĀRĪGS RAKSTUROJUMS	10
Promocijas darba pētījuma jautājumi.....	10
Pētījuma objekts	10
Pētījuma priekšmets	10
Promocijas darba mērķis	10
Pētījuma uzdevumi	10
Pētījumu empīriskā bāze	11
Pētījuma ierobežojumi	12
Promocijas darba struktūra.....	14
Pētījuma jautājumu un promocijas darba nodaļu saistība	14
Pētījuma zinātniskais ieguldījums	15
Praktiskais lietojums	16
Pētījuma metodes	17
Pētījuma īstenošanas gaita.....	18
Pētījuma iegūto rezultātu aprobācija un publicitāte	18
Tēmas aktualitāte	19
Promocijas darba aizstāvēšanai izvirzītās tēzes	20
2. PROMOCIJAS DARBA NODAĻU PĀRSKATS	22
2.1. Pedagoģijas teoriju un e-studiju tehnoloģiju mījsakarība intensīvo izlīdzinošo mācību atbalstam.....	22
2.2. E-ekosistēmas pieeja – efektīva pedagoģiskā procesa atbalstam un pilnveidošanai intensīvām izlīdzinošām mācībām fizikā.....	27
2.3. Pētījuma norise un iegūtie rezultāti	34
3. APKOPOJUMS UN SECINĀJUMI.....	47
3.1. Apkopojums un tēžu pierādījumi	47

3.2. Atbildes uz pētījuma jautājumiem	49
PROMOCIJAS DARBA KOPSAVILKUMĀ IZMANTOTĀS LITERATŪRAS UN AVOTU SARAKSTS	51

1. PROMOCIJAS DARBA VISPĀRĪGS RAKSTUROJUMS

Promocijas darba pētījuma jautājumi

1. Kā raksturojama intensīvo izlīdzinošo mācību fizikā pedagoģiskā procesa e-ekosistēma izglītības paradigmas maiņas un tehnoloģiju attīstības kontekstā posmā vidusskola–augstskola?

2. Kādā veidā tehnoloģiju izmantošana var veicināt pedagoģiskā procesa efektivitāti un izglītojamo mācību sasniegumu paaugstināšanos intensīvajās izlīdzinošajās mācībās posmā vidusskola–augstskola?

3. Kā raksturot dotajam kontekstam atbilstošāko pedagoģiskā procesa e-ekosistēmu?

Pētījuma objekts – pedagoģiskā procesa e-ekosistēma intensīvām izlīdzinošām mācībām fizikā pārejas posmā vidusskola–augstskola.

Pētījuma priekšmets – intensīvās izlīdzinošās mācības (IIM) fizikā posmā vidusskola–augstskola.

Promocijas darba mērķis – izpētīt pedagoģiskā procesa e-ekosistēmu intensīvām izlīdzinošām mācībām fizikā, kognitīvo mācību sasniegumus un izstrādāt e-studiju tehnoloģijās balstītu pedagoģiskā procesa ekosistēmas modeli mācību atbalstam pārejā no vidusskolas uz augstskolu.

Pētījuma uzdevumi

1. Izpētīt intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) fizikā posmā vidusskola – augstskola sociālo nepieciešamību ilgtspējības kontekstā, balstoties citu autoru pētījumu rezultātos un Latvijas izglītības sistēmu reglamentējošajos dokumentos.

2. Izstrādāt efektīva pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas kritērijus intensīvām izlīdzinošām mācībām fizikā posmā vidusskola–augstskola, ņemot vērā 21. gadsimta prasības fizikas satura apguvei vispārējās vidējās izglītības līmenī.

3. Analizēt intensīvo izlīdzinošo mācību fizikā posmā vidusskola–augstskola pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas nodrošināšanai nepieciešamos tehnoloģiskās infrastruktūras aspektus un izstrādāt e-tehnoloģijās balstīta pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeli intensīvām izlīdzinošām mācībām fizikā posmā vidusskola–augstskola.

4. Izstrādāt, aprobēt un ieviest e-tehnoloģijās balstītu diagnosticējošo tiešsaistes testu un uzdevumu sistēmu intensīvām izlīdzinošām mācībām fizikā posmā vidusskola–augstskola.

5. Analizēt un novērtēt izstrādāto e-tehnoloģiju lietojuma scenāriju, metodoloģiju un metriku mīļsakarības izglītojamo kompetenču attīstībai.

6. Izstrādāt un novērtēt e-tehnoloģijās balstītā efektīvā pedagoģiskā procesa ekosistēmas modeli intensīvām izlīdzinošām mācībām fizikā posmā vidusskola–augstskola.

Pētījumu empīriskā bāze

Promocijas darba empīriskā bāze veidota Rīgas Tehniskajā universitātē, īstenojot intensīvās izlīdzinošās mācības fizikā pārejas posmā no vidējās uz augstāko izglītību. Pētījums veikts laika posmā no 2015. līdz 2021. gadam, izmantojot dizainā balstītas pētniecības (*Design-Based Research*) pieeju, kas nodrošināja intensīvo izlīdzinošo mācību pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa secīgu izstrādi, aprobāciju, pilnveidi un empīrisku izvērtēšanu.

Pētījuma galveno izlasi veidoja 620 Rīgas Tehniskās universitātes intensīvo sagatavošanas kursu dalībnieki. Papildus modeļa aprobācijā un atsevišķu pētījuma instrumentu validācijā tika iesaistīti 42 vispārējās vidējās izglītības fizikas skolotāji un 120 Rīgas vidusskolu 12. klašu skolēni.

Pētījuma gaitā tika izstrādāta un aprobēta diagnostisko testu un mācību uzdevumu sistēma, kā arī veikta izglītojamo mācību sasniegumu analīze, izmantojot mācību analītikas un kognitīvo sasniegumu izvērtēšanas pieejas. Diagnostisko instrumentu izstrādei un pilnveidei tika analizēti valsts diagnosticējošo darbu rezultāti fizikā, aptverot vairāk nekā 5000 skolēnu darbus. Iegūtie dati tika izmantoti uzdevumu satura atlasē, diagnostikas instrumentu pilnveidei un mācību sasniegumu vērtēšanas kritēriju izstrādei.

Izstrādātais intensīvo izlīdzinošo mācību pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis tika pilnveidots vairākos iteratīvos ciklos, balstoties empīrisku datu analīzē un iegūtajos pētījuma rezultātos. Tas nodrošināja modeļa teorētisko pamatojumu, praktisko aprobāciju un empīrisku validāciju intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā.

Pētījuma ierobežojumi

Interpretējot pētījuma rezultātus, jāņem vērā vairāki metodoloģiski ierobežojumi, kas raksturīgi izglītības pētījumiem reālā pedagoģiskā vidē (*Shadish et al.*, 2002; *Creswell & Creswell*, 2018).

Pētījums īstenots intensīvo izlīdzinošo mācību fizikā kontekstā, analizējot RTU organizēto kursu dalībnieku mācību sasniegumus un mācību procesa norisi. Lai gan pētījumā izmantota salīdzinoši liela izlase ($N = 620$) un dati iegūti vairāku mācību gadu periodā (2015–2021), rezultātu pārnese uz citiem mācību priekšmetiem, izglītības līmeņiem vai institucionālajiem kontekstiem jāveic piesardzīgi (*Shadish et al.*, 2002). Lai arī izstrādātā pieeja konceptuāli ir pārnese uz citām *STEM* jomām, empīriskā aprobācija veikta tikai fizikā, tādēļ modeļa efektivitāte citās mācību jomās nav tieši pārbaudīta.

Pētījumā netika izmantota kontroles grupa, jo IIM kursa mērķis bija sniegt atbalstu visiem izglītojamajiem, kuriem identificētas zināšanu nepilnības. Līdz ar to nav iespējams pilnībā nodalīt IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa ietekmi no citiem faktoriem, kas potenciāli varētu ietekmēt izglītojamo mācību sasniegumus (*Shadish et al.*, 2002). Turklāt IIM modelis ietver vairākus savstarpēji saistītus komponentus – diagnostiku, mācību saturu, pedagoģiskās metodes, e-studiju tehnoloģijas, mācību analītiku un atgriezenisko saiti. Tādēļ pētījumā netika analizēta katra atsevišķā komponenta individuālā ietekme, bet gan vērtēta visa modeļa darbība kopumā.

Pētījuma dalībnieki kursiem pieteicās brīvprātīgi, tādēļ izlasi veido izglītojamie ar salīdzinoši augstāku iekšējo motivāciju nekā vidēji izglītības sistēmā kopumā. Šis faktors var ietekmēt gan iesaisti mācību procesā, gan sasniegto rezultātu dinamiku (*Creswell & Creswell*, 2018).

Pētījumā izmantotie mācību sasniegumu rādītāji galvenokārt balstīti ievaddiagnostikas (IDD) un nobeiguma diagnostikas (NDD) rezultātu salīdzinājumā četru mēnešu mācību cikla ietvaros. Tādēļ pētījumā netika analizēta ilgtermiņa ietekme uz izglītojamo turpmākajiem studiju sasniegumiem, profesionālo darbību vai kompetenču saglabāšanos ilgākā laika periodā.

Datu vākšanas periods aptvēra arī *Covid-19* pandēmijas laiku (2019./2020. un daļēji 2020./2021. mācību gads), kad būtiski mainījās mācību procesa organizācija, digitālo tehnoloģiju izmantošanas intensitāte un izglītojamo mācīšanās paradumi. Šie ārējie faktori varēja ietekmēt atsevišķu gadu rezultātus un izglītojamo iesaisti mācību procesā.

Pētījuma izstrādes gaitā diagnostikas uzdevumu kvalitātes izvērtēšanai tika izmantota klasiskās testu teorijas (*Classical Test Theory – CTT*) pieeja. Lai gan tā pilnībā atbilda pētījuma mērķiem un nodrošināja statistiski pamatotu uzdevumu atlasī, pētījumā netika izmantoti modernās testu teorijas (*Item Response Theory – IRT*) modeļi, kuru lietošana uzskatāma par perspektīvu turpmāko pētījumu virzienu (*Embretson & Reise, 2000*).

Pētījumā izmantotā statistiskā analīze balstīta aprakstošās statistikas rādītājos, sasniegumu līmeņu dinamikā, pāreju matricu analīzē un neparametriskās korelācijas metodēs. Lai gan šīs pieejas nodrošināja iespēju izvērtēt IIM modeļa darbību un izglītojamo sasniegumu izmaiņas, pētījumā netika veikti standartizētu efekta lielumu (piemēram, *Cohen's d* vai η^2) aprēķini. Efekta lielumu izmantošana ļautu precīzāk interpretēt novēroto rezultātu praktisko nozīmīgumu papildus statistiskajai nozīmībai (*Cohen, 1988; Kraft, 2020*). Tādēļ efekta lielumu analīze uzskatāma par perspektīvu turpmāko pētījumu virzienu.

Daļa datu iegūta, izmantojot pašvērtējuma anketas, tādēļ iespējama kopējās metodes nobīde (*common method bias*), kas raksturīga pētījumiem, kuros vieni un tie paši respondenti sniedz informāciju gan par mācību procesu, gan tā rezultātiem (*Podsakoff et al., 2003*). Vienlaikus pētījumā izmantota datu triangulācija, apvienojot diagnostikas darbu rezultātus, mācību analītikas datus, aptaujas un pedagoģiskos novērojumus, kas paaugstina iegūto secinājumu ticamību (*Creswell & Creswell, 2018*).

Neraugoties uz minētajiem ierobežojumiem, pētījuma stiprās puses ir ilgstošs datu vākšanas periods (2015–2021), salīdzinoši liela respondentu izlase ($N = 620$), vairāku datu avotu izmantošana un rezultātu triangulācija, apvienojot diagnostikas darbu rezultātus, mācību analītikas datus, aptaujas un pedagoģiskos novērojumus. Tas

nodrošina pietiekamu empīrisku pamatu secinājumu formulēšanai par IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa darbību un efektivitāti fizikā.

Promocijas darba struktūra

Promocijas darbu veido ievads, trīs nodaļas, secinājumi, bibliogrāfiskais saraksts un 10 pielikumi. Pirmajā nodaļā analizētas pedagoģijas teoriju un e-studiju tehnoloģiju mījsakarības intensīvo izlīdzinošo mācību atbalstam, otrajā nodaļā izstrādāts promocijas darba centrālais zinātniskais rezultāts – pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis (IIM modelis) intensīvajām izlīdzinošajām mācībām fizikā, savukārt trešajā nodaļā aprakstīta pētījuma metodoloģija, pētījuma norise un izstrādātā modeļa empīriskās validācijas rezultāti. Promocijas darba pamatteiksts ir 176 lappuses (ar pielikumiem 214 lpp.), tas satur 58 attēlus, 22 tabulas. Bibliogrāfiskajā sarakstā ietverti 374 informācijas avoti.

Pētījuma jautājumu un promocijas darba nodaļu saistība

Promocijas darbā definētie pētījuma jautājumi ir secīgi risināti visās darba nodaļās.

Pirmais pētījuma jautājums – kā raksturojama intensīvo izlīdzinošo mācību fizikā pedagoģiskā procesa e-ekosistēma izglītības paradigmas maiņas un tehnoloģiju attīstības kontekstā posmā vidusskola–augstskola – analizēts darba pirmajā nodaļā “Intensīvo izlīdzinošo mācību teorētiskie priekšnosacījumi un e-studiju pieeja”. Nodaļā veikta zinātniskās literatūras, izglītības politikas dokumentu un teorētisko pieeju analīze, identificējot intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanas priekšnosacījumus un pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas būtiskākās komponentes.

Otrais pētījuma jautājums – kādā veidā tehnoloģiju izmantošana var veicināt pedagoģiskā procesa efektivitāti un izglītojamo mācību sasniegumu paaugstināšanos intensīvajās izlīdzinošajās mācībās posmā vidusskola–augstskola – risināts otrajā nodaļā “IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa izstrāde un metodiskais pamatojums”. Tajā izstrādāts intensīvo izlīdzinošo mācību pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis, definētas tā komponentes un pamatota digitālo tehnoloģiju integrācija mācību procesa personalizācijai, diagnostikai un mācību sasniegumu monitorēšanai.

Trešais pētījuma jautājums – kā raksturot dotajam kontekstam atbilstošāko pedagoģiskā procesa e-ekosistēmu – risināts trešajā nodaļā “IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa empīriskā aprobācija un efektivitātes izvērtēšana”. Nodaļā aprakstīta izstrādātā modeļa aprobācija un validācija, analizējot mācību sasniegumu datus, izglītojamo progresu un pedagoģiskā procesa efektivitātes rādītājus, tādējādi pamatojot izstrādātā modeļa atbilstību intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstam.

Atslēgvārdi. E-studiju tehnoloģijas, efektivitāte, digitālā transformācija, intensīvās izlīdzinošās mācības, pedagoģiskais process, ekosistēma.

Pētījuma zinātniskais ieguldījums

1. Izstrādāts intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis fizikā pārejas posmam no vidējās uz augstāko izglītību. Modelis konceptualizē pedagoģisko procesu kā savstarpēji saistītu komponentu sistēmu, integrējot izglītojamo, pedagogu, mācību saturu, digitālās tehnoloģijas un mācību vidi vienotā funkcionālā struktūrā. Modelis papildina pedagoģiskā procesa e-ekosistēmu teorētisko izpratni intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā un nodrošina teorētisku pamatu tehnoloģiski bagātinātā mācību procesa organizēšanai (Kapenieks *et al.*, 2020).

2. Izstrādāta un empīriski pamatota izglītojamo mācību sasniegumu diagnostikas un adaptīvas mācību vadības pieeja, kurā integrēta diagnostiskā vērtēšana, mācību analītika un *SOLO (Structure of Observed Learning Outcomes)* taksonomijā balstīta kognitīvo sasniegumu analīze (Biggs & Collis, 1982). Izveidotā pieeja nodrošina iespēju identificēt izglītojamo aktuālo zināšanu un prasmju līmeni, personalizēt mācību procesu un izvērtēt izglītojamo progresu intensīvo izlīdzinošo mācību laikā.

3. Empīriski pierādīta izstrādātā IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa piemērotība un efektivitāte fizikā pārejas posmā no vidējās uz augstāko izglītību. Pētījuma rezultāti apliecina, ka personalizēta, diagnostikā un mācību analītikā balstīta pieeja sekmē izglītojamo kognitīvo sasniegumu pilnveidi un nodrošina efektīvu mācību procesa organizāciju intensīvo izlīdzinošo mācību apstākļos.

Praktiskais lietojums

Pētījuma praktiskais lietojums izpaužas izstrādātā pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa (IIM modeļa) izmantošanā intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanā pārejas posmā vidusskola–augstskola. Modelis nodrošina strukturētu pedagoģisku pieeju, kas integrē digitālās mācību tehnoloģijas, personalizētas mācīšanās principus un mācību analītikas rīkus izglītojamo mācību sasniegumu uzlabošanai.

Izstrādātā pieeja ir praktiski izmantojama:

- vispārējās vidējās izglītības iestādēs, organizējot intensīvās izlīdzinošās mācības;
- augstākās izglītības iestādēs, piemēram, tehniskā virziena studiju programmās kursā “Ievads fizikā” vai papildu nodarbībās studiju kursa “Fizika” apguves atbalstam;
- digitāli bagātinātā mācību vidē, izmantojot tiešsaistes diagnostikas testus, interaktīvos uzdevumus un virtuālos demonstrējumus;
- situācijās, kad *STEM* jomas mācību priekšmeti jāapgūst intensīvā režīmā svešvalodā, piemēram, sagatavošanās kursos starptautiskām studijām vai programmās, kurās mācību process notiek citā valodā.

Izstrādātais IIM e-ekosistēmas modelis ir adaptējams arī citiem *STEM* jomas mācību priekšmetiem. Modeļa pieeja jau ir aprobēta intensīvajos matemātikas sagatavošanas kursos Rīgas Tehniskajā universitātē, kas aplicina tā universālo lietojamību intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanā dažādās *STEM* disciplīnās.

IIM modelis piedāvā universālu pedagoģisko ietvaru intensīvo *STEM* kursu organizēšanai digitāli bagātinātā mācību vidē, kas ļauj efektīvi integrēt tehnoloģiju atbalstītu mācīšanos, personalizētus mācīšanās ceļus un mācību analītiku. Modeļa izmantošana nodrošina iespēju elastīgi organizēt mācību procesu, ņemot vērā izglītojamo individuālās vajadzības, priekšzināšanu līmeni un mācīšanās tempu.

IIM modeļa praktisko nozīmību un tālākas attīstības potenciālu aplicina arī tā izmantošana valsts pētījumu programmas projektā “*AI4EDULAB*”. Promocijas darbā izstrādātais intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis un pētījumā gūtās atziņas par personalizētu mācīšanos, diagnostiku, mācību datu analīzi un digitālo tehnoloģiju izmantošanu tiek praktiski izmantotas valsts pētījumu programmas projektā “*AI4EDULAB*: mākslīgā intelekta balstīts, ētisks un

darba tirgum atbilstošs personalizēts studiju saturs” (Nr. VPP-IZGLĪTĪBA-2025/1-0007).

Pētījuma metodes

Veicot intensīvo izlīdzinošo mācību vajadzību izpēti un analizējot izglītojamo individuālo un grupas psiholoģisko labklājību, pētījumā izmantotas aptaujas un fokusgrupu diskusijas. Diagnostikas testu, mācību materiālu izstrādes un tehnoloģiskās infrastruktūras izpētes procesā veikta zinātniskās un mācību literatūras analīze, lai identificētu piemērotākās pieejas digitālo mācību tehnoloģiju izmantošanai intensīvajos izlīdzinošajosursos.

Diagnosticējošo testu aprobācijas pētījumā izmantota mācību materiālu aprobācija mācību procesā intensīvajos izlīdzinošajosursos. Izglītojamo mācību sasniegumu izvērtēšanai izmantota *SOLO* taksonomija, kas ļauj analizēt izglītojamo kognitīvā snieguma līmeņus, identificējot zināšanu struktūras sarežģītības pakāpi un konceptuālās izpratnes dziļumu mācību procesā (*Biggs & Collis, 1982; Biggs, 1999; Biggs & Tang, 2011*).

Pētījuma metodoloģiskais ietvars balstīts dizaina domāšanas un dizaina pētījuma pieejā (*Design-Based Research – DBR*), kas pedagoģiskajā pētniecībā tiek izmantota jaunu mācību risinājumu izstrādei, testēšanai un pilnveidei autentiskā izglītības vidē. Dizaina domāšana tiek raksturota kā metodoloģija un domāšanas pieeja radošu risinājumu ģenerēšanai, balstoties cilvēku vajadzību un uzvedības izpētē (*Vaishnavi & Kuechler, 2015*). Izglītības pētniecībā šāda pieeja tiek izmantota, lai iteratīvā procesā izstrādātu un empīriski pārbaudītu pedagoģiskos risinājumus reālā mācību vidē (*McKenney & Reeves, 2019; Razzouk & Shute, 2015*). IIM modeļa kontekstā šī pieeja ļauj analizēt mācību procesu kā dinamisku pedagoģisku sistēmu, kurā tiek izstrādāti un pilnveidoti dažādi pedagoģiskā procesa organizēšanas scenāriji ar mērķi radīt pievienoto vērtību – uzlabot izglītojamo kognitīvos mācību sasniegumus. Dizaina domāšana ir iteratīvs un elastīgs process, kas paredz iespēju atgriezties pie iepriekšējiem posmiem un pilnveidot izstrādātos risinājumus, balstoties empīriskos datus un eksperimentālā pieejā (*Wrigley et al., 2018; Royalty, 2021*). Šāda pieeja ļauj identificēt pedagoģiskā procesa nepilnības un pakāpeniski pilnveidot mācību risinājumus, balstoties praktiskajā mācību vidē iegūtajos rezultātos (*Hess, 2020*).

IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis tika izstrādāts un pilnveidots dizaina pētījuma iteratīvajā ciklā, kas ietver problēmas analīzi, pedagoģisko risinājumu projektēšanu, to ieviešanu autentiskā mācību vidē un empīrisku rezultātu izvērtēšanu (*analysis → design → implementation → evaluation*) (McKenney & Reeves, 2019; Vaishnavi & Kuechler, 2015). Šāda pieeja nodrošina sistemātisku saikni starp teorētisko izpēti un praktisko pedagoģisko risinājumu izstrādi. Lai analizētu faktorus, kas ietekmē izglītojamo motivāciju, vēlmi un iespējas apgūt zināšanas IIM modeļa ietvaros, pētījumā izlase veidojās pēc pašatlases principa. IIM pedagoģiskā procesa efektivitātes novērtēšanai izmantotas divas datu vākšanas metodes – dokumentu satura analīze un izglītojamo aptauja. Dokumentu satura analīze izmantota studiju mērķu izvērtēšanai, savukārt izglītojamo aptauja ļāva apkopot informāciju par mācību vajadzībām, mācību mērķu sasniegšanu un studiju pieredzi. Plašāks pētījuma metožu apraksts sniegts pie katra pētījuma posma.

Pētījuma īstenošanas gaita

Pētījums tika īstenots laika posmā no 2014. līdz 2026. gadam. Tā sagatavošanas posmā tika izstrādāti un validēti diagnostikas instrumenti un mācību materiāli, savukārt no 2015. līdz 2021. gadam tika veikts empīriskais pētījums, kurā tika izstrādāts, aprobēts un pilnveidots intensīvo izlīdzinošo mācību pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis. Pētījuma rezultāti tika analizēti, prezentēti starptautiskajās zinātniskajās konferencēs un publicēti zinātniskajos izdevumos, noslēguma posmā veikta datu interpretācija un promocijas darba sagatavošana.

Pētījuma iegūto rezultātu aprobācija un publicitāte

Pētījuma rezultāti aprobēti gan zinātniskajā vidē, gan reālajā pedagoģiskajā praksē. Intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa izstrāde, pilnveide un izvērtēšana veikta ilgstošā laika posmā, īstenojot pētījumu Rīgas Tehniskajā universitātē no 2015. līdz 2021. gadam.

Modeļa empīriskajā aprobācijā piedalījās 620 izglītojamie, kuri apguva intensīvās izlīdzinošās mācības fizikā. Atsevišķos pētījuma posmos diagnostisko instrumentu validācijā un aprobācijā tika iesaistīti fizikas skolotāji, vidusskolēni un valsts mēroga diagnosticējošo darbu dalībnieki.

Pētījuma rezultāti publicēti 22 zinātniskajās publikācijās, kas aptver IIM modeļa teorētisko pamatojumu, digitālo mācību tehnoloģiju izmantošanu, diagnostisko instrumentu izstrādi, mācību analītiku un modeļa empīrisko validāciju (Cābelis & Juškaite, 2017; Juškaite, 2018a; Juškaite, 2018b; Juškaite et al., 2019; Juškaite & Cābelis, 2021).

Pētījuma rezultāti prezentēti starptautiskās zinātniskās konferencēs, tostarp *INTED*, *ICERI*, *EDULEARN*, *CSSEDU*, *SIE* un citās konferencēs, kas veltītas izglītības tehnoloģijām, *STEM* izglītībai un digitālajai transformācijai izglītībā (Juškaite, 2019a; Juškaite, 2019b; Juškaite et al., 2020; Juškaite et al., 2023).

Atsevišķi pētījuma elementi un izstrādātie risinājumi aprobēti arī starptautiskās sadarbības projektos un izglītības iniciatīvās, sadarbojoties ar partneriem Lietuvā (Juškaite, 2019c), Čehijā, Ukrainā un Izraēlā, kā arī izmantojot starptautiski atzītas digitālās mācību tehnoloģijas un virtuālās laboratorijas.

Pētījuma rezultāti tiek izmantoti turpmākajos pētījumos un izglītības inovāciju projektos, tostarp valsts pētījumu programmas projektā “*AI4EDULAB*: mākslīgā intelekta balstīts, ētisks un darba tirgum atbilstošs personalizēts studiju saturs” (Nr. VPP-IZGLĪTĪBA-2025/1-0007).

Tēmas aktualitāte

Digitālā transformācija būtiski ietekmē izglītības sistēmu, mainot prasības mācību saturam, pedagoģiskajām pieejām un izglītojamo kompetencēm. Mūsdienu sabiedrībā arvien lielāka nozīme ir spējai pielāgoties tehnoloģiskajām pārmaiņām, nepārtraukti pilnveidojot zināšanas un efektīvi izmantot digitālās tehnoloģijas mācību procesā (*European Commission*, 2021; *OECD*, 2022).

Īpaši aktuāla ir *STEM* izglītības attīstība, jo tā ir būtiska gan zināšanu sabiedrības veidošanai, gan valsts ekonomiskās konkurētspējas nodrošināšanai. Vienlaikus pētījumi liecina, ka daļai izglītojamo pārejā no vidējās uz augstāko izglītību ir nepietiekamas priekšzināšanas fizikā un citās eksaktajās disciplīnās, kas apgrūtina studiju iesākšanu un sekmīgu studiju procesu (Birziņa & Cēdere, 2019).

Lai mazinātu plaisu starp vidusskolas un augstskolas prasībām, tiek organizēti izlīdzinošie kursi, kuru mērķis ir īsā laikā pilnveidot izglītojamo zināšanas un prasmes (Gorbunovs *et al.*, 2016). Tomēr zinātniskajā literatūrā un Latvijas izglītības praksē joprojām trūkst pedagoģiski pamatotu modeļu, kas vienotā sistēmā integrētu digitālās mācību tehnoloģijas, personalizētu mācīšanos, mācību analītiku un strukturētu diagnostiku intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanai *STEM* jomā.

Tādēļ promocijas darbā izstrādāts un empīriski izvērtēts intensīvo izlīdzinošo mācību pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis, kas nodrošina strukturētu pieeju digitāli bagātinātā un personalizēta mācību procesa organizēšanai fizikā pārejas posmā no vidusskolas uz augstāko izglītību.

Promocijas darba aizstāvēšanai izvirzītās tēzes

1. Izstrādātais un pedagoģiskajā procesā pārbaudītais pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis veicina intensīvo izlīdzinošo mācību īstenošanu fizikā pārejas posmā vidusskola–augstskola. Modelis ietver pedagoģiskā procesa īstenošanas scenārijus intensīvajām izlīdzinošajām mācībām un ietekmē izglītojamo kognitīvos mācību sasniegumus.

2. Izveidotais un aprobētais modelis piedāvā rīku kopumu izglītojamo zināšanu, izpratnes līmeņa un izziņas dziļuma diagnosticējošai vērtēšanai, nodrošinot efektīvu pedagoģiskā procesa plānošanu un īstenošanu, kā arī ļauj īstenot personalizētu mācību procesu intensīvajās izlīdzinošajās mācībās fizikā.

3. Izstrādātā metrika raksturo mācību satura aspektus trijos izziņas darbības līmeņos izglītojamo kognitīvo mācību sasniegumu vērtēšanai intensīvajās izlīdzinošajās mācībās fizikā pārejas posmā vidusskola–augstskola, atklājot izaugsmei šādos mācību satura aspektos:

- fizikas jēdzienu, sakarību, apzīmējumu un vienību lietošanā;
- fizikālo parādību un procesu izpratnē;
- modeļu izpratnē un lietošanā;
- funkcionālo sakarību izpratnē un to izmantošanā problēmu risināšanā;
- pētniecībā.

4. Izveidotās metrikas izmantošana mācību procesa datu analīzē apstiprina, ka pedagoģiskā procesa efektivitāti nosaka izglītojamā un mācību vides mijiedarbība, kas ietver:

- atbilstību definētajiem mācību mērķiem;
- mācību satura piemērotību un pedagoģiskā procesa norisi mācību rezultātu sasniegšanai;
- atbalsta pasākumu efektivitāti;
- individuālo vajadzību īstenošanu;
- izglītojamo darbības monitoringu un individuālo studiju ievērošanu.

2. PROMOCIJAS DARBA NODAĻU PĀRSKATS

Promocijas darbu veido trīs savstarpēji saistītas nodaļas, kurās secīgi atspoguļots pētījuma teorētiskais pamatojums, intensīvo izlīdzinošo mācību pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa izstrāde un empīriskā pārbaude. Nodaļu saturs veidots atbilstoši pētījuma mērķim, uzdevumiem un dizainā balstītas pētniecības pieejai.

2.1. Pedagoģijas teoriju un e-studiju tehnoloģiju mījsakarība intensīvo izlīdzinošo mācību atbalstam

Pirmajā nodaļā analizēta intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) sociālā nepieciešamība, izglītības paradigmas maiņas ietekme uz mācību procesu un e-studiju tehnoloģiju nozīme efektīva pedagoģiskā procesa nodrošināšanā. Nodaļas mērķis ir teorētiski pamatot intensīvo izlīdzinošo mācību nepieciešamību pārejas posmā no vidējās uz augstāko izglītību un noteikt pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas izstrādes priekšnosacījumus.

Starptautiskajā literatūrā intensīvās izlīdzinošās mācības tiek raksturotas kā *bridging courses*, *foundation courses* vai *remedial education*, kuru galvenais uzdevums ir mazināt izglītojamo sagatavotības atšķirības un nodrošināt sekmīgu pāreju uz nākamo izglītības pakāpi (Hodara, 2013; Bickerstaff et al., 2017). To aktualitāte pieaug saistībā ar izglītības sistēmu daudzveidību, atšķirīgo mācību programmu saturu un pieaugošajām STEM jomas prasībām (OECD, 2020; European Commission, 2021).

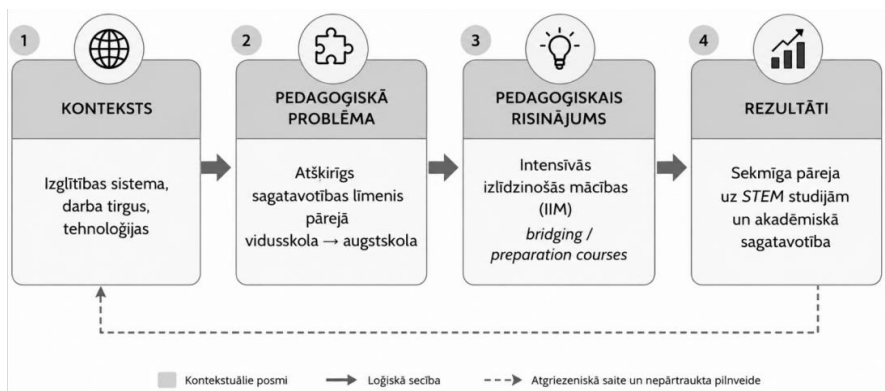
Intensīvo izlīdzinošo kursu nepieciešamību veicinošie faktori Latvijā

Faktors	Raksturojums	Sekas izglītības sistēmā
Atšķirīgas vispārējās vidējās izglītības programmas	Dažādās programmās eksakto priekšmetu apguves apjoms atšķiras.	Absolventu zināšanu līmenis fizikā ir nevienmērīgs.
Neliels fizikas stundu skaits	Fizikas stundu skaits var būt no 1 līdz 6 stundām nedēļā.	Nepietiekama sagatavotība CE un <i>STEM</i> studijām.
Studētgrībētāji ar pārtraukumu izglītībā	Studijas iesāk arī personas, kas vidusskolu absolvējušas senāk.	Nepieciešams atkārtot mācību saturu pirms studiju iesākšanas.
Profesionālās izglītības īpatnības	Fizika profesionālajās skolās bieži tiek apgūta ierobežotā apjomā.	Nepietiekamas priekšzināšanas studijām augstākajā izglītībā.
Migrācija un mobilitāte	Daļa jauniešu noteiktu laiku mācās ārvalstīs un atgriežas Latvijā.	Nepieciešama zināšanu sistematizācija un adaptācija izglītības sistēmai.
Fizikas CE kā izvēles eksāmens	Fizikas kursa atkārtojums skolās ne vienmēr tiek organizēts.	Pieaug pieprasījums pēc sagatavošanas un izlīdzinošajiem kursiem.

Piezīme. Autors veidots apkopojums, pamatojoties uz *OECD* (2019) un MK noteikumiem Nr. 416 un Nr. 281.

Tabulā apkopoti galvenie faktori, kas nosaka intensīvo izlīdzinošo kursu nepieciešamību Latvijā. Analīze liecina, ka izglītojamo sagatavotības atšķirības fizikā un matemātikā veidojas dažādu izglītības programmu, atšķirīga fizikas apguves apjoma, profesionālās izglītības specifikas, migrācijas procesu un fizikas centralizētā eksāmena izvēles rakstura rezultātā. Šie faktori rada nepieciešamību pēc mērķtiecīgi organizētām izlīdzinošajām mācībām, kas ļauj sistematizēt zināšanas un sagatavoties studijām *STEM* jomā.

Intensīvās izlīdzinošās mācības promocijas darbā tiek aplūkotas kā strukturēts pedagoģiskais process, kura pamatā ir diagnostika, individualizācija, regulāra atgriezeniskā saite un digitālo tehnoloģiju integrācija. Būtiska nozīme ir izglītojamo sākotnējā sagatavotības līmeņa noteikšanai, jo tas ļauj plānot personalizētus mācīšanās ceļus un efektīvāk sasniegt mācību mērķus (*Graham, 2013; Hrastinski, 2019*).



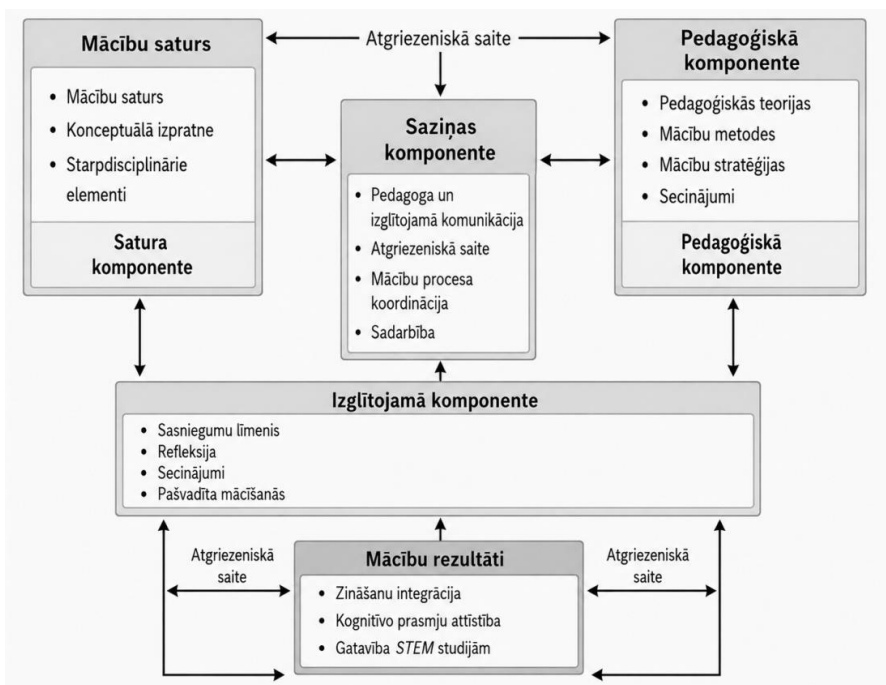
1. att. Izglītības plūsmas diagramma. Intensīvo izlīdzinošo mācību sociālās nepieciešamības konceptuālais modelis. Avots – autore izstrādāts modelis, balstoties literatūras analizē.

1. attēlā parādīta intensīvo izlīdzinošo mācību vieta izglītības sistēmā. Konceptuālais modelis raksturo pāreju no vidējās uz augstāko izglītību, identificējot nevienmērīgu izglītojamo sagatavotību kā būtisku pedagoģisko problēmu un intensīvās izlīdzinošās mācības kā iespējamo risinājumu. Modelis uzsver saikni starp izglītības sistēmas izaicinājumiem, pedagoģisko risinājumu un sagaidāmajiem rezultātiem – sekmīgu pāreju uz *STEM* studijām.

Turpmāk analizētas izglītības paradigmas pārmaiņas digitālās transformācijas apstākļos. Mūsdienu izglītībā arvien lielāka nozīme tiek piešķirta kompetenču attīstībai, informācijas prasībai, pētniecībai un augstāka līmeņa domāšanas prasēm (*European Commission, 2021; OECD, 2023*). Fizikas izglītībā īpaši būtiska ir spēja integrēt teorētiskās zināšanas, matemātiskās metodes un eksperimentālo darbību vienotā izziņas procesā (*Lederman, 1999; Broks, 2007; Vedins, 2008*).

Digitālās transformācijas apstākļos pieaug nepieciešamība pēc mācību pieejām, kas nodrošina ne tikai zināšanu reproducēšanu, bet arī konceptuālu izpratni, problēmrisināšanu un zināšanu lietošanu jaunās situācijās. Šajā kontekstā īpaša nozīme ir izziņas darbības līmeņu attīstībai un mācību procesa organizācijai, kas veicina pāreju no reproduktīvas uz produktīvu mācīšanos (*Zoller, 2000*).

Pedagoģiskais process intensīvajās izlīdzinošajās mācībās tiek aplūkots kā savstarpēji saistītu komponentu sistēma, kuras efektivitāti nosaka nevis atsevišķi elementi, bet to mijiedarbība un koordinācija.



2. att. Intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) pedagoģiskā procesa strukturālais modelis. Avots – autores izstrāde, balstoties Mishra & Koehler (2006); Lederman (1999); Zoller (2000); Broks (2007); Vedins (2008).

2. attēlā redzams intensīvo izlīdzinošo mācību pedagoģiskā procesa strukturālais modelis, kurā savstarpēji mijiedarbojas satura, pedagoģiskā, izglītojamā un saziņas komponente. Centrālā loma modelī piešķirta saziņas komponentei, kas nodrošina koordināciju, sadarbību un atgriezenisko saiti starp pārējām komponentēm. Šāds skatījums ļauj analizēt mācību procesu kā vienotu sistēmu un kalpo par teorētisko pamatu turpmāk izstrādātajam IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelim.

Lai izvērtētu mācību procesa efektivitāti, pētījumā analizētas dažādas izziņas darbības taksonomijas, tostarp Blūma (*Bloom et al.*, 1956), *SOLO* (*Biggs & Collis*, 1982) un Andersona un Kratvola pārskatītā Blūma taksonomija (*Anderson & Krathwohl*, 2001). Šīs pieejas nodrošina teorētisku pamatu izglītojamo kognitīvās attīstības analīzei un mācību efektivitātes kritēriju noteikšanai.

2. tabulā apkopoti mācību efektivitātes kritēriji, kas raksturo izglītojamo izziņas darbības attīstību intensīvajās izlīdzinošajās mācībās. Kritēriji ietver izziņas darbības līmeņa paaugstināšanos, konceptuālās izpratnes attīstību, zināšanu lietošanu

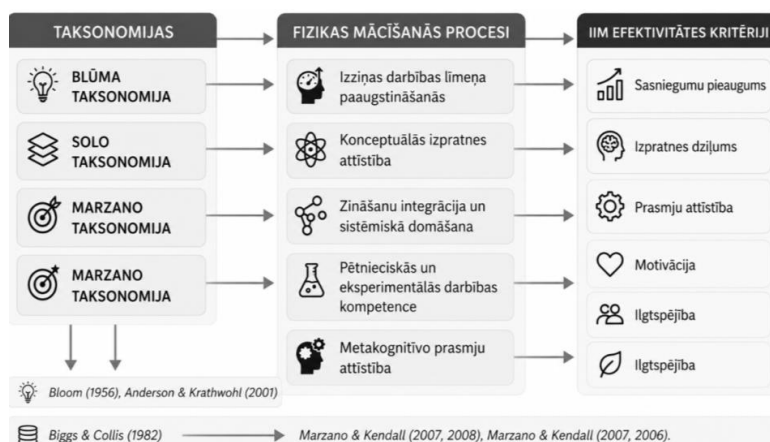
nestandarta situācijās un mācīšanās progresiju intensīvā mācību procesā. Katrs kritērijs ir saistīts ar konkrētām IIM modeļa komponentēm un mērīšanas instrumentiem.

2. tabula

Mācību efektivitātes kritēriji fizikas satura apguvē intensīvajās izlīdzinošajās mācībās un to saistība ar IIM modeļa komponentēm

Mācību efektivitātes kritērijs	Izziņas darbības līmenis	Vērtēšanas indikatori	Mērīšanas instruments	Saistība ar IIM modeļa komponentēm
Izziņas darbības līmeņa paaugstināšanās	No zināšanu reproducēšanas līdz analīzei un problēmu risināšanai	Izglītojama spēja izskaidrot fizikas jēdzienus, analizēt situācijas un formulēt secinājumus	Diagnostikas darbi, konceptuālie uzdevumi	Pedagoģiskā komponente; izglītojamā komponente
Konceptuālās izpratnes attīstība fizikas saturā	Izpratne un analīze	Izglītojama spēja identificēt fizikas likumsakarības un izprot jēdzienu savstarpējās sakarības	Konceptuālie uzdevumi, diskusijas	Satura komponente; pedagoģiskā komponente
Zināšanu lietojums nestandarta situācijās	Analīze un izvērtēšana	Izglītojama spēja lietot fizikas zināšanas jaunās situācijās un risina problēmu uzdevumus	Problēmorientēti uzdevumi, eksperimentālie darbi	Satura komponente; izglītojamā komponente
Mācīšanās progresija intensīvā mācību procesā	Pāreja starp izziņas līmeņiem	Novērojama izglītojamo snieguma uzlabošanās un izziņas darbības dziļuma pieaugums	Diagnostikas un noslēguma pārbaudes darbi	Saziņas komponente; pedagoģiskā komponente; izglītojamā komponente

Piezīme. Kritēriji izstrādāti, balstoties izziņas darbības taksonomiju pieejās (*Bloom et al.*, 1956; *Anderson & Krathwohl*, 2001) un starptautisko izglītojamo sasniegumu vērtēšanas pieejā dabaszinātnēs (*OECD*, 2019).



3. att. Taksonomiju pieeju sasaistījums ar fizikas mācīšanās procesiem un intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) efektivitātes kritērijiem intensīvajās izlīdzinošajās mācībās. Avots – autores veidots, balstoties Bloom *et al.* (1956), Anderson & Krathwohl (2001), Biggs & Collis (1982).

3. attēlā ilustrēta dažādu izziņas darbības taksonomiju integrācija vienotā teorētiskā ietvarā. Tajā parādīta saikne starp kognitīvajiem un metakognitīvajiem procesiem, fizikas mācīšanās aktivitātēm un mācību efektivitātes kritērijiem. Šī integrācija veido teorētisko pamatu intensīvo izlīdzinošo mācību efektivitātes izvērtēšanai un vēlāk izmantotajai mācību sasniegumu analīzes metodoloģijai.

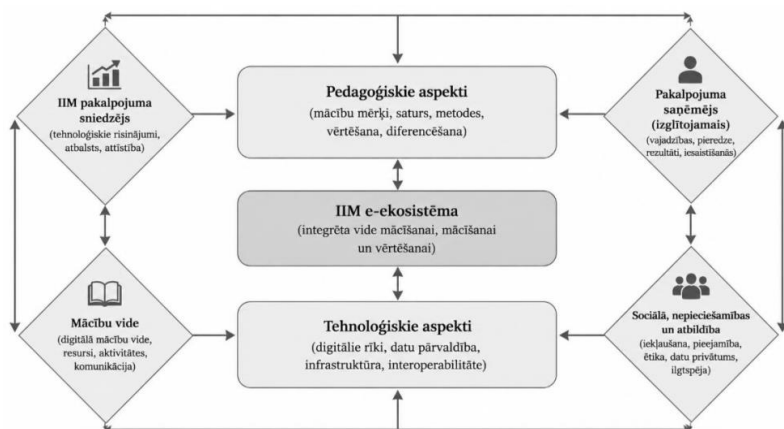
Pirmās nodaļas teorētiskā analīze ļauj secināt, ka intensīvo izlīdzinošo mācību efektivitāti nosaka mērķtiecīgi organizēta pedagoģiskā procesa sistēma, kurā tiek integrētas mūsdienu pedagoģiskās pieejas, izziņas darbības taksonomijas un digitālās tehnoloģijas. Iegūtās atziņas kalpo par pamatu otrajā nodaļā izstrādātajam intensīvo izlīdzinošo mācību pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelim.

2.2. E-ekosistēmas pieeja – efektīva pedagoģiskā procesa atbalstam un pilnveidošanai intensīvām izlīdzinošām mācībām fizikā

Otrajā nodaļā, balstoties pirmajā nodaļā identificētajos izaicinājumos un teorētiskajās atziņās, izstrādāts intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis. Tā izstrādes pamatā ir sistēmu teorijas, digitālo ekosistēmu, personalizētas mācīšanās un datu balstītas pedagoģijas pieejas, kas mācību procesu skata kā integrētu un savstarpēji saistītu sistēmu (Briscoe *et al.*, 2011; Jamaludin *et al.*, 2020; World Economic Forum, 2019, 2023). E-ekosistēmas pieeja

ļauj pārvarēt fragmentāru tehnoloģiju izmantošanu mācību procesā un nodrošina koordinētu mijiedarbību starp izglītojamo, pedagogu, mācību saturu, tehnoloģijām un vērtēšanu.

Mūsdienu izglītības transformācijas kontekstā e-ekosistēma tiek interpretēta kā adaptīva un dinamiska vide, kurā cilvēkresursi, digitālie rīki, mācību saturs un sociālā vide darbojas vienotā funkcionālā sistēmā, nodrošinot kompetenču attīstību un mācību rezultātu sasniegšanu (*Barron & Bell, 2015; ISTE, 2016; Jamaludin et al., 2020*). Šāda pieceja ir īpaši nozīmīga intensīvajās izlīdzinošajās mācībās, kur nepieciešams īsā laikā nodrošināt efektīvu priekšzināšanu izlīdzināšanu un sagatavot izglītojamos studijām *STEM* jomā.



4. att. Principiālais IIM e-ekosistēmas modelis (autores izstrādāts, balstoties *Briscoe et al., 2011; Jamaludin et al., 2020; World Economic Forum, 2019, 2023*).

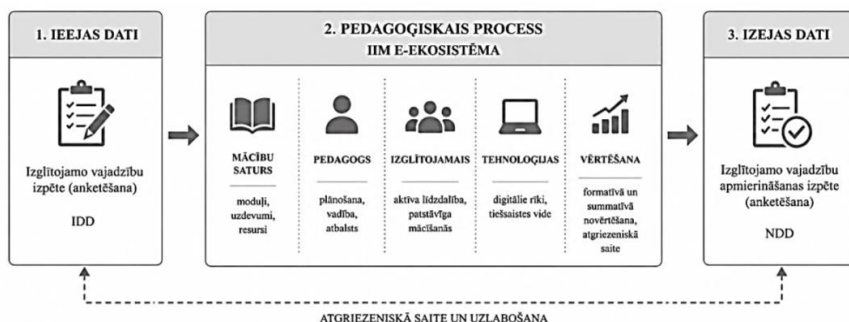
Izstrādātais IIM e-ekosistēmas modelis konceptualizē pedagoģisko procesu kā integrētu sistēmu, kuras centrā atrodas izglītojamo un viņa mācīšanās process. Modelī savstarpēji saistīti pedagoģiskie aspekti (mācību mērķi, saturs, metodes un vērtēšana), tehnoloģiskie aspekti (digitālie rīki, infrastruktūra un datu pārvaldība), mācību vide, sociālās vajadzības un izglītojamo individuālās īpatnības. Šo komponentu koordinēta mijiedarbība nodrošina personalizētu, elastīgu un datus balstītu pedagoģisko procesu (*Briscoe et al., 2011; Jamaludin et al., 2020; World Economic Forum, 2019, 2023*).

Modeļa izstrādei izmantota dizainā balstītas pētniecības (*Design-Based Research - DBR*) pieceja un V. Klafki perspektīvās plānošanas modelis, kas ļauj

vienlaikus analizēt pedagoģiskos, organizatoriskos un tehnoloģiskos aspektus (Klaški, 1995; Klaški, 2006; Vaishnavi & Kuechler, 2015). Šāda pieeja nodrošina iteratīvu modeļa pilnveidi, balstoties teorētiskās atziņās, ekspertu vērtējumos un empīriskajos datos.

IIM e-ekosistēmas praktiskā īstenošana balstīta modulārajā pieejā, kas nodrošina elastīgu un personalizētu mācību organizāciju. Modelī izstrādāti trīs savstarpēji saistīti moduļi: vispārīgās zināšanas un prasmes; eksperimentālā un pētnieciskā darbība; informācijas pārveidošana starp dažādām reprezentācijām. Katrs modulis ietver mērķtiecīgi strukturētu saturu, aktivitātes, vērtēšanu un atgriezenisko saiti, nodrošinot pakāpenisku pāreju starp dažādiem izziņas darbības līmeņiem.

Lai novērtētu izstrādātā modeļa efektivitāti, tika definēti mācību efektivitātes kritēriji, kas balstīti izziņas darbības taksonomijās un fizikas satura apguves specifiskā. Izstrādātā e-ekosistēma paredz nepārtrauktu atgriezenisko saiti un pedagoģiskā procesa pilnveidi. Tās darbība balstīta strukturētā procesā, kurā tiek analizēti izglītojamo ieejas dati, īstenots pedagoģiskais process un novērtēti sasniegtie rezultāti. Šāda pieeja nodrošina iespēju savlaicīgi identificēt mācību grūtības un pielāgot mācību procesu izglītojamo individuālajām vajadzībām.



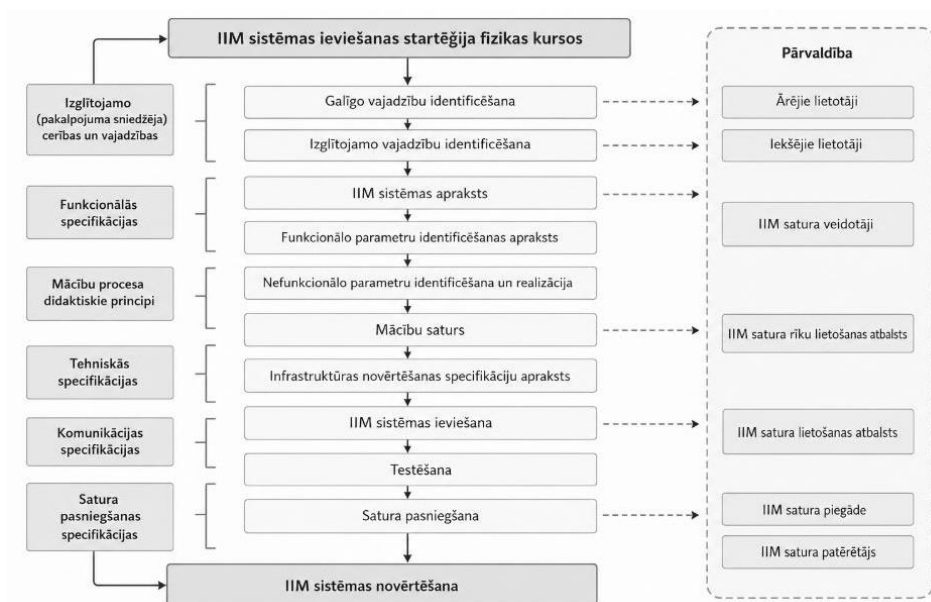
5. att. Intensīvo izlīdzinošo mācību procesuālā pamatstruktūra.

IIM procesuālā struktūra ietver trīs savstarpēji saistītus posmus: ieejas datus; pedagoģisko procesu; izejas datus. Pirms mācību iesākšanas tiek veikta izglītojamo vajadzību izpēte un ievaddiagnostika (IDD), savukārt pēc mācību procesa tiek analizēti noslēguma diagnostikas darba (NDD) rezultāti. Ieejas un izejas datu salīdzinājums kalpo kā galvenais pedagoģiskā procesa efektivitātes rādītājs un ļauj

izvērtēt izmantoto tehnoloģiju, metožu un mācību scenāriju atbilstību IIM mērķiem (Verhagen, 2006; Watters, 2010; Trinkūniene & Juškaite, 2021).

Rezultātā tika izstrādāts intensīvo izlīdzinošo mācību pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis, kas integrē mācību saturu, pedagoģiskās stratēģijas, digitālās tehnoloģijas, mācību analītiku un vērtēšanas mehānismus vienotā adaptīvā sistēmā. Modelis kalpo par teorētisko un metodoloģisko pamatu tālākai empīriskai aprobācijai un efektivitātes izvērtēšanai, kas aprakstīta promocijas darba trešajā nodaļā.

Izstrādātā IIM e-ekosistēma paredz ne tikai mācību satura organizāciju un tehnoloģisko nodrošinājumu, bet arī sistemātisku mācību procesa vadību, kas balstīta diagnostikā, atgriezeniskajā saitē un nepārtrauktā pilnveidē. Lai nodrošinātu personalizētu mācību procesu un savlaicīgi identificētu izglītojamo mācību grūtības, tika izstrādāta IIM īstenošanas stratēģija un novērtēšanas pieeja. Tās pamatā ir secīga pāreja no vajadzību izpētes un sākotnējās diagnostikas uz mācību procesa īstenošanu, rezultātu analīzi un nepieciešamo korektīvo darbību veikšanu. Šāda pieeja atbilst mūsdienu datu balstītas pedagoģijas principiem un nodrošina mācību procesa pielāgošanu izglītojamo individuālajām vajadzībām (Verhagen, 2006; Watters, 2010; Wagino et al., 2024).

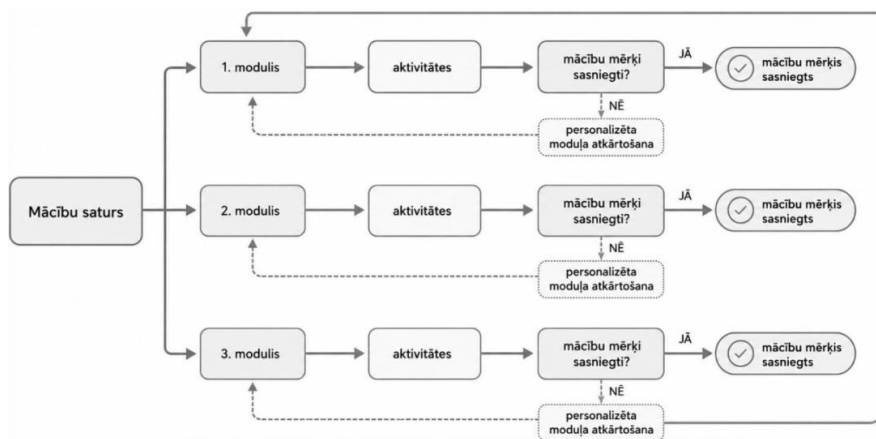


6. att. Novērtēšanas metodes lietošana IIM sistēmas izstrādē (autore adaptēts un pielāgots IIM pakalpojumam, izmantojot produktu un pakalpojumu konkurētspējas sistēmu *Briscoe et al.* (2011)).

6. attēlā atspoguļotā pieeja demonstrē, ka mācību procesa efektivitāte tiek nodrošināta, integrējot diagnostiku, mācību analītiku, formatīvo vērtēšanu un atgriezenisko saiti vienotā sistēmā. Izglītojamo sasniegumu monitorings ļauj identificēt gan individuālās mācību vajadzības, gan problemātiskās satura jomas, kurām nepieciešams papildu atbalsts. Tādējādi vērtēšana netiek izmantota tikai sasniegumu konstatēšanai, bet kļūst par pedagoģiskā procesa vadības instrumentu, kas nodrošina adaptīvu un personalizētu mācīšanos. Šāda pieeja veicina izglītojamo pāreju uz augstākiem izziņas darbības līmeņiem un nodrošina efektīvāku sagatavotību studijām *STEM* jomā (*Anderson & Krathwohl, 2001; Biggs & Collis, 1982; Verhagen, 2006*).

Lai nodrošinātu izstrādātā IIM e-ekosistēmas modeļa praktisku īstenošanu, tika izvēlēta moduļārā pieeja, kas ļauj strukturēt mācību saturu atbilstoši izglītojamo vajadzībām, priekšzināšanu līmenim un mācību mērķiem. Moduļārā organizācija nodrošina elastīgu mācību procesa plānošanu, personalizētu mācīšanās trajektoriju un iespēju pielāgot mācību saturu dažādu mērķgrupu vajadzībām. Šāda pieeja atbilst mūsdienu digitālās izglītības un personalizētas mācīšanās principiem, kuros būtiska

nozīme ir nepārtrauktai diagnostikai, atgriezeniskajai saitei un individuālajam progresam (Bridges, 2000; Brockmann et al., 2008; Mulder, 2020).



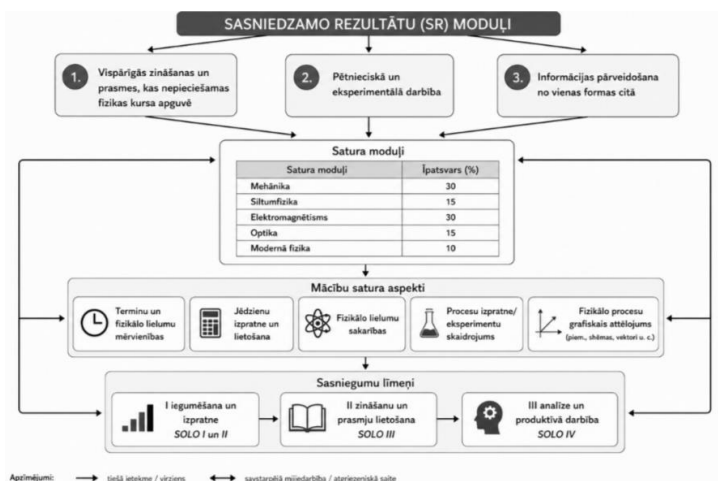
7. att. Autores izstrādātā modulārās pieejas principiālā shēma IIM procesam.

7. attēlā parādītā modulārā struktūra ietver trīs savstarpēji saistītus modulus – vispārīgās zināšanas un prasmes, pētniecības un eksperimentālo darbību, kā arī informācijas pārveidošanu starp dažādām reprezentācijas formām. Katrs modulis ir orientēts uz noteiktu fizikas satura apguves aspektu un vienlaikus veicina izglītojamo izziņas darbības attīstību. Moduļu apguve balstīta diagnostikas rezultātos un paredz iespēju atkārtoti apgūt atsevišķus satura elementus, ja nav sasniegts nepieciešamais snieguma līmenis. Tādējādi tiek nodrošināta personalizēta un adaptīva mācību vide, kurā izglītojamais var progresēt atbilstoši savām individuālajām vajadzībām un mācīšanās tempam.

Izstrādātā modulārā pieeja kalpo par pamatu IIM pedagoģiskā procesa organizācijai un nodrošina teorētiskajā modelī definēto komponentu praktisku integrāciju vienotā mācību sistēmā. Turpmāk šī pieeja tiek konkretizēta IIM procesuālajā struktūrā, kurā definēti ieejas dati, pedagoģiskā procesa norise un mācību rezultātu izvērtēšana.

Pēc IIM e-ekosistēmas konceptuālā modeļa izstrādes tika definēta mācību satura organizācijas struktūra, kas nodrošina sasaisti starp sasniedzamajiem rezultātiem, fizikas satura tēmām un izziņas darbības līmeņiem. Lai nodrošinātu sistemātisku izglītojamo virzību no zināšanu reproducēšanas uz augstāka līmeņa

domāšanas darbībām, mācību saturs tika strukturēts moduļos, kas aptver gan priekšmeta zināšanas, gan pētniecību un informācijas transformēšanas prasmes.



8. att. Autore izstrādātā IIM pedagoģiskā procesa modeļa modulāro mācību principiālais algoritms.

8. attēlā redzams, ka IIM modelis balstīts trīs savstarpēji saistītos sasniedzamo rezultātu moduļos – vispārīgajās zināšanās un prasmēs, pētniecības un eksperimentālajā darbībā, kā arī informācijas pārveidošanā starp dažādām reprezentācijas formām. Moduļu saturs aptver galvenās vidusskolas fizikas tēmas un ir saistīts ar konkrētiem mācību satura aspektiem, tostarp fizikālo lielumu lietošanu, jēdzienu izpratni, fizikālo procesu skaidrošanu un grafisko attēlojumu interpretāciju.

Modelī integrēti arī izziņas darbības līmeņi, kas raksturo pāreju no zināšanu iegaumēšanas un izpratnes uz zināšanu lietošanu, analīzi un produktīvu darbību. Tādējādi tiek nodrošināta vienota saikne starp mācību saturu, sasniedzamajiem rezultātiem un mācību sasniegumu vērtēšanu, kas kalpo par pamatu turpmāk aprakstītajai IIM procesuālajai struktūrai un novērtēšanas sistēmai. 2. nodaļas saturu pilnībā atspoguļo šāda konceptuālā struktūra:

Modelis → Moduļi → Process → Novērtēšana un adaptācija.

2.3. Pētījuma norise un iegūtie rezultāti

Trešajā nodaļā aprakstīta izstrādātā intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa empīriskā pārbaude un izvērtēta tā efektivitāte fizikā pārejas posmā no vidusskolas uz augstskolu. Nodaļā aprakstīts pētījuma dizains, diagnosticējošās sistēmas izstrāde un aprobācija, izglītojamo mācību sasniegumu monitorings, kā arī izstrādātā modeļa efektivitātes izvērtējums. Empīriskais pētījums īstenots dizainā balstīta pētījuma ietvaros, iesaistot 620 RTU intensīvo izlīdzinošo kursu dalībniekus laikposmā no 2015. līdz 2021. gadam. Pētījumā izmantota diagnostika, mācību analītika, statistiskā analīze un izglītojamo atgriezeniskā saite, lai izvērtētu izstrādātā pedagoģiskā risinājuma efektivitāti.



9. att. Empīriskā pētījuma dizains un IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa izvērtēšanas loģika. Avots – autores izstrādāts.

Pētījums organizēts kā daudzpakāpju process, kas ietvēra izglītojamo vajadzību izpēti, ievaddiagnostiku (IDD), IIM pedagoģiskā procesa īstenošanu, nepārtrauktu mācību sasniegumu monitoringu, noslēguma diagnostiku (NDD) un rezultātu izvērtēšanu. Šāda pieeja nodrošināja iespēju iegūt gan kvantitatīvus, gan kvalitatīvus pierādījumus par izstrādātā modeļa efektivitāti un tā ietekmi uz izglītojamo kognitīvajiem sasniegumiem.

Būtiska empīriskā pētījuma sastāvdaļa bija diagnosticējošās sistēmas izstrāde, kurā integrēta klasiskā testu teorija (*CTT*), *SOLO* taksonomija un pārskatītā Blūma taksonomija. Izglītojamo sniegums tika klasificēts trīs izzīņas darbības līmeņos: I līmenis – zināšanu iegaumēšana un izpratne; II līmenis – zināšanu un prasmju lietošana; III līmenis – analīze un produktīva darbība. Šī pieeja nodrošināja iespēju sistemātiski monitorēt izglītojamo kognitīvo attīstību visā IIM procesā.

Izstrādātā diagnostikas sistēma ļāva noteikt izglītojamo sākotnējo sagatavotības līmeni, sekot mācību progresam un izvērtēt izmaiņas kognitīvo sasniegumu līmeņos kursa laikā.

3. tabula

CTT, *SOLO* un Blūma taksonomiju interpretācija IIM diagnostikas sistēmā

Komponents	<i>CTT</i> (mērījums)	<i>SOLO</i> līmenis	Blūma līmenis
Zināšanu reproducēšana	Augsta grūtība nav nepieciešama; zema diskriminācija	Unistrukturāls	Atcerēšanās
Pamatzināšanu izpratne	Vidēja grūtība; mērena diskriminācija	Multistrukturāls	Izpratne
Sakarību izpratne	Optimāla diskriminācija ($D > 0,4$)	Relācija	Analīze
Augstā līmeņa domāšana	Augsta diskriminācija; augstāka grūtība	Paplašināts abstrakts	Vērtēšana/Radīšana

Pedagoģisko un psihometrisko pieeju integrācija nodrošināja datus balstītu pamatu personalizēta atbalsta sniegšanai un pedagoģisko lēmumu pieņemšanai. Analizējot iegūtos rezultātus un salīdzinot izglītojamo snieguma dinamiku starp ievaddiagnostiku (IDD) un nobeiguma diagnostiku (NDD), pētījuma rezultāti liecina, ka savlaicīga mācību grūtību identificēšana būtiski veicina izglītojamo snieguma uzlabošanos.

Izglītojamo pāreju starp kognitīvo sasniegumu līmeņiem analīzei tika izmantotas pāreju matricas un *Sankey* diagrammas. Pāreju matricas ļauj sistemātiski

attēlot pārejas starp stāvokļiem (*Chung, 1967*), savukārt izglītības pētījumos tās veiksmīgi izmantotas izglītojamo mācīšanās progresu analīzei priekštesta un pēctesta datus (*Morris et al., 2017*).

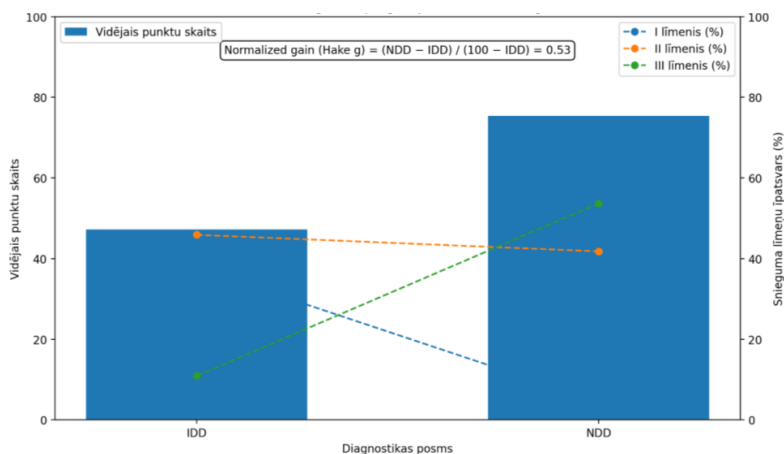
Pētījumā iesaistīto dalībnieku skaits ir pietiekams, lai definētu statistiski pamatotus un objektīvus secinājumus par izglītojamo zināšanu un prasmju līmeni, kā arī identificētu to stiprās un vājās puses fizikas satura apguvē vispārējās vidējās izglītības līmenī. Vairāku mācību gadu datu salīdzinošā analīze, kā arī atsevišķu mācību satura aspektu izvērtējums liecina par konsekventu mācību sasniegumu pieaugumu pēc IIM kursa apguves. Lai gan IDD un NDD uzdevumu izpildes rezultāti pa mācību gadiem nedaudz atšķiras (piemēram, 2019./2020. mācību gadā *Covid-19* ietekmē novērojama atšķirīga pārejas dinamika no I uz II izziņas darbības līmeni, kā arī atšķirīgs to izglītojamo īpatsvars, kuri saglabājas II līmenī; 4. tab.), kopumā netika konstatētas statistiski nozīmīgas korelācijas, kas liecinātu, ka konkrētu prasmju vai mācību satura aspektu pārbaude dažādos gados būtu devusi būtiski atšķirīgus rezultātus.

4. tabula

Snieguma līmeņu virzība pa gadiem (salīdzināti IDD un NDD rezultāti)

Sasnieguma līmeņu virzība	2015./2016. m. g.	2016./2017. m. g.	2017./2018. m. g.	2018./2019. m. g.	2019./2020. m. g.	2020./2021. m. g.
I = I	3,3	7,1	5,1	10,1	15,6	4,5
I → II	39,2	30,2	28,0	34,4	19,1	30,3
I → III	2,7	3,2	3,5	2,3	2,3	2,4
II = II	8,1	22,5	7,0	24,1	31,1	11,4
II → III	40,2	25,7	45,6	24,8	20,5	40,5
III = III	6,5	11,3	10,8	4,3	11,4	10,9

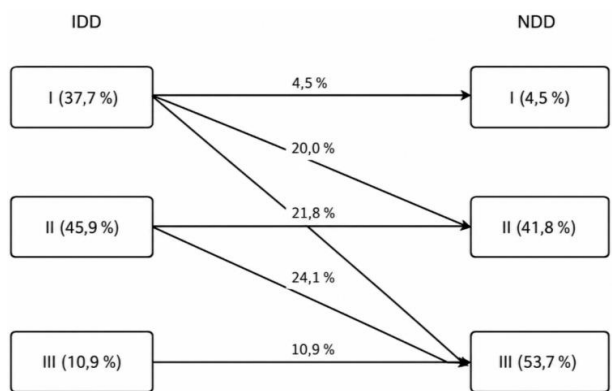
Mācību sasniegumu analīze parādīja būtisku progresu starp ievaddiagnostikas un noslēguma diagnostikas rezultātiem. Piemēram, 2020./2021. mācību gadā vidējais IDD rezultāts bija 47,2 punkti, savukārt vidējais NDD rezultāts sasniedza 75,4 punktus. Turklāt visi izglītojamie noslēguma diagnostikā sasniedza minimālo snieguma sliekšni, kas liecina par būtisku progresu kursa laikā.



10. att. IIM rezultātu dinamika, kognitīvā progresija (snieguma pieaugums 2020./2021. m. g.). Avots – autores apkopojums.

10. attēlā atspoguļots gan kvantitatīvo sasniegumu pieaugums, gan kvalitatīvais progress izziņas darbības līmeņos. Mācību efektivitātes izvērtēšanai tika aprēķināts *Hake* normalizētais pieauguma koeficients. Iegūtā vērtība ($g = 0,53$) atbilst vidējam normalizētajam mācību sasniegumu pieaugumam pēc *Hake* klasifikācijas un apliecina pedagoģiski nozīmīgu mācību sasniegumu pieaugumu. Rezultāti apstiprina, ka izstrādātais IIM pedagoģiskā procesa modelis būtiski sekmē izglītojamo sasniegumus fizikā.

Tomēr nozīmīgākais rezultāts saistīts nevis ar punktu pieaugumu, bet ar izmaiņām izglītojamo izziņas darbības līmeņos. Pirms dalības IIM kursā lielākā daļa izglītojamo atradās I un II līmenī, savukārt pēc kursa pabeigšanas vairāk nekā puse sasniedza III līmeni. III līmeņa izglītojamo īpatsvars pieauga no 10,9 % līdz 53,7 %, savukārt I līmeņa īpatsvars samazinājās no 37,7 % līdz 4,5 %. Šie rezultāti apliecina pāreju no zināšanu reproducēšanas uz analītisku domāšanu un produktīvu problēmu risināšanu.



11. att. IIM kognitīvās progresijas pāreju matricas vizualizācija (IDD →NDD)
2020./2021. m. g. Avots – autores apkopojums.

Pāreju matrica parāda izglītojamo virzību starp izziņas darbības līmeņiem mācību procesa laikā. Dominējošās pārejas tika novērotas no I uz II līmeni un no II uz III līmeni, savukārt regresija uz zemākiem līmeņiem bija minimāla. Šie rezultāti sniedz empīrisku pierādījumu tam, ka IIM modelis sekmē sistemātisku virzību uz augstāka līmeņa domāšanas prasmēm.

Pētījumā tika izstrādāta pieeja izglītojamo izziņas darbības līmeņu virzības kvantitatīvai raksturošanai, izmantojot pāreju matricas un mācību analītikas vizualizācijas. Identificētās mīļsakarības vispārīgā gadījumā iespējams atspoguļot pāreju matricā, kas raksturo izglītojamo kustību starp izziņas darbības līmeņiem. Pāreju matricas elementi tika aprēķināti kā relatīvais izglītojamo biežums, kuri pārgājuši no viena sasniegumu līmeņa uz citu. Šāda pieeja ļauj kvantitatīvi raksturot izglītojamo virzību starp izziņas darbības līmeņiem un salīdzināt progresijas tendences dažādos mācību gados (*Puterman, 2014; Siemens & Baker, 2012; Romero & Ventura, 2020*).

$$p_{ij} = \frac{n_{ij}}{\sum_{j=1}^m n_{ij}}$$

kur:

- p_{ij} – pārejas relatīvais biežums no līmeņa i uz līmeni j ;
- n_{ij} – izglītojamo skaits, kas pārgājuši no līmeņa i uz līmeni j ;
- m – sasniegumu līmeņu skaits.

Šajā matricā p_{ij} raksturo relatīvo izglītojamo īpatsvaru, kas pāriet no izziņas līmeņa i uz līmeni j , piemēram, no zināšanu reproducēšanas uz analītisko domāšanu, kas atbilst *SOLO* un Blūma taksonomiju struktūrai (*Biggs & Tang, 2011; Anderson &*

Krathwohl, 2001). Šāda pieceja ļauj kvantitatīvi analizēt izglītojamo mācīšanās trajektorijas un noteikt mācību procesa ietekmi uz kognitīvo attīstību (Romero & Ventura, 2020; Siemens & Baker, 2012). Aprēķina piemērs. 2020./2021. mācību gadā izglītojamo īpatsvars, kuri ievaddiagnostikā atradās I sasniegumu līmenī un nobeiguma diagnostikā sasniedza II līmeni, bija 30,3 %. Kopējais I līmeņa izglītojamo īpatsvars pāreju matricas izlasē bija 37,2 % (I→I + I→II + I→III). Tādējādi pārejas varbūtība no I uz II līmeni tika aprēķināta šādi:

$$p_{I \rightarrow II} = \frac{30,3}{4,5 + 30,3 + 2,4} = \frac{30,3}{37,2} = 0,815$$

Tas nozīmē, ka 81,5 % izglītojamo, kuri sākotnēji atradās I sasniegumu līmenī, pēc IIM kursa sasniedza II līmeni. Iegūtais rezultāts liecina par augstu pārejas intensitāti no zemākā uz vidējo sasniegumu līmeni un apliecina, ka IIM pedagoģiskais process sekmē izglītojamo virzību no zināšanu reproducēšanas uz zināšanu un prasmju lietošanu. No *SOLO* taksonomijas skatpunkta tas raksturo pāreju no vienstrukturāla uz daudzstrukturālu izpratnes līmeni, savukārt Blūma taksonomijas kontekstā – no atcerēšanās un izpratnes uz lietošanu (Biggs & Tang, 2011; Anderson & Krathwohl, 2001).

$$p_{II \rightarrow III} = \frac{40,5}{11,4 + 40,5} = 0,780$$

Tas nozīmē, ka 78 % izglītojamo, kuri ievaddiagnostikā atradās II līmenī, pēc kursa sasniedza III līmeni. Savukārt pārejas varbūtība no II uz III līmeni sasniedza 78,0 %, kas apliecina, ka lielākā daļa izglītojamo, kuri jau bija apguvuši zināšanu un prasmju lietošanu, pēc IIM kursa sasniedza augstāko sasniegumu līmeni – analīzi un produktīvu darbību. Šāds rezultāts ir īpaši nozīmīgs, jo atspoguļo ne tikai zināšanu apjoma pieaugumu, bet arī kvalitatīvu kognitīvās darbības attīstību.

Pētījuma rezultātā tika izstrādāta metrika izglītojamo izzīņas darbības līmeņu virzības kvantitatīvai novērtēšanai. Identificētās mīļsakarības vispārīgā gadījumā iespējams atspoguļot pāreju matricā, kas raksturo izglītojamo kustību starp izzīņas darbības līmeņiem. Ideālā gadījumā matrica atspoguļo situāciju, kurā visi izglītojamie sasniedz augstāko (III) izzīņas darbības līmeni, savukārt nepietiekami efektīva mācību

procesa gadījumā matrica uzrāda minimālu vai neesošu virzību starp līmeņiem (12. attēls).

Ideālā matrica	Pilnīgi nederīga matrica
$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \end{bmatrix}$

12. att. Sniegumu novērtēšanas matrica (vispārīgais gadījums).

Pāreju matrica (*Chung, 1967; Morris et al., 2017*) kalpo kā konceptuāls un analītisks instruments IIM pedagoģiskā procesa efektivitātes novērtēšanai, ļaujot kvantitatīvi analizēt izglītojamo kognitīvās attīstības dinamiku.

Izglītojamo snieguma līmeņu virzība pa mācību gadiem redzama 13. attēlā. Pētījumā izstrādātā metrika ļauj kvantitatīvi analizēt ilgtermiņa tendences izglītojamo mācību sasniegumos un nodrošina pamatu pedagoģiskā procesa efektivitātes izvērtēšanai. 13. attēlā apkopoti RTU intensīvo izlīdzinošo mācību fizikā rezultāti sešu mācību gadu laikā.

Mācību gads	Līmeņu virzība
2015./2016. mācību gads	$\begin{bmatrix} 0,033 & 0 & 0 \\ 0,392 & 0,081 & 0 \\ 0,027 & 0,402 & 0,065 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,459 \\ 0,476 \\ 0,065 \end{bmatrix}$
2016./2017. mācību gads	$\begin{bmatrix} 0,071 & 0 & 0 \\ 0,302 & 0,225 & 0 \\ 0,032 & 0,257 & 0,113 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,404 \\ 0,483 \\ 0,113 \end{bmatrix}$
2017./2018. mācību gads	$\begin{bmatrix} 0,051 & 0 & 0 \\ 0,280 & 0,070 & 0 \\ 0,035 & 0,456 & 0,108 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,397 \\ 0,495 \\ 0,108 \end{bmatrix}$
2018./2019. mācību gads	$\begin{bmatrix} 0,101 & 0 & 0 \\ 0,344 & 0,241 & 0 \\ 0,023 & 0,248 & 0,043 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,463 \\ 0,494 \\ 0,043 \end{bmatrix}$
2019./2020. mācību gads	$\begin{bmatrix} 0,156 & 0 & 0 \\ 0,191 & 0,311 & 0 \\ 0,023 & 0,205 & 0,114 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,395 \\ 0,491 \\ 0,114 \end{bmatrix}$
2020./2021. mācību gads	$\begin{bmatrix} 0,045 & 0 & 0 \\ 0,303 & 0,114 & 0 \\ 0,024 & 0,405 & 0,109 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,393 \\ 0,498 \\ 0,109 \end{bmatrix}$

13. att. IIM sniegumu novērtēšanas matrica pa gadiem.

13. attēlā apkopotie dati raksturo izglītojamo snieguma līmeņu izmaiņas, kas analizējamās, izmantojot pāreju matricas pieeju. Izstrādātā metrika nodrošina iespēju kvantitatīvi raksturot izglītojamo pārvietošanos starp izziņas darbības līmeņiem (I, II, III) un novērtēt šīs virzības intensitāti kā IIM pedagogiskā procesa efektivitātes indikatoru.

Pāreju matrica (angļu val. *transition matrix*) tiek izmantota, lai analizētu izglītojamo pāreju starp sasniegumu līmeņiem dažādos mācību procesa posmos. 13. attēlā apvienota izglītojamo sasniegumu kvantitatīvā dinamika un pāreja starp snieguma līmeņiem. 11. attēlā iekļautais normalizētā pieauguma koeficients (*Hake g*) raksturo mācību procesa rezultativitāti, salīdzinot faktiski sasniegto rezultātu pieaugumu ar maksimāli iespējamo pieaugumu konkrētajā izglītojamo grupā (*Hake*, 1998; *Nissen et al.*, 2018). Pētījums ir saistīts ar fizikas mācīšanos, tāpēc mācību sasniegumu pieauguma raksturošanai tika izmantots normalizētā pieauguma koeficients (*Hake g*), kas ir viens no visbiežāk izmantotajiem efektivitātes rādītājiem fizikas izglītības pētījumos un ļauj salīdzināt dažādu izlasu sasniegumu dinamiku neatkarīgi no sākotnējā zināšanu līmeņa (*Hake*, 1998). Šis rādītājs ļauj objektīvāk novērtēt mācību procesa efektivitāti nekā vienkārša vidējo rezultātu starpība. Aprēķinātā *Hake g* vērtība liecina par pedagogiski nozīmīgu sasniegumu pieaugumu analizētajā izlasē. Normalizētā pieauguma koeficients (*Hake g*) tika aprēķināts pēc formulas (*Hake*, 1998):

$$g = \frac{\bar{X}_{NDD} - \bar{X}_{IDD}}{100 - \bar{X}_{IDD}}$$

kur:

- *g* – normalizētā pieauguma koeficients;
- $\bar{X}_{IDD}$ – vidējais ievaddiagnostikas rezultāts (%);
- $\bar{X}_{NDD}$ – vidējais nobeiduma diagnostikas rezultāts (%);
- 100 – maksimāli iespējamais rezultāts.

Normalizētā pieauguma koeficients raksturo sasniegto mācību rezultātu pieaugumu attiecībā pret maksimāli iespējamo pieaugumu konkrētajā izglītojamo grupā un ļauj salīdzināt mācību procesa rezultativitāti dažādās izlasēs neatkarīgi no sākotnējā zināšanu līmeņa (*Hake*, 1998). Piemēram, aprēķins, izmantojot 2020./2021. gada datus:

$$g = \frac{75,4 - 47,2}{100 - 47,2} = \frac{28,2}{52,8} = 0,53$$

Aprēķinātā normalizētā pieauguma koeficienta vērtība $g = 0,53$, kas atbilst vidējam

mācību sasniegumu pieaugumam pēc *Hake* klasifikācijas ($0,30 \leq g < 0,70$) (*Hake*, 1998).

Lai detalizētāk analizētu sasniegumu līmeņu izmaiņas, tika izmantota pāreju matricas princips balstīta vizualizācija. Tā ļauj raksturot izglītojamo pārejas starp I, II un III sasniegumu līmeni no ievaddiagnostikas uz nobeiguma diagnostiku un identificēt dominējošās mācīšanās trajektorijas.

Lai izvērtētu modeļa stabilitāti ilgtermiņā, tika analizēti sešu mācību gadu dati. Rezultāti uzrādīja līdzīgas tendences visās izlasēs. Katrā mācību gadā pieauga III līmeņa izglītojamo īpatsvars, vienlaikus samazinoties I līmeņa izglītojamo skaitam. Tas liecina, ka konstatētie efekti nav nejauši vai raksturīgi tikai vienai izglītojamo grupai, bet atspoguļo stabilas izstrādātā pedagoģiskā procesa īpašības.

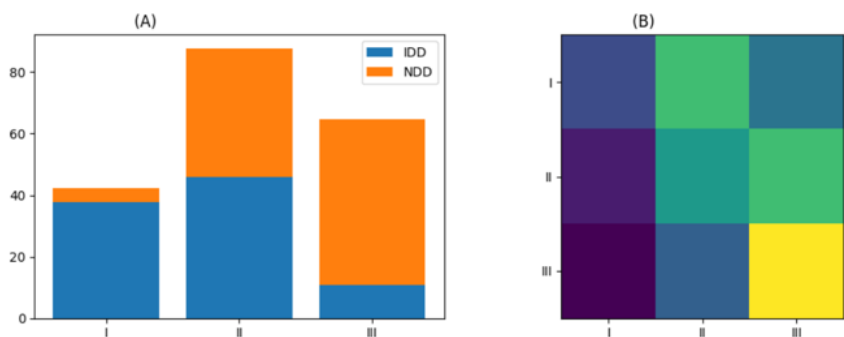
5. tabula

IDD un NDD rezultātu kopsavilkums

Mācību gads	IDD I	IDD II	IDD III	NDD I	NDD II	NDD III
2015./2016.	45,2	46,1	6,5	3,3	41,7	54,0
2016./2017.	40,4	46,0	11,3	7,1	54,2	38,7
2017./2018.	38,6	47,4	10,8	5,1	38,4	56,1
2018./2019.	45,4	47,4	4,3	10,1	58,9	31,0
2019./2020.	35,5	49,1	11,4	15,6	52,5	31,9
2020./2021.	37,7	45,9	10,9	4,5	41,8	53,7

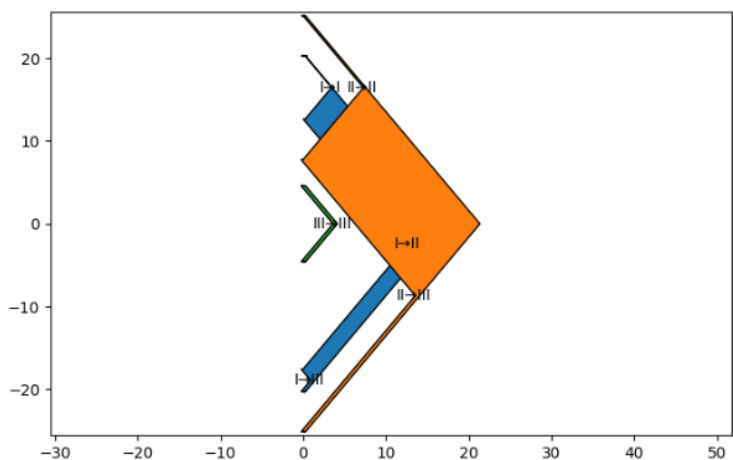
Sešu mācību gadu datu analīze apliecina sasniegumu dinamikas stabilitāti dažādās izglītojamo izlasēs. Visos sešos mācību gados novērota konsekventa virzība uz augstākiem izziņas darbības līmeņiem. III līmeņa pieaugums un I līmeņa samazinājums sniedz pārliecinošus pierādījumus par izstrādātā IIM modeļa efektivitāti un stabilitāti.

Lai detalizētāk analizētu izglītojamo mācību trajektorijas, tika izmantotas pāreju matricas un *Sankey* diagrammas, kas ļāva vizualizēt pārejas starp sasniegumu līmeņiem un identificēt dominējošās attīstības trajektorijas.



14. att. Snieguma līmeņu sadalījumus (A) un pāreju matrica (B) RTU intensīvajos izlīdzinošajosursos fizikā 2015./2016.–2020./2021. gads. Avots – autores apkopojums.

14. attēlā redzama konsekventa izglītojamo pārdale no zemākiem uz augstākiem sasniegumu līmeņiem pēc dalības IIM kursos. Sasniegumu līmeņu un pāreju matricu kopīgā analīze atklāj ne tikai kvantitatīvu rezultātu pieaugumu, bet arī kvalitatīvu kognitīvo attīstību.



15. att. Izglītojamo pārejas starp sasniegumu līmeņiem (vidējās vērtības) (*Sankey* diagramma). Avots – autores apkopojums.

Lai analizētu izglītojamo pārejas starp kognitīvo sasniegumu līmeņiem, tika izmantotas *Sankey* diagrammas, kas ļauj vizualizēt plūsmu starp dažādiem stāvokļiem un attēlot pāreju intensitāti proporcionāli izglītojamo skaitam (*Schmidt, 2008*). Izglītības pētījumos *Sankey* diagrammas tiek izmantotas studentu progresā, mācīšanās trajektoriju un sasniegumu pāreju analīzei (*Askinadze et al., 2019; Oran et al., 2021*). Dominējošās plūsmas raksturo pārejas no I uz II līmeni un no II uz III līmeni. Analīze parādīja, ka aptuveni 81,5 % izglītojamo, kuri sākotnēji atradās I līmenī, pārgāja uz II

līmeni, savukārt 78 % II līmeņa izglītojamo sasniedza III līmeni. Šie rezultāti apliecina, ka IIM modelis efektīvi veicina izglītojamo virzību uz augstākiem izziņas darbības līmeņiem.

Papildus sasniegumu analīzei tika pētīta digitālo tehnoloģiju izmantošanas saistība ar mācību rezultātiem. Korelāciju analīze uzrādīja statistiski nozīmīgas pozitīvas sakarības starp virtuālo laboratoriju izmantošanu, e-studiju vidi un izglītojamo mācību mērķu sasniegšanu ($r = 0,31-0,44$; $p < 0,05$). Lai gan korelācijas neļauj definēt cēloņsakarības, tās norāda, ka aktīva digitālo rīku izmantošana ir saistīta ar labākiem mācību rezultātiem.

Izstrādātā IIM modeļa efektivitāte tika izvērtēta arī no izglītojamo skatpunkta. Tā kā IIM dalībnieki veido heterogēnu grupu ar atšķirīgu izglītības pieredzi un mācību mērķiem, modeli īpaša uzmanība pievērsta personalizētai pieejai, izglītojamo vajadzību ievērošanai un pašvadītam mācīšanās procesam.

Izglītojamo identificēto un IIM procesā realizēto mācību koncepciju salīdzinājums
(autore apkopojums)

Būtiskākās koncepcijas pirms mācību procesa iesākšanas		IIM procesā atzīta kā būtiskākā koncepcija		Būtiskāko koncepciju realizācija mācību procesā	
Koncepcija	%	Koncepcija	%	Koncepcija	%
1. Personīgā izaugsme	72 %	1. Jaunu zināšanu apguve	62 %	1. Personīgā izaugsme	76 %
2. Zināšanu un prasmju apguve praktiskai lietošanai	59 %	2. Personīgā izaugsme	64 %	2. Jaunu zināšanu apguve	72 %
3. Saņemtās informācijas apstrāde, personīgās zināšanās	47 %	3. Zināšanu un prasmju apguve praktiskai lietošanai	56 %	3. Zināšanu un prasmju apguve praktiskai lietošanai	61 %
4. Jaunu zināšanu apguve	49 %	4. Personīgo zināšanu konstruēšana	49 %	4. Praktiskās pieredzes pārvēršana zināšanās	53 %
5. Personīgo zināšanu konstruēšana	42 %	5. Saņemtās informācijas apstrāde, personīgās zināšanās	48 %	5. Saņemtās informācijas apstrāde, personīgās zināšanās	49 %
6. Praktiskās pieredzes pārvēršana zināšanās	35 %	6. Praktiskās pieredzes pārvēršana zināšanās	37 %	6. Personīgo zināšanu konstruēšana	48 %

Respondenti varēja norādīt vairāk nekā vienu būtisku koncepciju, tādēļ procentu summa katrā kolonnā nav 100 %.

Rezultāti liecina, ka izglītojamajiem nozīmīgākās mācīšanās koncepcijas – personīgā izaugsme, jaunu zināšanu apguve un zināšanu praktiska lietošana – sekmīgi realizētas IIM procesā. Augstā atbilstība starp izglītojamo gaidām un viņu vērtējumu par īstenoto mācību procesu sniedz papildu pierādījumus par izstrādātā pedagoģiskā procesa piemērotību un efektivitāti.

Kopumā empīriskā pētījuma rezultāti apliecina, ka izstrādātais IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis efektīvi sekmē izglītojamo kognitīvo attīstību, veicina pāreju uz augstākiem izziņas darbības līmeņiem un nodrošina ilgtspējīgu pamatu personalizētām mācībām pārejas posmā no vidusskolas uz augstskolu. Diagnostikas, mācību analītikas, digitālo tehnoloģiju un adaptīva pedagoģiskā atbalsta integrācija nodrošina pedagoģiski nozīmīgu mācību sasniegumu pieaugumu un apstiprina izstrādātā modeļa piemērotību reālai izglītības videi.

3. APKOPOJUMS UN SECINĀJUMI

3.1. Apkopojs un tēzu pierādījumi

1. Zinātniskās literatūras analīze parāda, ka, neskatoties uz plašo e-studiju tehnoloģiju izmantošanu *STEM* izglītībā, literatūrā nav identificēts vienots, teorētiski un empīriski pamatots modelis, kas integrētu pedagoģiskos scenārijus, digitālās tehnoloģijas, mācību analītiku un izglītojamo kognitīvo sasniegumu novērtēšanu intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā. Šī teorētiskā un metodoloģiskā plaša pamato nepieciešamību izstrādāt IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeli.

2. Pamatojoties uz konstruktīvisma, konektīvisma, personalizētas mācīšanās un mācību analītikas teorētiskajām atziņām, tika izstrādāts IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis, kas integrē izglītojamo, pedagogu, mācību saturu, digitālās tehnoloģijas un mācību analītiku vienotā pedagoģiskā sistēmā. Izstrādātais modelis paplašina e-studiju tehnoloģiju izmantošanas teorētisko izpratni *STEM* izglītībā, jo tas aplūko tehnoloģijas nevis kā atsevišķus mācību līdzekļus, bet kā savstarpēji saistītus pedagoģiskā procesa elementus, kuru efektivitāti nosaka to integrācija vienotā e-ekosistēmā.

3. (1. tēzes pierādījums). Empīriskā pētījuma rezultāti apliecina, ka izstrādātais un pedagoģiskajā procesā aprobētais IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis nodrošina intensīvo izlīdzinošo mācību īstenošanu fizikā pārejas posmā vidusskola–augstskola. Pētījuma kopējo izlasi veidoja 620 izglītojamie; IDD un NDD rezultātu salīdzinājumā izmantoti dalībnieki ar derīgiem abu mērījumu datiem. IDD un NDD rezultātu salīdzinājums ($N = 620$) liecina par sistemātisku izglītojamo mācību sasniegumu pieaugumu visos analizētajos mācību gados, savukārt pāreju matricas un *Sankey* diagrammu analīze apliecina dominējošu virzību no zemākiem uz augstākiem izzināšanas darbības līmeņiem. Iegūtie rezultāti ļauj secināt, ka pedagoģiskā procesa efektivitāti intensīvajās izlīdzinošajās mācībās nosaka ne tikai mācību satura apguves intensitāte, bet arī sistemātiska diagnostika, personalizēta atgriezeniskā saite un adaptīva mācību procesa organizācija.

4. (2. tēzes pierādījums). Pētījuma gaitā izstrādātā diagnostikas sistēma un validētā uzdevumu banka nodrošina izglītojamo zināšanu, izpratnes līmeņa un izzināšanas dziļuma diagnosticējošu vērtēšanu. No 2400 izstrādātajiem uzdevumiem 2006 tika atzīti par statistiski derīgiem un iekļauti diagnostikas sistēmā. Diagnostikas rezultāti tika izmantoti mācību procesa plānošanai, individualizācijai un izglītojamo progresu

monitoringam. Diagnostikas sistēmas aprobācija apliecina, ka izziņas darbības līmeņos strukturēta un statistiski validēta uzdevumu banka nodrošina uzticamu pamatu personalizēta mācību procesa plānošanai, izglītojamo progresu monitoringam un pedagoģisko lēmumu pieņemšanai.

5. (3. tēzes pierādījums). Izstrādātā metrika, kas balstīta *SOLO* taksonomijā, Blūma taksonomijā un klasiskās testu teorijas pieejā, nodrošina iespēju vērtēt izglītojamo sasniegumus trīs izziņas darbības līmeņos. Metrikas izmantošana ļāva identificēt izaugsmi fizikas jēdzienu, sakarību, apzīmējumu un mērvienību lietošanā, fizikālo procesu izpratnē, modeļu izmantošanā, funkcionālo sakarību interpretācijā un pētniecībā. Izstrādātā metrika demonstrē iespēju integrēt dažādas izglītojamo sasniegumu vērtēšanas pieejas vienotā sistēmā, tādējādi nodrošinot daudzdimensionālu mācību sasniegumu analīzi un padarot iespējamu kognitīvās attīstības dinamikas izvērtēšanu ilgtermiņā.

6. (4. tēzes pierādījums). Mācību procesa datu analīze apliecina, ka IIM pedagoģiskā procesa efektivitāte ir saistīta ar izglītojamā un mācību vides mijiedarbību. Būtiska nozīme ir izglītojamo vajadzību identificēšanai, mācību satura atbilstībai definētajiem mērķiem, personalizēta atbalsta nodrošināšanai, izglītojamo darbības monitoringam un mācību procesa adaptīvai pielāgošanai. Rezultāti apstiprina, ka personalizēta mācību procesa organizācija ir būtisks priekšnoteikums efektīvai heterogēnu izglītojamo grupu mācīšanai pārejas posmā no vidusskolas uz augstskolu.

7. Statistiski nozīmīgas pozitīvas saistības konstatētas starp mācību mērķu sasniegšanas pašvērtējumu un pētniecības aktivitātēm virtuālajās laboratorijās ($r = 0,44$; $p < 0,01$), darbu e-studiju vidēs ($r = 0,40$; $p < 0,01$) un e-ekosistēmu izmantošanu ($r = 0,31$; $p = 0,02$). Tas liecina par pozitīvu saistību starp digitālo mācību risinājumu izmantošanu un izglītojamo mācību rezultātu pašvērtējumu. Konstatētas sakarības liecina, ka digitālo tehnoloģiju efektivitāti nosaka nevis to lietošanas fakts pats par sevi, bet gan mērķtiecīga un pedagoģiski pamatota integrācija mācību procesā.

8. Izglītojamo vērtējumi par IIM procesa organizāciju, mācību satura struktūru un digitālo risinājumu izmantošanu liecina par augstu atbilstību izglītojamo vajadzībām. Īpaši pozitīvi novērtēta mācību satura strukturētība, skaidrība, atgriezeniskā saite un iespēja organizēt personalizētu mācību procesu. Pozitīvais

izglītojamo vērtējums liecina par izstrādātā modeļa atbilstību mūsdienu izglītības prasībām un apliecina tā potenciālu izmantošanai citās *STEM* jomas mācību programmās.

9. Pētījuma rezultāti ļauj secināt, ka IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis veido teorētiski un empīriski pamatotu ietvaru intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanai fizikā, apvienojot diagnostikā balstītu pieeju, personalizētu mācīšanos, digitālo tehnoloģiju integrāciju un mācību analītiku vienotā pedagoģiskā sistēmā. Pētījuma rezultāti apliecina, ka izstrādātais IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis ir teorētiski un empīriski pamatots risinājums intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanai fizikā. Modeļa efektivitāti apstiprina izglītojamo sasniegumu pieaugums, pāreja uz augstākiem izziņas darbības līmeņiem, pozitīvs izglītojamo vērtējums un ilgtermiņa aprobācijas rezultāti, kas kopumā apliecina tā piemērotību izmantošanai pārejas posmā no vidusskolas uz augstskolu.

3.2. Atbildes uz pētījuma jautājumiem

Atbildot uz pirmo pētījuma jautājumu, secināts, ka intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) fizikā pedagoģiskā procesa e-ekosistēma ir daudzkomponentu sistēma, kurā integrētas izglītojamā, satura, pedagoģiskā un saziņas komponentes. Izstrādātais modelis konceptualizē šo komponentu mijiedarbību kā vienotu pedagoģisku sistēmu, kurā digitālās tehnoloģijas, mācību analītika un personalizētas mācīšanās stratēģijas atbalsta definēto mācību mērķu sasniegšanu. Modeļa struktūra un komponentu savstarpējās saiknes ir atspoguļotas IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelī un empīriski pamatotas 3. nodaļā aprakstītajos iegūtajos rezultātos.

Atbildot uz otro pētījuma jautājumu, konstatēts, ka tehnoloģiju izmantošana veicina pedagoģiskā procesa efektivitāti, ja tā ir pedagoģiski pamatota un mērķtiecīgi integrēta mācību procesā. Statistiski nozīmīgas saistības tika konstatētas starp mācību mērķu sasniegšanu un virtuālo laboratoriju, e-studiju vidi un citu e-ekosistēmas elementu izmantošanu. Pētījuma rezultāti liecina, ka digitālo tehnoloģiju izglītojošo vērtību nosaka nevis to lietošanas fakts pats par sevi, bet gan sistemātiska integrācija pedagoģiski pamatotos mācību scenārijos, kas veicina izglītojamo iesaisti, atgriezenisko saiti un pašvadītu mācīšanos.

Atbildot uz trešo pētījuma jautājumu, tika izstrādāts, ieviests un empīriski validēts IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis. Modelis integrē diagnosticējošo vērtēšanu, personalizētu mācīšanos, digitālās tehnoloģijas un mācību analītiku vienotā pedagoģiskā sistēmā. Modeļa efektivitāti apliecina izglītojamo sasniegumu pieaugums, kas konstatēts, salīdzinot ievaddiagnostikas (IDD) un nobeiguma diagnostikas (NDD) rezultātus, pāreja uz augstākiem izziņas darbības līmeņiem, kā arī rezultātu stabilitāte vairāku mācību gadu griezumā. Pētījuma rezultāti apstiprina, ka izstrādātais modelis veido teorētiski un empīriski pamatotu ietvaru intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanai fizikā pārejas posmā no vidusskolas uz augstskolu.

PROMOCIJAS DARBA KOPSAVILKUMĀ IZMANTOTĀS LITERATŪRAS UN AVOTU SARAKSTS

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. Longman.
- Askinadze, A., Liebeck, M., & Conrad, S. (2019). Using Venn, Sankey, and UpSet diagrams to visualize students' study progress based on exam combinations. In Proceedings of the Visualization in Learning Analytics Workshop (ViLA 2019). Heinrich Heine University Düsseldorf.
- Barron, B., & Bell, P. (2015). Learning environments in and out of school. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (2nd ed., pp. 495–516). Cambridge University Press.
- Bickerstaff, S., Barragan, M., & Rucks-Ahidiana, Z. (2017). Experiences of earned success: Community college students' shifting thoughts about remedial education. *Teachers College Record*, 119(3), 1–44.
- Biggs, J. B. (1999). *Teaching for quality learning at university*. Open University Press.
- Biggs, J. B., & Collis, K. F. (1982). *Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy*. Academic Press.
- Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university* (4th ed.). Open University Press.
- Birziņa, R., & Cēdere, D. (2019). Students' preparedness for higher education in science subjects. *Journal of Baltic Science Education*, 18(2), 123–135.
- Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21(1), 5–31.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain. David McKay.
- Bridges, D. (2000). Back to the future: The higher education curriculum in the 21st century. *Cambridge Journal of Education*, 30(1), 37–55.
- Briscoe, G., Sadedin, S., & De Wilde, P. (2011). Digital ecosystems: Evolving service-oriented architectures. *Natural Computing*, 10(3), 1143–1194.
- Brockmann, M., Clarke, L., & Winch, C. (2008). Knowledge, skills, competence: European divergences in vocational education and training (VET) – The English, German and Dutch cases. *Oxford Review of Education*, 34(5), 547–567. <https://doi.org/10.1080/03054980701782098>
- Broks, A. (2007). Ontodidactics within the development of modern natural science and technology education. In Proceedings of the 7th IOSTE Symposium for Central and Eastern Europe (pp. 26–30). Šiauliai University.
- Carless, D., & Boud, D. (2018). The development of student feedback literacy: Enabling uptake of feedback. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 43 (8), 1315–1325.

- Cābelis, A., & Juškaite, L. (2017). Tiešsaistes testi fizikā 12. klasei. Zvaigzne ABC.
- Chung, K. L. (1967). Markov chains with stationary transition probabilities (2nd ed.). Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-62015-7>
- Cohen, J. (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (5th ed.). Sage.
- Dawson, P., Yan, Z., Lipnevich, A., Tai, J., Boud, D., & Mahoney, P. (2024). Measuring what learners do in feedback: The feedback literacy behaviour scale. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 49(3), 348–362.
- Embretson, S. E., & Reise, S. P. (2000). *Item Response Theory for Psychologists*. Lawrence Erlbaum Associates.
- European Commission. (2021). Digital economy and society index (DESI) 2021: Latvia. <https://digital-strategy.ec.europa.eu>
- Gorbunovs, A., Kapenieks, A., & Cakula, S. (2016). Self-discipline as a key indicator to improve learning outcomes in e-learning environment. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 231, 256–262. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.09.100>
- Graham, C. R. (2013). Emerging practice and research in blended learning. In M. G. Moore (Ed.), *Handbook of distance education* (3rd ed., pp. 333–350). Routledge.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112.
- Hess, A. N. (2020). Modular learning design in STEM education: A systematic approach. *Journal of STEM Education*, 21 (3), 45–56.
- Hodara, M. (2013). Improving students' college readiness: The role of remedial and developmental education. *The Journal of Higher Education*, 84(3), 324–350.
- Hrastinski, S. (2019). What do we mean by blended learning? *TechTrends*, 63(5), 564–569.
- ISTE. (2016). ISTE standards for students. International Society for Technology in Education. <https://www.iste.org>
- Izglītības likums. (1998). <https://likumi.lv>
- Jamaludin, R., McKay, E., & Ledger, S. (2020). *Are we ready for Education 4.0 within ASEAN higher education institutions? Thriving for knowledge, industry and humanity in a dynamic higher education ecosystem? Journal of Applied Research in Higher Education*, 12(5), 1161–1173.
- Juškaite, L. (2018a). The gap between high school and university education in STEM subjects. In Abstracts of the 60th International Scientific Conference of Daugavpils University (pp. 130–131). Daugavpils University Academic Press “Saule”.

- Juškaite, L. (2018b). New challenges and opportunities for STEM education in the Latvian educational context. In Abstract book of the 2nd International Conference “Innovations and Creativity” (p. 24). Liepāja University.
- Juškaite, L. (2019a). Analysis and comparison of national diagnostic paper-based and online tests. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 8(1), 280–286. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2019/4981.12019>.
- Juškaite, L. (2019b). The advantages of online testing in Latvian general education schools. In Proceedings of the 13th International Technology, Education and Development Conference (INTED2019) (pp. 3001–3008). IATED Academy. <https://doi.org/10.21125/inted.2019.0791>
- Juškaite, L. (2019c). Data mining in education: Online testing in Latvian schools. In Proceedings of the 3rd International Baltic Symposium on Science and Technology Education (BalticSTE2019) (pp. 86–90). Scientia Socialis Press.
- Juškaite, L., Ipatovs, A., & Kapenieks, A. (2019). Mobile technologies in physics education in Latvian secondary schools. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 7(1), 187–196.
- Juškaite, L., & Cābelis, A. (2021). Tiešsaistes testi fizikā 10. klasei. Zvaigzne ABC.
- Juškaite, L., Lebionkaitē, B., & Lebionka, J. (2023). E-learning technologies-based model for supporting bridge courses in physics. In *Proceedings of the 16th International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI2023)* (pp. 4924–4931). IATED Academy. <https://doi.org/10.21125/iceri.2023.1226>
- Juškaite, L., Šteinberga, A., & Kapenieks, A. (2020). Modern digital assessment systems & tools: The measurement of student ability & human factor exclusion. In INTED2020 Proceedings (pp. 4677–4683). IATED. <https://doi.org/10.21125/inted.2020.1292>
- Kapenieks, A., Daugule, I., Kapenieks, K., Zagorskis, V., Kapenieks, J., Timsans, Z., & Vitolina, I. (2020). *TELECI Approach for e-Learning User Behavior Data Visualization and Learning Support Algorithm*. *Baltic Journal of Modern Computing*, 8(1), 129–142. <https://doi.org/10.22364/BJMC.2020.8.1.06>
- Klafki, W. (1995). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik* (5th ed.). Beltz.
- Klafki, W. (2006). *Didaktik und Bildungstheorie: Beiträge zur kritisch-konstruktiven Didaktik*. Beltz.
- Kraft, M. A. (2020). Interpreting effect sizes of education interventions. *Educational Researcher*, 49 (4), 241–253.
- Lederman, N. G. (1999). Teachers’ understanding of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (8), 916–929.
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2019). *Conducting educational design research* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315105642>
- Ministru kabinets. (2017). *Pedagogu profesionālās darbības kvalitātes novērtēšanas organizēšanas kārtība* (Ministru kabineta noteikumi Nr. 501).

- Ministru kabinets. (2018). *Noteikumi par valsts pamatizglītības standartu un pamatizglītības programmu paraugiem* (Ministru kabineta noteikumi Nr. 747).
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054
- Morris, G. A., Walter, P. J., Skees, S., & Schwartz, S. (2017). Transition matrices: A tool to assess student learning and improve instruction. *The Physics Teacher*, 55(3), 166–169.
- Mulder, M. (2020). Competence-based vocational and professional education: Bridging the worlds of work and education. Springer.
- Nissen, J. M., Talbot, R. M., Thompson, A. N., & Van Dusen, B. (2018). A comparison of Hake's g and Cohen's d for analyzing gains on concept inventories. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), 010115.
- OECD. (2019). OECD future of education and skills 2030. OECD Publishing.
- OECD. (2020). Education at a glance 2020: OECD indicators. OECD Publishing.
- OECD. (2022). Trends shaping education 2022. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/6ae8771a-en>
- OECD. (2023). Education at a glance 2023. OECD Publishing.
- Oran, A., Martin, A., Klymkowsky, M., & Stubbs, R. (2021). Identifying students' progress and mobility patterns in higher education through open-source visualization. University of Colorado Boulder.
- Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J. Y., & Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. *Journal of Applied Psychology*, 88(5), 879–903.
- Puterman, M. L. (2014). Markov decision processes: Discrete stochastic dynamic programming. Wiley.
- Razzouk, R., & Shute, V. (2015). What is design thinking and why is it important? Review of Educational Research, 85(3), 330–348. <https://doi.org/10.3102/0034654315579467>
- Romero, C., & Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 10(3), e1355.
- Royalty, A. (2021). Design thinking for educators: A practical guide. *International Journal of Design Education*, 15 (2), 45–60.
- Schmidt, M. (2008). The Sankey diagram in energy and material flow management. *Journal of Industrial Ecology*, 12(1), 82–94.
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton Mifflin.
- Siemens, G., & Baker, R. S. J. d. (2012). Learning analytics and educational data mining: Towards communication and collaboration. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK '12)* (pp. 252–254). ACM.

- Trinkūnienė, S., & Juskaite, L. (2021). COVID-19 and the digital transformation of education: The case of Latvia and Lithuania. *SOCIETY. INTEGRATION. EDUCATION. Proceedings of the International Scientific Conference*, 5, 221–231.
- UNESCO. (2018). *UNESCO ICT competency framework for teachers: Version 3*. UNESCO.
- Vaishnavi, V., & Kuechler, W. (2015). Design science research methods and patterns: Innovating information and communication technology (2nd ed.). CRC Press.
- Vedins, I. (2008). Pedagoģijas pamati. RaKa.
- Verhagen, P. (2006). Connectivism: A new learning theory? *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 3(11), 3–10.
- Wagino, J., Suyanto, E., & Widodo, A. (2024). Development of data analysis and interpretation skills in digital learning environments. *Journal of Science Education and Technology*, 33(2), 210–225. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10089-3>
- Watters, A. (2010). The role of technology in personalized learning. *Educause Review*, 45(4), 6–7.
- World Economic Forum. (2019). Strategies for the new economy: Skills as the currency of the labour market. World Economic Forum.
- World Economic Forum. (2023). The future of jobs report 2023. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2023>
- Wrigley, C., Straker, K., & Bucolo, S. (2018). Design thinking pedagogy: The educational design ladder. *Innovations in Education and Teaching International*, 55(3), 374–385.
- Zoller, U. (2000). Teaching tomorrow's college science courses. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 91–95.



Loreta Juškaite dzimusi 1964. gadā Molētos (Lietuva). Latvijas Universitātē ieguvusi fiziķes un pasniedzējas kvalifikāciju (1995), maģistra grādu fizikā (1998) un vidusskolas informātikas skolotājas kvalifikāciju (2005). Strādājusi par Rīgas pilsētas Latgales priekšpilsētas fizikas skolotāju metodiskās apvienības vadītāju, par direktora vietnieci un fizikas un informātikas skolotāju Rīgas Lietuviešu vidusskolā. Piedalījies vairākos starptautiskos un Latvijas *STEM* izglītības projektos. Ir vairāku fizikas mācību un metodisko līdzekļu līdzautore, vairāku zinātnisko publikāciju, kuru rezultāti publicēti starptautiski recenzētos izdevumos un konferenču rakstu krājumos, kas indeksēti *Scopus* datubāzēs, autore un līdzautore. Kopš 2021. gada darbojas *INTED (International Technology, Education and Development)* konferenču konsultatīvajā padomē. Kopš 2011. gada ir Rīgas Tehniskās universitātes (RTU) lektore, vairāk nekā 10 gadus vadījusi RTU Sagatavošanas kursu nodaļu. Patlaban ir RTU lektore un Valsts izglītības attīstības aģentūras vecākā eksperte – valsts metodiķe vispārējā izglītībā.

Zinātniskās intereses saistītas ar virtuālo laboratoriju, e-rīku un digitālo mācību tehnoloģiju izstrādi un ieviešanu fizikas mācību procesā.