

BŪTISKI FAKTORI EFEKTĪVĀKAI MATEMĀTIKAS APGUVEI

Important Factors for More Effective Learning of Mathematics

Aija Cunska

Vidzemes Augstskola, Latvija

Abstract. Mathematics is an important and complex subject, and research in the field of neuroscience shows that 50% of people have a fear of mathematics. However, it is a subject that students will need for the rest of their lives. Educators recognize that every student needs an individual approach, but the teaching methods are still the same for the whole class. The poor results in mathematics also suggest that students' perceptions and interests have changed, and that old teaching methods are no longer as effective as before and that new solutions need to be invented. The aim of the research is to identify important factors that are necessary for more effective learning of mathematics in general education schools. Qualitative research methods were used for the research strategy - in-depth interviews, focus group discussions, surveys of pupils and students, information analysis in the media, pedagogical and business experience, as well as world success stories. As a result of the research, the following have been identified: 1) problems that were identified using the distance learning during the Covid19 pandemic; 2) students' wishes that arouse interest in mathematics; 3) the interests of students, which indicate the need for interdisciplinary approaches; 4) advantages of artificial intelligence (AI) in education. The study points to the necessity for collaboration between educators, industry professionals, entrepreneurs and researchers, and for AI solutions to create deeper, faster and more personalized learning of mathematics in general education schools in the future, increasing the growth of every student.

Keywords: Artificial Intelligence, Distance Learning, Interdisciplinary Approaches, Mathematics.

Ievads

Introduction

Mēs dzīvojam īpašā vēstures posmā, kad Covid19 pandēmija pieprasa straujas izmaiņas daudzos mūsu dzīves aspektos, un īpaši aktuāli tas attiecas uz izglītības nozari. 2020.gada martā skolas tika slēgtas gandrīz vienas nakts laikā, un skolēni mācības sāka jaunā “skolā” – paši savās mājās. Šo laiku uzņēmuma “Global Silicon Valley” izpilddirektors Michael Moe (Moe & Rajendran, 2020) nosauca par “Digitālā laikmeta rītausmu”. Tas, ko mēs uzskatījām par nākotni, ir paātrināts līdz mūsdienām, un ir skaidri redzams, ka tehnoloģiju attīstība ir bijusi

tik strauja, ka izglītības sistēma vairs netiek līdzī mūsdienu industrijas prasībām (Binde, 2020; Moe & Rajendran, 2020).

Katra jaunākā paaudze tehnoloģiju jomā ir arvien zinošāka un progresīvāka par iepriekšējām, ar atšķirīgu skatu uz dzīvi. Tomēr grūti gūt jaunu pieredzi bez pamata zināšanām. Daudzu profesiju pamatā ir tieši matemātikas zināšanas. Matemātika ir viens no visnozīmīgākajiem mācību priekšmetiem. Ja skolēni labi zina matemātiku, tad nākotnē viņiem ir sasniedzamākas daudzas nozares, piemēram, finanses, ekonomika, inženierzinātnes, informācijas tehnoloģijas. Savukārt, ja mēs paskatāmies uz Latvijas skolu matemātikas rezultātiem, tad jaunākajos starptautiskajos skolēnu novērtēšanas programmas PISA (Programme for International Student Assessment) 2018 pētījumos par piecpadsmitgadnieku matemātikas zināšanām Latvija ierindojas vien 29. vietā (IZM & LU, 2019), tāpat skolēnu vidējie rezultāti matemātikas eksāmenā pēdējo desmit gadu laikā ir ļoti zemi, kas īpaši satrauc inženierzinātņu un IT nozares uzņēmumus (Arāja, 2020).

2011.gada Eurydice pētījumā ir norādīts, ka matemātiskā kompetence ir atzīta par vienu no svarīgākajām kompetencēm, kas nepieciešama, lai cilvēki spētu gūt personīgo papildījumu, aktīvi iesaistītos sabiedriskajā dzīvē un veiksmīgi veidotu savu profesionālo karjeru zināšanu sabiedrībā. Termins “matemātiskā kompetence” ietver ne tikai rēķinpratības pamatus, bet arī zināšanas, prasmes un attieksmi. Uzlabot attieksmi un gūt labākus mācību rezultātus matemātikā var, izmantojot mūsdienīgākas mācību metodes, pielāgojoties skolēnu vajadzībām, pielietojot tehnoloģijas, radot efektīvas mācīšanas stratēģijas, pētot mācību metožu un vērtēšanas instrumentus, iesaistot vecākus un uzņēmējus, pielāgojot skolas vidi. Kad skolēni ir motivēti apgūt matemātiku, viņi matemātikas uzdevumiem velta vairāk laika un risina tos neatlaidīgāk, kā arī labprāt apgūst matemātikas papildu kursus un izvēlas ar matemātiku saistītu nākotnes profesiju. Mācīšanas metodēm un uzdevumiem ir jābūt aizraujošiem, daudzveidīgiem un saistītiem ar skolēnu ikdienas dzīvi (Eurydice, 2011).

Matemātikas mācību rezultāti Latvijas skolās liek secināt, ka ir mainījusies skolēnu uztvere un interese, kā arī senās mācību metodes vairs nav tik iedarbīgas kā agrāk un ir jāmeklē jauni risinājumi. 2018.gada pētījumā “It`s Learning. Just not as we know it” uzņēmums *Accenture* norāda, ka ir pienācis laiks izmantot jaunākās mācību metodes un pieejas, kā arī palīdzēt politikas veidotājiem un izglītības iestāžu vadītājiem īstenot novatoriskas stratēģijas, kas mainīs veidu, kā mēs mācām un mācāmies (Accenture, 2018).

Pētījuma mērķis ir identificēt būtiskus faktoros, kas nepieciešami efektīvākai matemātikas apguvei vispārīzglītojošās skolās.

Teorētiskais apskats *Theoretical Review*

Mūsu smadzenes ir pielāgojamas, un, kad skolēni mācās vai maina pieeju mācībām, var tikt radīti neticami uz attīstību vērsti rezultāti. Pēdējos gados ir attīstījusies jauna zinātne neiroplastiskums, kas īpaši pēta smadzeņu darbības uzlabojumus un uzsver, ka smadzeņu darbību var un vajag uzlabot jebkurā vecumā (Boaler, 2019). Balstoties uz pētījumiem (Accenture, 2018; Boaler, 2019; Duval, 2019), var izdalīt septiņus pamatprincipus, kas būtiski uzlabo un paātrina matemātikas apguvi: (1) Lai notiktu izaugsme, mācību procesam ir jābūt regulāram un nepārtrauktam; (2) Kļūdīšanās un kļūdu labošana uzlabo matemātikas prasmju noturību ilgtermiņā; (3) Izaugsmes veicināšanai īpaši svarīga ir pozitīva komunikācija no vecāku un skolotāju puses, kas raisa ticību skolēna spēkiem; (4) Pielietojot starpdisciplināru pieeju, tiek aktivizēti neironu ceļi un mācīšanās kopumā; (5) Svarīgi ir atvērtie un radošie matemātikas problēmuzdevumi, kuri veicina dziļāku mācīšanos un notur uzmanību; (6) Jēgpilna sadarbība un ideju apmaiņa paātrina neironu plūsmu un uzlabo mācīšanos. Tāpēc matemātikas stundās ir tik svarīgi grupu un projektu darbi; (7) Ir spēcīga korelācija starp atmiņu un laiku, un atkārtojot mācību vielu, skolēni daudz ātrāk spēj apgūt matemātiku.

Neirozinātņu pētnieki (Boaler, 2019; Duval, 2019) norāda, ka zināšanas, kas mums pašlaik ir par smadzeņu darbību, ir tik nozīmīgas, ka tām būtu jāmaina veids, kā mēs mācām skolēnus un vadām skolas. Pētījumi (Wilson & Conyers, 2013; Bidshahri, 2017) uzsver, ka, sadarbībā ar mākslīgā intelekta (MI) iespējām, nākotnē varēs izmantot individuālos smadzeņu aktivitātes datus, lai izprastu katra skolēna stiprās un vājās puses un matemātikas mācības kļūtu daudz ātrākas, dziļākas un personalizētākas.

Mūsu smadzenēm ir milzīgas spējas augt un mainīties jebkurā dzīves posmā. To uzskatāmi pierāda Londonas taksometru vadītāju pētījums (Maguire et al., 2000), kurš parādīja, ka apjomīgu un sarežģīti telpisku apmācību ietekmē cilvēkiem ievērojami palielinājās smadzeņu hipokampa apjoms, kurš ir svarīgs visiem telpiskās un matemātiskās uztveres veidiem. Tāpat neirozinātņu pētnieki (Coyle, 2009; Duval, 2019) apstiprina, ka vislabākais laiks smadzeņu izaugsmei ir tad, kad cilvēki strādā pie izaicinājumiem, pieļauj kļūdas, labo tās un virzās tālāk. Bet skolotāji parasti dara visu iespējamo, lai atvieglotu skolēnu darbu, sadalot problēmas mazākos uzdevumos, vai pasakot atbildes priekšā, vai atvieglot mācību saturu. Kā vēl vienu svarīgu neirozinātņu pierādījumu pētnieki (Menon, 2015; Boaler, 2016) norāda, ka, strādājot pie matemātikas problēmām, smadzenēs iedarbojas pieci impulsi, no kuriem divi saistīti ar vizuālu uztveri. Tas liek secināt, ka smadzeņu savienojumi būs daudz produktīvāki, ja matemātikas

uzdevumi tiks veidoti kā uzskatāmas skaitlisku izteiksmju un attēlu starpdisciplināras kombinācijas.

Izglītības jomā vārds “starpdisciplinārs” sastopams jau gadiem ilgi. Vairākos pētījumos (AldertKampAdvies, 2017; Kim, 2020) ir norādīts, ka starpdisciplinārā mācīšanās ir novatoriska, pievilcīga un aizraujoša, kā arī virza 21. gadsimta izglītības jomas reformas. Starpdisciplinārā mācīšanās ir mācīšanās un domāšanas veids, kas balstās uz vairākām disciplinām, lai iegūtu jaunas zināšanas un prasmes.

Atbilstoši pētījumiem (Vlassenko & Bozhok, 2014; Sadeghi, 2019) tālmācība ir tāda veida izglītība, kurā skolēni ne vienmēr var fiziski atrasties skolā. Lielākā daļa tālmācības mūsdienās notiek, izmantojot internetu, un lielākajai daļai skolēnu tā ir pieejama no mājām. Tālmācība nav nākotnes iespēja, kurai būtu īpaši jāgatavojas, bet tā ir šodienas realitāte, kura rada arvien jaunas iespējas un izaicinājumus izglītības iestādēm. Arī tālmācībā skolotāju nodoma centrā ir skolēnu vajadzības un viņu specifiskās iezīmes (Kiryakova, 2009). Tālmācības ir efektīvas, ja tās rūpīgi plāno, ņemot vērā katra skolēna vajadzības un spējas, un tiek izvēlētas atbilstošas tehnoloģijas mācību kursu īstenošanai. Pēdējo gadu pētījumos (Sadeghi, 2019; Terada, 2020; ViewSonic, 2020) ir piedāvāti daudzi ieteikumi tālmācības efektivitātes palielināšanai, piemēram, (1) mācību kvalitāte kā svarīgākais faktors, jo tas ietekmē skolēnu apmierinātību, (2) saziņa ar skolēniem personīgā kontakta uzturēšanai, kas attīsta savstarpējo uzticību, (3) piemērotu mācību un vērtēšanas resursu izmantošana, (4) atbalsta sniegšana skolēniem laika un termiņu plānošanā, (5) uzturēt kārtību digitālajā mācību telpā, (6) sadalīt nodarbības mazākās un saprotamākās daļās, (7) žestu vietā izmantot efektīvas norādes ar bultiņām, zīmēm vai simboliem, lai radītu pozitīvas emocijas, (8) ik pa laikam veikt mazus, bet efektīvus pārbaudes darbus ar vienkāršu testu palīdzību, (9) rūpes par skolotāju emocionālo un psiholoģisko komfortu.

Pētījumā (Guo & Han, 2020) ir norādīts, ka MI ir starpnozaru disciplīna, kas sevī apvieno vairākas nozares, kā piemēram, neirozinātnes, psiholoģiju, matemātiku, informācijas zinātne un datorzinātnes. Pašlaik MI, ko reprezentē dziļā mācīšanās, kas balstīta uz lieliem datiem, strauji attīstās un tiek plaši izmantots daudzās jomās. Tiek uzskatīts (Southgate et al., 2019), ka MI algoritmi pastāv jau kopš 20. gadsimta 70. gadu beigām, taču to plašāka izmantošana ar pasaulē pieejamo skaitļošanas jaudu un modernajām MI mikroshēmām sākās vien pirms 5 - 7 gadiem. MI ir termins, kuru lieto, lai aprakstītu datorsistēmu un datorprogrammu kopumu, kas uzdevumu veikšanai izmanto cilvēkiem līdzīgas domāšanas iezīmes. MI sistēmas spēj analizēt attēlus un video, klausīties skaņas, saprast un sintezēt valodu, prognozēt valūtas kursu svārstības un veikt daudz citu uzdevumu, ko līdz šim spēja tikai cilvēks. Ja ražošanā rodas arvien vairāk jaunu MI risinājumu, tad skolu izglītībā MI joprojām ir agrīnā attīstības stadijā.

2019.gada uzņēmuma Accenture pētījumā norādīts, ka tehnoloģiju attīstība ir tik strauja, ka, lai izveidotu jaunus uz MI balstītus produktus, arī turpmāk ir nepieciešami padziļināti pētījumi tādās jomās kā skolotāju apmācība un izaugsmes vērtēšana (Accenture, 2019). Atbilstoši pētījumiem (John, 2018; Karsenti, 2019; Unesco, 2019; Kuprenko, 2020) MI var nest ļoti lielu pienesumu izglītībai, kur galvenās priekšrocības ir apkopotas pētījuma rezultātu sadaļā.

Pasaulē jau ir ļoti daudz veiksmīgu stāstu, kur uz MI balstīti produkti tiek veiksmīgi izmantoti matemātikas apguvē. Piemēram, pētnieki (Perera & Aboal, 2019) apraksta piemēru, kur Urugvajā ir izstrādāts tiešsaistes mācību risinājums ar nosaukumu “Matemātikas adaptīvā platforma” (PAM), kuras saturs ir pielāgots valsts matemātikas mācību programmai. PAM nodrošina personalizētu atgriezenisko saiti atbilstoši katra skolēna prasmju līmenim, pamatojoties uz skolēnu pieredzes analīzi. Tas sniedz skolēniem palīdzību, izmantojot vairāk nekā 25 tūkstošus diferencētu uzdevumu un 2800 atgriezenisko saišu, lai izskaidrotu katra uzdevuma risinājumu.

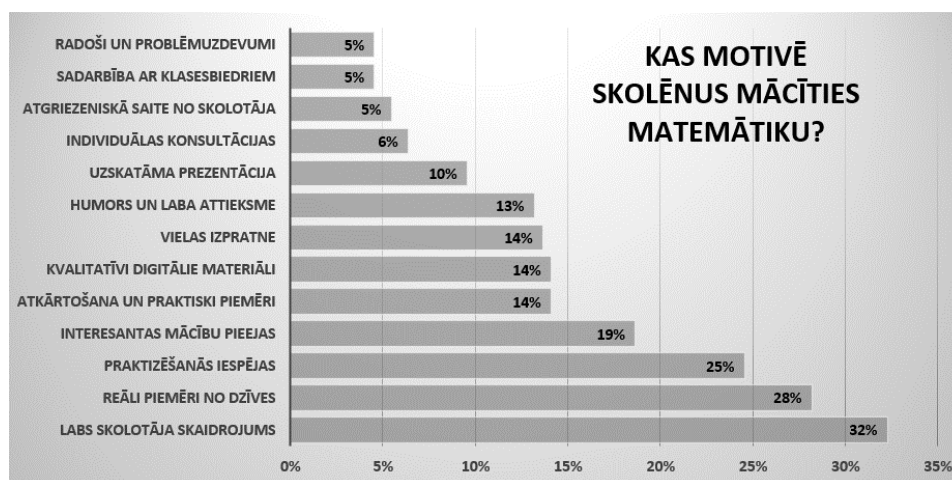
Metodoloģija *Methodology*

Pētījums ir aktuālās informācijas un ilggadīgās pieredzes apkopojums ar starpdisciplināru pieeju, un metodoloģija ietver: (1) Aptauju 3 gadu periodā (2018., 2019. un 2020.) Vidzemes Augstskolas pirmā kursa 253 studentiem, kuri pārstāv visu Latviju; (2) Aptaujas rezultātu apkopošanu, analīzi, salīdzināšanu un motivāciju veicinošo faktoru, mācoties matemātiku, noteikšanu; (3) Skolēnu attieksmes pētīšanas metodes un studenta ikdienas interešu profila izveidi, kas parāda starpdisciplināru pieeju nepieciešamību; (4) Kvalitatīvās pētījumu metodes (novērojumi, fokusgrupu diskusijas, pārrunas, sociālo mediju profili), lai noskaidrotu skolēnu, skolotāju, studentu, vecāku un nozares profesionāļu viedokļus un pieredzi attālināto mācību laikā; (5) Sekundāros datus (esošos zinātniskos pētījumus un veiksmes stāstus no visas pasaules), lai noteiktu MI priekšrocības kvalitatīvai matemātikas apguvei atbilstoši identificētajām problēmām attālināto mācību laikā.

Pētījuma rezultāti *Study Results*

Pētījuma ietvaros tika aptaujāti 253 pirmā kursa studenti, lai noskaidrotu, kas viņus motivē un iedvesmo mācīties matemātiku tā, lai tā radītu prieku un lielāku izpratni par mācību priekšmetu. Atbildes studenti varēja sniegt brīvā formā, atceroties savus skolas gadus un matemātikas mācīšanos dažādās klasēs pie

dažādiem skolotājiem. Kopsavilkumā tika iegūtas 220 konkrētas atbildes ar svarīgām pieejām, kuras varēja indeksēt 23 konkrētās vēlmēs, kas motivē skolēnus sekmīgāk iemācīties matemātiku.



1.attēls. Aptaujas rezultāti “Kas motivē skolēnus mācīties matemātiku?”
Figure 1 Survey Results “What motivates students to learn mathematics?”

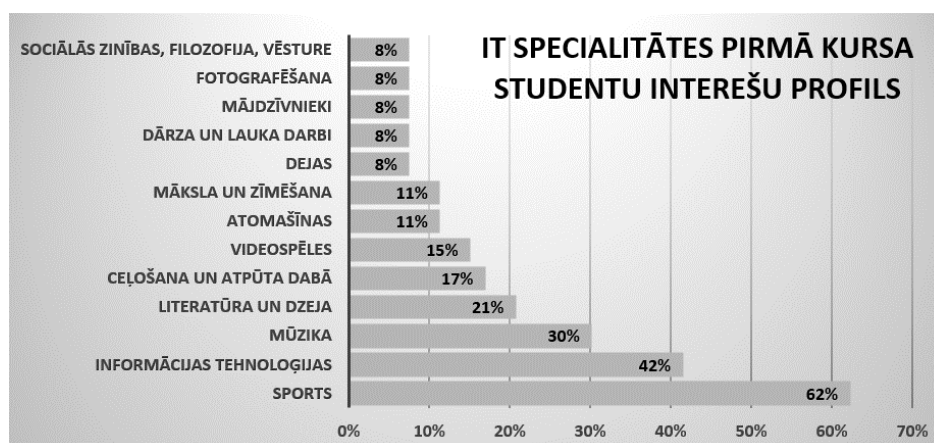
Kā redzams 1.attēlā, uz jautājumu “Kas iedvesmo skolēnus mācīties matemātiku labāk?” vislielāko popularitāti jeb 32% ir guvusi atbilde “Labs skolotāja skaidrojums”. Savukārt 28% atbildes norāda uz vēlmi matemātikas stundās redzēt reālus piemērus no dzīves. 25% atbildēs ir norādīts, ka skolēniem ir svarīgi praktizēties, lai saprastu matemātiku arvien labāk. Daudzās skolēnu atbildēs ir norādīts, ka motivējoši faktori ir: interesantas mācību pieejas (19%), nepārtraukta atkārtošana un praktiski piemēri (14%), kvalitatīvi digitālie materiāli (14%), mācību vielas izpratne (14%), humors un laba attieksme (13%), uzskatāmas prezentācijas (10%), individuālas konsultācijas (6%), ātra atgriezeniskā saite no skolotāja puses (5%), sadarbība ar klases biedriem (5%), radoši un problēmu uzdevumi (5%). Kā būtiski iedvesmas raisoši faktori tika minēti arī: labs vērtējums, domāšanas attīstīšana, azarts un sacensība ar citiem, tehnoloģiju pielietojums, sarežģītāki uzdevumi, viena uzdevuma vairāki risināšanas paņēmieni.

Aptaujas rezultāti liek secināt, ka ir jāmeklē efektīvas mācību stratēģijas un tehnoloģiju atbalsta iespējas matemātikas apguvei, kas veicina skolēnu motivāciju un uzlabo attieksmi ilgtermiņā. Tas savukārt nākotnē sekmēs atbilstošas un kvalitatīvas atbalsta sistēmas izstrādi matemātikas skolotājiem, lai stimulētu novatorisku mācību pieeju rašanos, kas atbilst mūsdienu industrijas prasībām.

Studenti tika aptaujāti arī, lai noskaidrotu, kas ir viņu pamatintereses, kas aizņem lielu daļu no viņu dzīves un dara viņu ikdienu priecīgāku un radošāku. Kopsavilkumā tika iegūts ikdienas studenta profils (2.attēls), kurš precīzi parāda nepieciešamību pēc starpdisciplinārām pieejām, lai matemātiku varētu mācīties ar

interesi un prieku, kā radošu un daudzdimensionālu mācību priekšmetu. Kā redzams 2.attēlā, 62% studentu ir interese par sportu, 42% studentu interesējas par Informācijas tehnoloģijām, 30% studentu interesē mūzika, 21% studentu aizraujas ar literatūru un dzeju, 17% studentu interesē ceļošana un atpūta dabā, 15% studentu aizraujas ar videospēlēm, 11% studentu interesē automašīnas. Vēl studentiem ir intereses par mākslu un zīmēšanu (11%), dejām (8%), dārza un lauku darbiem (8%), suņiem un kaķiem (8%), fotografēšanu (8%), sociālām zinībām un vēsturi (8%), rokdarbiem (6%), loģiskām mīklām (4%), filmām (4%), kulināriju (2%), valodām (2%), teātri (2%), sevis pilnveidi (2%).

Aptauja norāda uz to, ka skolēni ir dažādi un ar dažādām interesēm. Un skolēnu lielā interese par sportu ir tikai atbalstāma, un bieži vien skolēni nevar sagaidīt matemātikas stundas beigas, jo domās jau atrodas sporta treniņos. Kustībā rodas emocionālā labsajūta un uzlabojas uztveres spējas. Īpaši pirmsskolas un sākumskolas pedagogi ir daudz domājuši, kā veidot starpdisciplināru pieeju starp sporta un matemātikas stundām. Bet visinovatīvāko pieeju ir radījusi Kanādas tehnoloģiju kompānija LŪ (<https://play-lu.com/>). Tā ir izstrādājusi interaktīvu laukums, kas izmanto gaismas, skaņas un video efektus, lai jebkuru sporta zāli pārveidotu par saistošu un visaptverošu mācību vidi. LŪ ir gudra telpa, kas reāllaikā izprot tajā esošo cilvēku uzvedību un mijiedarbību. Izmantojot informāciju, kas nāk no griestiem piestiprinātām 3D kamerām, skolēni var sportojot mācīties matemātiku no uzdevumiem, kas projicējas uz sienas.



2.attēls. *IT specialitātes pirmā kursa studentu interešu profils*
 Figure 2 *IT Specialty Freshman Students Interest Profile*

Attālināto mācību laikā 2020.gadā Latvijas vispārizglītojošās skolās, balstoties uz informāciju intervijās un medijos (Akmene, 2020; Rātfelders, 2020; Rozenberga, 2020), uz diskusijām fokusgrupās un uz IZM aptauju (IZM, 2020), publikācijas autore identificēja 18 pamatproblēmas, kuras vistiešākā mērā attiecas

uz matemātikas apguvi un pieprasa mācību stratēģiju un pieeju maiņu, kā arī tehnoloģiju – īpaši MI atbalstu: (1) Datortehnikas un datu pārraides trūkums; (2) Digitālo prasmju trūkums; (3) Nesamērīgi lielā vecāku iesaiste mācību procesa nodrošināšanā; (4) Atšķirīgā ietekme uz pilsētu un lauku skolām, uz talantīgajiem un mazāk spējīgiem skolēniem; (5) Vienotas metodikas trūkums tehnoloģiju lietojumam matemātikas mācību procesā; (6) Vienotas platformas trūkums saziņai un dažādu uzdevumu risināšanai; (7) Cenšoties nodrošināt kvalitāti, palika neapgūta matemātikas mācību viela; (8) Neprasme plānot laiku, uztraukums un stress; (9) Motivācijas, uzmundrinājuma un atbalsta trūkums; (10) Skolēniem pacietības trūkums patstāvīgi izlasīt un izprast matemātikas uzdevumus; (11) Skolotāju aizdomas par skolēnu godīgumu uz patstāvīgu matemātikas uzdevumu risināšanu; (12) Skolotāju skaidrojuma trūkums īpaši sarežģītākiem matemātikas uzdevumiem; (13) Socializēšanās trūkums; (14) Pārāk ilgais laiks atgriezeniskās saites sniegšanai; (15) Pedagogu pārslodze, gatavojoties digitālajām tiešsaistes stundām, meklējot radošākus uzdevumus, veidojot vairākus uzdevumu variantus un labojot skolēnu darbus; (16) Trūkums pēc starpdisciplinārām pieejām un aktivitātēm dabā; (17) Mazkustīgs dzīvesveids un sporta aktivitāšu trūkums; (18) Sadarbības trūkums starp izglītības jomu un IT nozares speciālistiem, lai radītu inovatīvus risinājumus un mazinātu digitālo tehnoloģiju radīto spriedzi.

No aprakstītām problēmām redzams, ka 21.gadsimta tehnoloģiju izaicinājumi un izrāviens izglītības jomā nav notikuši. MI, virtuālā realitāte, adaptīvie pasniedzēji, mācību analītika, MOOC (Massive Open Online Course) un citas inovācijas ir spēlējušas niecīgas lomas virzībā uz tiešsaistes mācīšanos Covid19 pandēmijas laikā. Tā vietā uzvaras gājienā devās citas divas 20.gadsimtā izstrādātas tehnoloģijas: (1) mācību vadības sistēmas (pirmsākumi 60-tajos gados), kā piemēram Moodle un (2) videokonferences (pirmsākumi 30-tajos gados), kā piemēram ZOOM. Skolotāji ir vienkārši pārvietojušies no klasēm uz savām mājām un turpina mācības ar iepriekšējām metodēm bez MI atbalsta iespējām, kamēr skolēni arī attālināto mācību laikā sagaida jēgpilnu mācību procesu, kas pietuvināts klātienē apmācībām skolās. Tas precīzi parāda izglītības sistēmas spēcīgo konservatīvismu (Moe & Rajendran, 2020).

Atbilstoši pētījumiem (John, 2018; Karsenti, 2019; Unesco, 2019; Kuprenko, 2020) un veiksmes stāstiem autore ir apkopojusi galvenās priekšrocības, ko MI var sniegt matemātikas apgūvē. MI atbalsts var: (1) uzlabot skolēnu mācību rezultātus un izglītības kvalitāti; (2) veicināt individuālu pieeju katram, kā arī nodrošināt vienlīdzīgu un iekļaujošu pieeju visiem; (3) personalizēt mācīšanos, izmantojot algoritmus, kas palīdz skolēniem pārvietoties pa dažādiem mācību satura ceļiem; (4) radīt labāku profesionālo vidi skolotājiem, lai viņi vairāk strādātu pie skolēniem ar grūtībām; (5) pārņemt skolotāja ikdienas pienākumus, atbrīvojot skolotāju laiku un ļaujot viņiem koncentrēties uz skolēnu

vadīšanu; (6) skolotājiem strādāt kopā ar virtuāliem asistentiem, lai uzlabotu skolēnu mācību rezultātus; (7) palīdzēt noteikt katra skolēna individuālos mācību plānus un trajektorijas balstoties uz viņu stiprām un vājām pusēm; (8) veidot vērtēšanas instrumentus, tādējādi atbrīvojot skolotāja laiku, kas tiek pavadīts pārbaudes un mājas darbu vērtēšanā; (9) novērtēt ne tikai testa atbilžu variantus, bet arī rēķināšanas uzdevumus un pat mutiskus stāstījumus; (10) uzlabot reakcijas ātrumu, nepārtraukti trenējoties un atkārtojot mācību vielu; (11) nodrošināt skolēniem patstāvīgu, neatkarīgu un attālinātu mācību procesu; (12) viegli koriģēt mācību saturu; (13) saliedēt klases kolektīvu, veicot aizraujošas izglītojošas spēles; (14) veicināt grupu darbu un uzturēt diskusiju grupas; (15) pielāgoties ne tikai katra skolēna, bet arī katras klases atbilstošam ritmam un zināšanu līmenim; (16) piedāvāt ļoti lielu skaitu aktivitāšu vienlaicīgi; (17) pieņemt nozīmīgus uz lieliem datiem balstītus lēmumus izglītības kvalitātes nodrošināšanai; (18) nodrošināt tūlītēju atgriezenisko saiti skolēniem, skolotājiem un vecākiem par skolēnu progresu un mācību mērķu sasniegšanu; (19) sekmēt mūžizglītības procesus neatkarīgi no vietas, laika un zināšanu līmeņa.

Secinājumi **Conclusions**

Pētījums norāda uz pedagogu, nozares speciālistu, uzņēmēju un pētnieku sadarbības, un MI risinājumu nepieciešamību, lai nākotnē veidotu efektīvākas matemātikas mācības vispārizglītojošās skolās, paaugstinot katra skolēna izaugsmi. Kad skolēni ir motivēti apgūt matemātiku, viņi matemātikas uzdevumiem velta vairāk laika un risina tos neatlaidīgāk, kā arī izvēlas ar matemātiku saistītu nākotnes profesiju.

Pētījumā tika identificēti būtiski faktori, kas nepieciešami kvalitatīvākai matemātikas apguvei: (1) atbilstoši skolēnu vēlmēm ir jāmeklē efektīvākas mācību stratēģijas matemātikas apguvei, kas veicina skolēnu motivāciju un uzlabo attieksmi ilgtermiņā; (2) ir jāveido atbalsta sistēma skolotājiem, lai stimulētu novatorisku pieeju rašanos; (3) atbilstoši skolēnu interesēm ir jāveido starpdisciplināras pieejas, lai matemātiku varētu mācīties ar prieku kā radošu un daudzdimensionālu mācību priekšmetu; (4) ir jāmeklē jauni risinājumi, jo ir mainījusies skolēnu uztvere un interese, kā arī senās mācību metodes vairs nav tik iedarbīgas kā agrāk; (5) ir nepieciešams MI atbalsts, jo skolēni arī attālināto mācību laikā sagaida jēgpilnu mācību procesu, kas pietuvināts klātienē apmācībām skolās; (6) lai izveidotu jaunus uz MI balstītus produktus, arī turpmāk ir nepieciešami padziļināti pētījumi tādās jomās kā skolotāju apmācība un izaugsmes novērtēšana; (7) tieši pedagogiem ir jāattīsta savas digitālās prasmes un pamatzināšanas par MI, lai paātrinātu MI jēgpilnu ieviešanu matemātikas

apguvē; (8) matemātikas apmācībai vispārizglītojošās skolās ir jāiet ciešā kopsolī ar tehnoloģiju sasniegumiem un neirozinātņu pētījumiem; (9) attālinātās mācības ir jāplāno daudz rūpīgāk, ņemot vērā katra skolēna vajadzības un spējas

Summary

The poor results in mathematics suggest that students' perceptions and interests have changed, and that old teaching methods are no longer as effective as before and that new solutions need to be invented. This article provides essential indications that more effective learning strategies and artificial intelligence support should be created in order to promote student motivation and improve attitudes in the long term. This will in turn contribute to the development of an appropriate and high-quality support system for math teachers in the future to stimulate the emergence of innovative learning approaches that meet the demands of the modern industry. Evaluating research by the authors of the various fields (Boaler, 2019; Duval, 2019; Sadeghi, 2019; Kim, 2020; Terada, 2020), led to significant factors pointing to the need to change the way we teach pupils and run schools. A number of studies (Bidshahri, 2017; John, 2018; Carsenti, 2019; Unesco, 2019; Kuprenko, 2020) identified the benefits of AI in education in order to provide students also during distance learning with a meaningful learning process similar to on-site training in schools. The survey of students on motivating factors and everyday interests of learning, as well as the findings of this work, indicate the need for (1) cooperation between teachers, industry specialists, entrepreneurs and researchers and (2) support of MI solutions to further develop deeper, faster and more personalised math teaching in schools, in the future increasing the growth of each pupil.

Acknowledgments

Pētījums tiek veikts pēcdoktorantūras projekta “Mākslīgā Intelekta (AI) atbalsts paātrinātai matemātikas apguves pieejai (AI4Math) (1.1.1.2/VIAA /3/19/564)” ietvaros Vidzemes Augstskolā ar ERAF atbalstu.

Literatūras saraksts References

- Accenture. (2018). *IT'S LEARNING. JUST NOT AS WE KNOW IT. How to accelerate skills acquisition in the age of intelligent technologies*. Retrieved from URL https://www.accenture.com/_acnmedia/thought-leadership-assets/pdf/accenture-education-and-technology-skills-research.pdf
- Akmene, Z. (2020). *Ja es būtu 'skolēns 2' jeb attālināto mācību plāns nemotivētiem skolēniem*. Delfi. Retrieved from <https://www.delfi.lv/news/versijas/zane-akmene-ja-es-butu-skolens-2-jeb-attalinato-macibu-plans-nemotivetiems-koleniem.d?id=52056193>
- AldertKampAdvies. (2017). *Interdisciplinary education: a wave of the future?* Retrieved from <https://www.aldertkamp.nl/post/interdisciplinary-education-a-wave-of-the-future>
- Arāja, M. (2020). *Matemātikas popularizēšanai izveido digitālo izlaušanās spēli*. LA.LV. Retrieved from <https://www.la.lv/matematikas-popularizesanai-izveido-digitalo-izlausanas-speli>

- Bidshahri, R. (2017). *Neuroeducation Will Lead to Big Breakthroughs in Learning*. <https://singularityhub.com/2017/10/24/neuroeducation-will-lead-to-big-breakthroughs-in-learning/>
- Binde, J. (2020). *No industrijas 4.0 uz izglītību 4.0*. Delfi. Retrieved from <https://www.delfi.lv/news/versijas/juris-binde-no-industrijas-40-uz-izglitibu-40.d?id=52606769>
- Boaler, J. (2016). *Mathematical Mindsets: Unleashing Students' Potential through Creative Math, Inspiring Messages and Innovative Teaching*. Jossey-Bass/Wiley: Chappaqua, NY.
- Boaler, J. (2019). *Limitless mind. Learn, lead and live without barriers*. CPI Group (UK) Ltd, Croydon. 248 pp.
- Coyle, D. (2009). *The Talent Code: Greatness Isn't Born, It's Grown, Here's How*. New York: Bantam Books.
- Duval, A. (2019). Everyone Can Learn Mathematics to High Levels: The Evidence from Neuroscience that Should Change our Teaching. *AMS Blogs. On Teaching and Learning Mathematics*. Posted on February 1, 2019.
- Eurydice. (2011). *Mathematic in Europe: Common Challenges and National Policies*. Education, Audiovisual and Culture Executive Agency.
- Guo, T., Han, C. (2020). Artificial intelligence mechanism and mathematics implementation methods. *Scientia Sinica Mathematica. Volume 50, Issue 11, November 2020, pp 1541-1578*.
- IZM. (2020). *Mācību gada noslēguma aptaujas IZM un Edurio aptauju rezultāti*. Retrieved from <https://home.edurio.com/izm-gada-nosleguma-aptaujas>
- IZM, & LU. (2019). *Latvija OECD Starptautiskajā skolēnu novērtēšanas programmā PISA 2018 – pirmie rezultāti un secinājumi*. Retrieved from https://www.izm.gov.lv/images/aktualitates/2019/OECD_PISA_2018.pdf
- John, S. (2018). *Major Benefits of Artificial Intelligence in Education*. Retrieved from <https://wittysparks.com/major-benefits-of-artificial-intelligence-in-education/>
- Karsenti, T. (2019). Artificial intelligence in education: The urgent need to prepare teachers for tomorrow's schools. *Formation et profession 27(1), pp.104-111*.
- Kim, E. (2020). The Case for Interdisciplinary Education: A Student's Perspective. *Njcssjournal. Social studies*. Retrieved from <https://teachingsocialstudies.org/2020/08/15/the-case-for-interdisciplinary-education-a-students-perspective/>
- Kiryakova, G. (2009). Review of distance education. *Trakia University, Trakia Journal of Sciences, Vol. 7, No. 3, pp. 29-34, 2009*.
- Kuprenko, V. (2020). *Artificial Intelligence in Education: Benefits, Challenges, and Use Cases. All You Need to Know About AI in Education*. Retrieved from <https://medium.com/towards-artificial-intelligence/artificial-intelligence-in-education-benefits-challenges-and-use-cases-db52d8921f7a>
- Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S., & Frith, C. D. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 97(8), 4398-4403*.
- Menon, V. (2015). Saliency Network. In: Arthur W. Toga, editor. *Brain Mapping: An Encyclopedic Reference, vol. 2, pp. 597-611*. Academic Press: Elsevier.
- Moe, M., Rajendran, V. (2020). *Dawn of the Age of Digital Learning. An Acceleration of Trends That Have Been Building for Years*. Published online: 6 May 2020. Retrieved from <https://medium.com/gsv-ventures/dawn-of-the-age-of-digital-learning-4c4e38784226>

- Perera, M., Aboal, D. (2019). *The Impact of a Mathematics Computer-Assisted Learning Platform on Students' Mathematics Test Scores*. Maastricht Economic and social Research institute on Innovation and Technology (UNU-MERIT).
- Rātfelders, T. (2020). *Šuplinska: Izbrīna, ka daudziem studentiem un skolotājiem ir ļoti novecojusi datortehnika*. Retrieved from <https://www.tvnet.lv/6939491/suplinska-izbrina-ka-daudziem-studentiem-un-skolotajiem-ir-loti-novecojusi-datortehnika>
- Rozenberga, M. (2020). *Vai "plagiātu vīruss"? Attālinātajās mācībās skolas novēro mēģinājumus šmaukties ar uzdevumiem*. LSM, Published online: 8 May 2020. Retrieved from <https://www.lsm.lv/raksts/zinas/latvija/vai-plagiatu-virus-attalinatajas-macibas-skolas-novero-meginajumus-smaukties-ar-uzdevumiem.a359003/>
- Sadeghi, M. (2019). A Shift from Classroom to Distance Learning: Advantages and Limitations. *International Journal of Research in English Education (IJREE)*, Published online: 20 March 2019.
- Southgate, E., Blackmore, K., Pieschl, S., Grimes, S., McGuire, J., Smithers, K. (2019). *Artificial Intelligence and Emerging Technologies in Schools*. Research Report, Commissioned by the Australian Government Department of Education.
- Terada, Y. (2020). 7 High-Impact, Evidence-Based Tips for Online Teaching. *Edutopia*, Published online: 9 October 2020, Retrieved from URL <https://www.edutopia.org/article/7-high-impact-evidence-based-tips-online-teaching>
- UNESCO Education Sector. (2019). Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development. Education 2030. *Working Papers on Education Policy*.
- ViewSonic. (2020). What Is Distance Learning? And Why Is It So Important? *ViewSonic Library*, Published online: 10 Marh 2020. Retrieved from <https://www.viewsonic.com/library/education/what-is-distance-learning-and-why-is-it-so-important/>
- Vlassenko, L., Bozhok, N. (2014). *Advantages and disadvantages of distance learning*. National University of Food Technologies, Ukraine, 2014.
- Wilson, D. & Conyers, M. (2013). *Five Big Ideas for Effective Teaching: Connecting Mind, Brain, and Education Research to Classroom Practice*. New York: Teachers College Press.