UNIVERZA NA PRIMORSKEM

PEDAGOŠKA FAKULTETA KOPER

Edukacijske vede, 3. stopnja

ALGORITMI STROJNEGA UČENJA ZA IZBIRO UČNE METODE TANDEMSKEGA UČENJA NA PODROČJU DIDAKTIKE MATEMATIKE

Dispozicija doktorske disertacije

Mentor: Kandidat:

prof. dr. Darjo Felda Bor Bregant

Somentor

dr. Daniel Doz

Koper, 2025

Navedba znanstvenega področja

Doktorska disertacija v svojem jedru združuje interdisciplinarno znanje iz pedagogike, didaktike matematike ter področij rudarjenja podatkov in strojnega učenja, s ciljem izboljšanja izbire učne metode v tandemu pri poučevanju matematike. Z uporabo metod umetne inteligence, zlasti klasifikacije in izbire ključnih značilk, raziskava preučuje kompleksne vzorce, ki diktirajo, ali je posamezniku obravnavana učna metoda ustrezna ali ne. Študija ponuja dragocen vpogled v prilagodljive pristope k personalizirani pedagogiki ter uporabo tehnologije za izboljšanje učnega procesa v matematičnem izobraževanju.

ARRS klasifikacija: 5.01.01, 2.07.08

MSC 2020 klasifikacija: 97D40, 97D60, 62P99

Izvleček  
Eden od glavnih ciljev srednješolskega izobraževanja je zagotovoviti kakovostno izobraževanje svojim dijakom. Eden od načinov za doseganje tega cilja je implementacija različnih učnih metod, med katere spada tudi tandemsko učenje, ki predstavlja nišo sodelovalnega učenja v majhnih skupinah. Ne odzovejo pa se vsi dijaki enako na novo okolje učenja, zato je nujno razkrivanje vpogledov za izbiro napovednega modela, prilagojenega posameznim dijakom ali razredom, za vzgojno-izobraževalne institucije. Znanje o tem se skriva v širokih podatkovnih bazah in je izvečljivo z uporabo tehnik rudarjenja podatkov. Glavni cilj študije je dualen: (1) identificirati ključne spremenljivke, ki pomembno vplivajo na uspešnost dijakov pri tandemskem učenju z uporabo algoritmov strojnega učenja in (2) oceniti uspešnost algoritmov strojnega učenja pri napovedovanju odziva dijaka na tandemsko učenje.

Uporabili bomo vzorec izbrane šole slovenskih gimnazijcev in 13 napovednih spremenljivk. Vzorec bo anketiran po enotedenski implementaciji tandemskega učenja v njihovo okolje pouka z uporabo spletnega vprašalnika. Napovedne spremenljivke bodo spol, razred, učitelj, lanskoletna končna ocena iz matematike, MBTI spremenljivke (ekstravertiranost-introvertiranost, intuicija-zaznavanje, čutenje-mišljenje, in presojanje-opazovanje), matematična anksioznost, motivacija za matematiko, kvalitativna in kvantitativna interakcija pri tandemskem delu, in ali je dijak prispeval v tandemu več kot njegov partner. Ciljna spremenljivka bo označevala, ali učenec dobro reagira na izvedbo tandemskih učnih aktivnosti (tako z vidika napredka pri matematiki kot počutja), merjena v treh stopnjah. Prvi del študije bo preizkusil, katere napovedne spremenljivke so najpomembnejše z metodo vzajemnih informacij (angl. *mutual information*; MI) in metode rekurzivne eliminacije značilk (angl. *recursive feature elimination*; RFE) z uporabo logistične regresije. Drugi del študije bo implementiral deset klasifikacijskih algoritmov strojnega učenja za napovedovanje uspeha in te modele ocenil s 5x2 prepogibnim križnim preverjanjem (angl. *cross validation*; CV).

200-250 besed

**Ključne besede:**

Vzgoja in izobraževanje, tandemsko učenje, strojno učenje, podatkovno rudarjenje.

**Temeljnja literatura:**

Teoretična izhodišča raziskave

Izobraževalne institucije težijo k stalnem izboljšanju izobraževalnih standardov. Potreba po tem se kaže v vsakdanjih debatah, v medijih in podobno in se uveljavlja preko reform vzgojno-izobraževalnih ustanov in sistemov (Kellaghan & Greaney, 2001). Reforme se uveljavljajo na državnih ravneh, ravni šole, kot tudi ravni učitelja (kar se navezuje naprej na učne metode; Glej pri nas Zakon o gimnazijah in Belo knjigo o vzgoji in izobraževanju).

V smeri zagotavljanja kakovostnega izobraževanja svojim učencem vzgojno-iobraževalne ustanove vpeljujejo različne metode poučevanja. Kritike frontalnega poučevanja in razvoj novih metodologij na področju psihologije, pedagogike, sociologije ter pozitivne izkušnje s praktičnim delom so vodile k nastanku novih, posrednih oblik izobraževalnih procesov (Arias & Peralta, 2011; Blažič idr., 2003). V luči teh novih praks so številni raziskovalci predlagali uporabo različnih oblik učenja v majhnih skupinah (S. Wang idr., 2023), saj naj bi bile te bolj učinkovite pri spodbujanju večjih akademskih dosežkov (S. A. Kalaian & Kasim, 2014), pozitivnejših stališč do učenja (Gaudet idr., 2010; Hillyard idr., 2010) ter povečane vztrajnosti pri predmetih in programih STEM (S. Kalaian idr., 2018; Micari idr., 2010; Wieselmann idr., 2020; S. B. Wilson & Varma-Nelson, 2016). Individualni odzivi na enotno metodo poučevanja niso enaki pri vseh (Crisianita & Mandasari, 2022), kar poudarja potrebo po odkrivanju ustreznih modelov poučevanja, prilagojenih posameznim učencem ali učilnicam.

Med oblikami učenja v majhnih skupinah je potrebno omeniti tandemsko učenje. To je pristop, kjer dva učenca skupaj naredita eksperiment, formulirata poročilo, rešita nalogo in podobno (Stickler & Emke, 2011; Tomić, 2002; G. L. Wilson & Blednick, 2011). Gre za enostaven pristop z organizacijskega vidika, saj imata učenca v paru več možnosti za sodelovanje kot pri frontalnem učenju, a nista sama, kot bi bila pri individualnem pristopu (Blažič idr., 2003).

Mnogo sodobnih pedagogov, psihologov, sociologov in teoretikov v edukacijskih vedah se strinja, da je individualna oseba v moderni družbi pripadnik mnogo skupin, zato je pomembno, da učenci že tekom vzgojno-izobraževalnega procesa razvijejo pomembne veščine socializiranja (Elliott idr., 2001; Johns idr., 2017; Selimović idr., 2018). Implementacija dela v skupini doseže pet pomembnih ciljev (Peklaj, 2001): (1) učenci se učijo drug o drugem, (2) učenci razvijejo skupinsko identiteto, (3) učenci podpirajo drug drugega, (4) učijo se razlik drug o drugem in (5) razvijejo karakteristike timskega dela. Te pristopi h karakterizaciji ciljev se skladajo s tako imenovanimi fundamentalnimi elementi učenja v skupini (Johnson idr., 1991): (1) pozitivna soodvisnost, (2) spodbujanje interakcije na štiri oči, (3) individualna odgovornost, ki zagotovi aktivno udeležbo vseh učencev, (4) redna uporaba medosebnih in skupinskih socialnih veščin in (5) stalna ter periodična evalvacija skupinske dinamike in uspeha. Z objemanjem teh principov, lahko učitelji v vzgoji in izobraževanju bolje pripravijo svoje učence s socialnimi in medosebnimi kompetencami, ki so potrebne za uspeh v modernem svetu. Slavin idr., (2003) identificirajo štiri znatne teoretične poglede na efekt uspešnosti dela v skupini: (1) motivacijski, (2) socialno kohezijski, (3) kognitivno-razvojni in (4) kognitivno-razdelovalni vidik. Zadnje dva se nanašata predvsem na interakcijo med člani skupin. Te štiri perspektive pa se med sabo prepletajo in dopolnjujejo. Slovenski učni načrt za matematiko v gimnaziji izpostavi skupinsko delo kot eno od procesnih znanj (Žakelj idr., 2008).

Delo v skupini ima tako prednosti kot slabosti, ki so zbrane v Preglednici 1.

Preglednica 1: Prednosti in slabosti dela v skupini.

|  |  |
| --- | --- |
| Prednosti | Slabosti |
| Boljši dosežki učenca (Moreno-Guerrero idr., 2020; Puklek, 2001; Rau & Heyl, 1990). | Skupinski cilj ima prednost pred individualnim (Puklek, 2001). |
| Medosebna podpora in razvoj čuta za pomoč (Puklek, 2001). | Pomanjkanje izkušenj lahko vodi v resentiment do učne metode (Puklek, 2001). |
| Razvoj večih veščin (kognitivnih, čustvenih, motivacijskih, socialnih) in razumevanje samega sebe (Pateşan idr., 2016; Puklek, 2001). | Člani skupine se fokusirajo le na svojo nalogo (Puklek, 2001). |
| Ekonomičnost, tako z vidika časovne komponente (vodenje skupine vzame manj časa kot vodenje individualnih učencev), kot finančne komponente (učenci si lahko izposojajo učbenike ipd.) (Puklek, 2001). | Neenakost vloženega dela (Puklek, 2001). |
| Manj anksioznosti in stresa (Goreyshi idr., 2013). | Težko za izvesti v razredih z velikim številom učencev (Kubale, 2015). |
| Nekateri izpostavljajo, da zna delo v skupini negativno vplivati na učence, ki ciljajo na višje rezultate, saj so primorani pomagati šibkejšim članom skupine. Ekvivalentne pa so izpostavke, da učenci, ki morajo pomagati šibkejšim členom skupine potegnejo iz takega načina dela več kot tisti, ki so primorani pomoč prejemati. Kakorkoli je večina študij soglasnih, da so prednosti skupinskega dela enake za ves spekter: Od učencev, ki dosegajo nižje standarde, do tistih, ki dosegajo višje standarde (Slavin idr., 2003). | |

Mnogo študij je bilo opravljenih z glavnim ciljem ugotoviti posledice dela v skupini na akademski uspeh (F. Ahmad, 2010; Gull & Shehzad, 2015; Hossain & Tarmizi, 2013) in v glavnem je soglasen rezultat, da je efekt pozitiven (Al Mulhim & Eldokhny, 2020; Bilgin idr., 2015; Johnson & Johnson, 2011; S. Kalaian idr., 2018; Kanter & Konstantopoulos, 2010; Mahasneh & Alwan, 2018; Slavin, 1996; Webb, 1991).

Z namenom predikcije uspešnosti dela v tandemu moramo razumeti širok spekter spremenljivk, ki na to uspešnost vplivajo. Ozadje problema lahko ošinemo z vpogledom v splošne faktorje kot so spol, razred, učeči profesor in ocena pri predmetu. Slednje morda nima signifikantnega vpliva (Slavin idr., 2003; Van Der Laan Smith & Spindle, 2007), medtem ko spol domnevno ima vpliv, toda rezultati so zelo konflikni in pomankljivi (Gnesdilow idr., 2013; Rodger idr., 2007) – težko je tudi ločiti, ali ima večji vpliv spol posameznika ali kompozicija skupine glede na spol. Raziskave, kako pripadajoč razred in učeči profesor vplivata so škrbinaste, razen splošnih navodil, kako delo v tandemu implementirati (McCaslin & Lowman, 1985; Van Diggele idr., 2020). Poleg teh splošnih demografskih vidikov lahko opazujemo psihološki profil učencev, kjer pridejo v poštev tip osebnosti (Akben-Selcuk, 2017; Kurniawati idr., 2023; Major idr., 2006; Peklaj idr., 2015; Wahyu Ariani, 2013), matematična anksioznost (Li idr., 2021; Z. Wang idr., 2015) in motivacija za učenje matematike (Tella, 2007). Myers-Briggs Type Indicator (MBTI) meri osebnosti tip (v literaturi tudi kognitivni stil) v štirih dimenzijah: Ekstroverzija-introverzija (EI), zaznavanje-intuicija (SN), čutenje-mišljenje (TF) in presojanje-opazovanje (JP) (Ramsay idr., 2000). Literatura pravi, da ima EI dimenzija največji vpliv na odziv do sodelovalnega učenja (Farooqi, 2021; Ramsay idr., 2000; Smith & Irey, 1974), medtem ko so ostale razsežnosti bolj stvar špekulacije in jim manjka empirične podkrepitve (Ramsay idr., 2000). Matematična anksioznost negativno vpliva na uspeh pri skupinskem delu, saj kvari delovni spomin, vpliva na reševanje problemov in izbiro strategije za spopad s tem problemom in je še posebej vplivna v kontekstu, kjer je rezultat uspeha pomemben (Klados idr., 2019). V okoljih skupinskega dela, kjer je interakcija kvantitativno višja, pa se vpliv matematične anksioznosti lahko zmanjša (Vallée-Tourangeau idr., 2013). Te opazke so tudi v skladu z raziskavami, ki kažejo, da skupinsko delo niža matematično anksioznost (Batton, 2010; Rafiei Taba Zavareh idr., 2022). Matematična motivacija je faktor, ki kaže z matematično anksioznostjo negativno korelacijo (Bregant & Doz, 2024) in ga lahko uspešno nižamo s pomočjo skupinskega dela (Järvelä idr., 2010). Faktorje lahko opazujemo tudi tekom same izvedene ure, kjer imamo kvaliteto interakcije v paru, kvantiteto interakcije in ali učenec v paru pripomore več kot njegov dodeljen partner v tandemu. Poudarjena je namreč tudi pozitivna plat tekmovalnosti med samimi člani skupin, ki pozitivno vpliva na učni uspeh (Puklek, 2001).

Do sedaj smo razmišljali o sami kompoziciji dela v skupini, pred tem pa moramo vzeti v ozir, kako skupine (oziroma tandem) formulirati. Predlaganih je več kriterijev razvrščanja , ki lahko dinamično oblikujejo heterogene, homogene in mešane skupine. Zbrani so v Preglednici 2, kot so predlagani s strani (Amara idr., 2016). Mnogo študij je obravnavalo slabosti in prednosti homogeniziranja oziroma heterogeniziranja skupin glede na različne metrike kot so starost (Magnusson & Bäckman, 2022), tip osebnosti (Zhang idr., 2022), spol (Yu-Tzu Lin idr., 2020) in akademski uspeh (Wyman & Watson, 2020). Obravnavane prednosti in slabosti so se merile tako na podlagi uspeha metode z vidika pridobljenega znanja, pridobivanja socialnih veščin in drugih aktivnosti ter interakcij. Različni algoritmi formuliranja skupin so tudi stvar debate (Amara idr., 2021). V ozir je treba vzeti tudi velikost skupin, kjer nekatere študije zagovarjajo večje skupine, ki naj bi prinesle bolj kvalitetne rezultate, medtem ko drugi zagovarjajo manjše skupine, ki naj bi spodbidile tekmovalno okolje in motivacijo (A. Ahmad idr., 2021). Različni rezultati izvirajo iz različnih eksperimentalnih okolij, različnih študijskih področij in različnih opazovanih metrikah.

Preglednica 2: Kriteriji razvršanja v skupine.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Osebna karakteristika** | **Učno vedenje** | **Kontekst okolja** |
| Starost | Komunikacija s partnerji | Okolje (tako lokacija učencev kot lokacija predmeta učenja) |
| Spol | Komunikacija z učiteljem | Predviden čas dela |
| Materni jezik in obvladani jeziki | Interakcija z obravnavanim predmetom učenja | Razpoložljivost (tako učencev kot predmeta učenja) |
| Akademski uspeh | Učni stil |  |

Kot vidimo iz zgornje literature ima mnogo faktorjev vpliv na uspeh obravnavane učne metode, torej se za razvoj holističnega modela nabori podatkov večajo in zavzemajo vse bolj zapletene vzorce. Odkrivanje teh nas sili v bolj zapletene statistične metode, ki se pogosto sklicujejo na umetno inteligenco, ki je današnji dan vsak dan bolj uporabljena beseda in zavzema širok spekter pomena. Umetna inteligeca (AI) je sposobnost digitalnega računalnika ali računalniško vodenega robota, da opravlja dela pogosto asociirana z inteligentnimi bitji (Copeland, 2023).

Rudarjenje podatkov je proces odkrivanja skritih vzorcev, relacij in vpogledov v velike nabore podatkov s tehnikami statistike in podatkovnih baz (Baradwaj & Pal, 2012). Vključuje obdelavo podatkov, da preliminarno uredimo nabore za analizo in že vključuje metode gručenja in modele z ročno vnešenimi pravili (angl. *association rule mining*) (Singhal & Jena, 2013). Kontrastno je strojno učenje veja umetne inteligence, ki se osredotoča na modele napovedi s tem, da omogoči stroju (računalniku) lastno učenje iz podatkov z namenom ustvarjanja odločitve oziroma predikcije (Candanedo idr., 2018). Strojno učenje tako zavzema mnogo učnih paradigem in najde uporabo predvsem v sistemih priporočanja. Fundamentalna naloga je klasifikacija, ki zajema kategorizacijo podatkov v že definirane razrede (lahko binarne ali večstopenjske) na podlagi že naučenih in klasificiranih podatkov. To je uporabno v mnogo domenah, vključno s tako imenovano analizo razpoloženja (Baradwaj & Pal, 2012), ki vključuje tudi edukacijske vede (Shaik idr., 2023).

V edukacijskih vedah se umetna inteligenca inteligenca kaže na več nivojih. Vidimo jo kot podporo pri učenju učencev, podpori učencev in podpori učiteljev (Holmes idr., 2019). Kar zajema specifične vidike pa je najbolj izpostavljena predikcija učenčeve uspešnosti (Ofori idr., 2020; Qazdar idr., 2019; Rastrollo-Guerrero idr., 2020; Yakubu & Abubakar, 2022). S pomočjo analitike podatkov in naprednih algoritmov so bili modeli strojnega učenja uporabljeni za predikcijo uspeha (Yakubu & Abubakar, 2022), identifikacijo učencev, ki kakorkoli nazadujejo (angl. *at risk learners*) (Adnan idr., 2021; Chui idr., 2020) in za prilagoditev intervencij v vzgoji in izobraževanju (Luan & Tsai, 2021; Stimpson & Cummings, 2014; Tsai idr., 2020; Yang, 2021). Uveden je bil tudi že koncept učne analitike (Siemens & Gasevic, 2012), katerega uporaba je bila nakazana v več študijah (Abana, 2019; Bhusal, 2021; Cortez & Silva, 2008; Kotsiantis idr., 2004; Minaei-Bidgoli idr., 2003). Poleg predikcije nam strojno učenje nudi tudi vpogled v pomembnosti značilk, ki vplivajo k uspehu predikcije (Lu idr., 2020; Luan & Tsai, 2021). Več študij je bilo narejenih s ciljem identificiranja ključnih značilk v učnem okolju uporabe različnih učnih metod (Hodges, 2018; Humphrey idr., 2009; Moradi idr., 2018; Scribner & Donaldson, 2001), toda pogosto sodobne tehnologije strojnega učenja niso vključene, za katere smo videli, da lahko nudijo dodaten vpogled v obravnavan problem.

Na slovenskem je študij o skupinskem delu z izjemo nekaj zaključnih nalog izjemno malo. Omenimo le nekoliko zastarelo, a vseeno zgovorno raziskavo Razdevšek-Pučko (1993), ki opozarja problem dominacije učitelja v komunikaciji na podlagi opazovanj dveh slovenskih šol. Podobna spoznanja z dodatkom, da je delež posrednega poučevanja pri nas razmeroma majhen dodaja Tomić (2003). Kot v tujini (*American Association for the Advancement of Science (AAAS)*, b. d.), je skupinsko delo priročeno tudi pri nas, kot smo ponazorili z učnim načrtom gimnazijske matematike. Strojno učenje je vse bolj uporabljeno za raziskave, tudi na naših tleh, je pa področje edukacije tisto, kjer je uporabo treba morda še spodbuditi. Se pa o tem že govori, na primer konferenčni prispevek Govekar-Okoliš idr., (2020).

Opredelitev problema, ciljev in hipotez disertacije oziroma raziskovalnih vprašanj ter pričakovanih rezultatov

Disertacija bo opravljena, saj so vzorci, ki diktirajo ali so posamezne učne metode uspešne dokaj neraziskani. Literatura kaže da ima več faktorjev ne-zanemarljiv učinek na odnos do tandemskega učenja, torej je vpliv teh faktorjev potrebno raziskati. V nekaterih raziskavah zgoraj (poglavje teoretična izhodišča) se srečamo z idejo, da nam vpogled v ta problem lahko nudi rudarjenje podatkov – specifično metode strojnega učenja, ki so dobile zagon šele v zadnjih nekaj letih. Raziskave so pokazale, da imajo metode strojnega učenja večjo statistično moč kot klasične metode.

Cilj naše raziskave je razviti model, ki na podlagi določenih vhodnih informacij predvidi, ali se posameznik na delo v tandemu dobro odzove. Raziskati hočemo kateri uveljavleni modeli se pri predikciji obnesejo bolje in katere značilke so pri tej predikcije pomembnejše.

Glavni splošni hipotezi sta torej: (i) Nekatere spremenljivke imajo večji vpliv na tandemsko učenje in (ii) Nekateri algoritmi strojnega učenja bolje napovejo dijakov odziv do tandemskega učenja.

Tudi če raziskave ne bodo nudile najbolj plodnih rezultatov, kar tudi deloma pričakujemo, glede na pomanjkanje literature, opravljene raziskave vseeno vplivajo na širše razumevanje konteksta tandemskega učenja. Poleg tega morda dobijo zagon druge raziskave, ki bi na podlagi novejših statističnih metod kaj raziskale, a zaradi pomanjkanja literature še niso. Specifično pričakujemo, da bodo modeli vseeno dokaj natančno napovedali rezultat (vsaj natančneje od ugibanja) in da bodo spremenljivke, vezane na samo delo v tandemu, imele večjo napovedno moč, kot spremenljivke vezane na informacije splošnega značaja in psihološkega ozadja.

Prispevek k znanosti

Disertacija se osredotoča na integracijo in implementacijo tehnik strojnega učenja v konteksts vzgoja in izobraževanja. Ker je to področje razmeroma še ne-raziskano, je prispevek k znanosti niti ne toliko fokusiran na rezultate, ki raziščejo širši konteksts tandemskega dela, temveč leži v težnji, da tudi v raziskovalno-edukacijskem kontekstu razširimo obzorja statističnih metod, ki jih sodobna tehnologija omogoča.

Širši diskurz obravnave uspešnosti tandemskega učenja je večkrat problematičen, saj je evalvacija le tega pogosto subjektivna (Popović idr., 2020) in je možno, da ne odraža dejanskega stanja. V disertaciji si torej prizadevamo raziskati metode, ki bi to evalvacije naredile čim bolj objektivno s pomočjo statističnih metod strojnega učenja.

Raziskava bo v mednarodnem prostoru prikazala še en vidik strojnega učenja v vzgoji in izobraževanju. Doseženi modeli evalvacije pa niso le teoretične narave, temveč imajo tudi praktičen vidik. Na podlagi le teh modelov, se lahko izdela posebne programske opreme, ki bi avtomatično učence razvrstile glede na pričakovan odziv do tandemskega dela (ki ga lahko enostavno z novimi podatki za treniranje modelov umetne inteligence posplošimo še na druge metode) na podlagi različnih vhodnih informacij; V našem primeru informacij splošnega značaja, psihološke slike učenca in informacije glede na samo delo v tandemu. V bodočnosti je razširitev, kot smo že orisali, enostavna tako na druge predmetne kategorije, druge šole, druge predmete, druga okolja (npr. drug kulturni kontekst), kot tudi na druge vhodne podatke.

Metode raziskovanja

Uporabljena bo kavzalna ne-eksperimentalna metoda pedagoške raziskave. Po pridobitvi ustreznih soglasij s strani šole in dijakov, v skladu z etičnimi standardi Helsinki deklaracije in evropske splošne uredbe o varstvu podatkov, bodo profesorji vključeni v raziskavo v okviru kratkega števila ur matematike v drugem in tretjem letniku neke gimnazije na slovenskem pouk izvedli v obliki tandemskega učenja.

Po izvedenih urah bodo dijaki izpolnili vprašalnik, ki bo zajemal 56 vprašanj, ki bodo določali 14 spremenljivk. Ena od teh bo ciljna spremenljivka na 3-stopenjski Likertovi lestvici, ki bo določala dijakov odziv do uporabljene metode dela v tandemu. Napovedne spremenljivke, skupaj s kratkimi kategorizacijami so zbrane v Preglednici 3.

Preglednica 3: Predvidene spremenljivke, ki jih bomo zajeli v raziskavi.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Spremenljivka | Možne vrednosti | Tip spremenljivke in pripadajoč instrument | Število vprašanj, ki določa spremenljivko (instrument) |
| Spol | 0-1 (Moški, ženska) | A priori | 1 |
| Razred | 0-6 (7 razredov v raziskavi) | A priori | 1 |
| Profesor | 0-3 (4 profesorji) | A priori | 1 |
| Lanska ocena pri matematiki | 1-5 | A priori | 1 |
| EI | 8-40 | Psihološka  (MBTI test) | 8 |
| SN | 8-40 | Psihološka  (MBTI test) | 8 |
| TF | 8-40 | Psihološka  (MBTI test) | 8 |
| JP | 8-40 | Psihološka  (MBTI test) | 8 |
| Matematična anksioznost | 7-45 | Psihološka  (AMAS test) | 9 |
| Matematična motivacija | 9-35 | Psihološka  (del ATMI testa) | 7 |
| Kvalitativna interakcija | 1-3 (delo ni bilo produktivno–delo je bilo produktivno) | Vezano na tandemsko učenje | 1 |
| Kvantitativna interakcija | 1-3 (malo interakcije–veliko interakcije) | Vezano na tandemsko učenje | 1 |
| Prekašanje partnerja v tandemu | 1-3 (pripomogel manj– pripomogel več) | Vezano na tandemsko učenje | 1 |

Za zgoraj navedene spremenljivke, ki določajo psihološki profil dijaka bomo izbrali kombinacijo uveljavljenih instrumentov, ki jih bomo prilagodili družbenemu, kulturnemu in socialnemu okolju šole. Za določanje spremenljivk tipa osebnosti bomo uporabili Open extended Jungian Type Scale test (OEJTS), ki velja za odprtokodno različico testa Myers-Briggs Type Indicator (MBTI). Matematično anksioznost bomo določili s pomočjo testa Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS), matematično motivacijo pa kot del instrumenta Attitudes Toward Math Instruction (ATMI). Zadnja dva testa sta v literaturi že potrjeno veljavna (Cho, 2022; Fiorella idr., 2021; Hopko idr., 2003; Primi idr., 2020; Sundre idr., 2012; Yavuz idr., 2012), test OEJTS pa ima tako argumente za (Carlson, 1985; Carlyn, 1977; Randall idr., 2017) kot tudi proti (cf. Boyle, 1995; Druckman & Bjork, 1991). Celoten vprašalnik najdemo v Prilogi A.

Statistika bo izvedena s pomočjo programskega jezika *Python*, primarno z uporabo knjižnic *pandas* in *scikit-learn*. Statistična koda, tako kot tudi anonimiziran nabor podatkov bosta odprto dostopna. Za hipotezo glede pomembnosti značilk bomo uporabili metodi Mutual Information (MI) in Recursive feature analysis (RFE) z ozirom na logistično regresijo. Za klasifikacijo uspešnosti algoritmov bomo uporabili 9 metod, specifično Gavsov Naivni Bayes, k-Najbližje sosede, Odločitveno drevo, Model Gaussove mešanice, LDA, ADA, GB, SVC in Naključne gozdove. Slednje uspešnosti modelov bomo vizualizirali z matriko zmede in validirali s pomočjo križnega preverjanja. Vizualizacijo podatkov napovedi bomo poskusili dobiti s pomočjo metode t-SNE, ki velja za metodo nižanja dimenzije problema.

Kontrolne skupine ne bomo imeli, saj izbrane statistične metode tega ne terjajo. Preverjamo le, ali lahko napovemo odziv dijaka in pomembne značilke tega odziva, ne bomo pa preverjali ali je metoda na sploh uspešna, kar je morebitna pomankljivost raziskave.

Kazalo predvidene vsebine disertacije

1. Uvod
2. Teoretični del
   1. Pouk in učne oblike
      1. Kratko o pouku
      2. Neposredna in posredna učna oblika
      3. Pouk matematike in učne oblike pri njem
   2. Psihološki oris osebnosti
      1. Matematična anksioznost
      2. Motivacija za matematiko
      3. Tip osebnosti
   3. Delo v skupini oziroma tandemu
      1. Začetki, razvoj in možnosti dela v tandemu
      2. Potek in struktura dela v tandemu
      3. Prednosti in slabosti dela v tandemu
      4. Od skupinskega do sodelovalnega in naprej tandemskega učenja
      5. Spremenljivke, ki vplivajo na delo v tandemu
      6. Formiranje skupin
      7. Delo v skupini pri pouku matematike
   4. Strojno učenje in klasifikacija
      1. Uvod v umetno inteligenco in aplikativnost v edukacijskih vedah
      2. Strojno učenje
      3. Naloga klasifikacije in izbire napovednih spremenljivk
      4. Naloga reduciranja dimenzije prostora
3. Empirični del
   1. Raziskovalni problem, namen in cilji
   2. Raziskovalne hipoteze
   3. Metodologija
      1. Vzorec
      2. Zbiranje podatkov
      3. Obdelava podatkov
   4. Rezultati in interpretacija
      1. Deskriptivna statistika
      2. Test zanesljivosti
      3. Test normalnosti
      4. Test korelacije značilk
      5. Test pomembnosti značilk
      6. Test predikcije
      7. Test manjšanja dimenzije prostora oziroma vizualizacija podatkov
4. Diskusija
5. Sklepne ugotovitve, nadaljnsje usmeritve in omejitve
6. Literatura in viri
7. Priloge
   1. Vprašalnik
   2. Koda strojnega učenja
   3. Test statistične signifikantnosti napovednih spremenljivk
   4. Data management plan

Navedba osnovne literature in virov

Automatic citation updates are disabled. To see the bibliography, click Refresh in the Zotero tab.

Priloga: Vprašalnik

Opomba: Vprašalnik ni ločen po sklopih, temveč za namene lomljenja strain v dokumentu.

Preglednica 4: Prvi del vprašalnika: Prvo vprašanje se kodira na 3-stopenjski Likertovi lestvici. Drugi sklop vprašanj (2-8; instrument ATMI) se kodira kot 2-3+4+5+6+7-8. Tretji sklop vprašanj (9-17; instrument AMAS se kodira kot vsota točk.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Označi, kje na linearni skali od 1 (Ne – zdi se mi izguba časa) do 3 (Metoda je bila zabavna in koristna). | 1 | Se ti je metoda (delo v skupini) zdela na sploh uspešna? Upoštevaj tako vidik napredovanja pri matematiki, kot popestritve pouka. |
| Kviz osebnosti (motivacija): Označi, koliko od 1 do 5 se strinjaš s trditvijo. | 2 | V moji izobraževalni poti želim imeti čim več matematike |
| 3 | Na fakulteti bi se rad izognil matematki |
| 4 | Težavnost matematike me privlači |
| 5 | Učenje (napredne) matematike smatram za uporabno |
| 6 | Deljenje idej za reševanje matematičnega problema mi je v coni udobja |
| 7 | Rad imam matematiko |
| 8 | Matematika je dolgočasna |
| Kviz osebnosti (matematična anksioznost): Od 1 (skoraj nič anksioznosti) do 5 (velika anksioznost) označi, koliko ti sledeča stvar povzroča anksioznosti (nelagodja, tesnobe) | 9 | Uporaba in iskanje formul ter tabel na zadnji strani poglavja v učbeniku |
| 10 | Razmišljanje o testu matematike dan prej |
| 11 | Gledanje profesorja, ki na tablo rešuje enačbo |
| 12 | Pisanje testa matematike |
| 13 | Prejemanje domače naloge pri matematiki |
| 14 | Poslušanje ure matematike v razredu |
| 15 | Poslušanje sošolca, ki razlaga snov pri matematiki |
| 16 | Pisanje kratkega nenapovedanega preverjanja pri matematiki |
| 17 | Začetek nove snovi pri pouku matematike |

Preglednica 5: Drugi del vprašalnika; instrument MBTI. Vprašanja so kodirajo po sledečem ključu. I**E:** 30 - V18 - V22 - V26 + V30 - V34 + V38 + V42 - V46, **SN:** 12 + V19 + V23 + V27 + V31 + V35 - V39 - V43 + V47, **FT:** 30 - V20 + V24 + V28 - V32 - V36 + V40 - V44 - V48, **JP:** 18 + V21 + V25 - V29 + V33 - V37 + V41 - V45 + V49, kjer Vi predstavlja i-to vprašanje. Meje za posamezne osebnosti predstavlja 24, torej če je IE > 24 je oseba ekstrovertna (E); Sicer introvertna (I).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Kviz osebnosti (MBTI): Za vsak par označi, kje na lestvici (od 1 do 5) med elementoma, meniš, da si | 18 | Naredim seznam | Zanašam se na spomin |
| 19 | Skeptičen | Želim verjeti |
| 20 | Dolgčas mi je biti sam | Potrebujem čas zase |
| 21 | Sprejmem stvari take kot so | Nisem zadovoljen s trenutnim stanjem |
| 22 | Skrbim za čistočo sobe | Odlagam stvari kjerkoli |
| 23 | Oznaka človeka kot “robota” je žaljiva | Stremim k “mehaničnemu” razmišljanju |
| 24 | Poln energije | Relaksiran |
| 25 | Raje imam vprašanja zaprtega tipa | Raje imam esejska vprašanja |
| 26 | Sem kaotičen | Sem organiziran |
| 27 | Enostavno me je čustveno raniti | Imam trdo kožo |
| 28 | Najbolje delam v skupinah | Najbolje delam sam |
| 29 | Osredotočen sem na sedanjost | Osredotočen sem na prihodnost |
| 30 | Načrte delam vnaprej | Načrte delam zadnji hip |
| 31 | Želim spoštovanje drugih | Želim ljubezen drugih |
| 32 | Zabave me utrujajo | Na zabavah zaživim |
| 33 | Zlijem se z okolico | Izstopam |
| 34 | Imam rezervne načrte | Dejanju sem predan |
| 35 | Želim biti dober v popravljanju stvari | Želim biti dober v “popravljanju” oseb |
| 36 | Več govorim | Več poslušam |
| 37 | Ko razalagm dogodek, povem, kaj se je zgodilo | Ko razalagm dogodek se osredotočim na njegov pomen |
| 38 | Dela se hitro lotim | Z delom odlašam (prokrastiniram) |
| 39 | Sledim srcu | Sledim glavi |
| 40 | Ostanem doma | Grem ven |
| 41 | Želim širšo sliko zgodbe | Želim podrobnosti zgodbe |
| 42 | Improviziram | Se pripravim |
| 43 | Etiko temeljim na pravici | Etiko temeljim na sočustvovanju |
| 44 | Ne maram kričati | kričanje, ko so poslušalci daleč mi je naravno |
| 45 | Raje imam teorijo | Raje imam prakso (empirijo) |
|  | 46 | Trdo delam | Trdo se zabavam |
|  | 47 | Čustva me spravijo iz cone udobja | Čustva upoštevam in cenim |
|  | 48 | Rad nastopam pred ljudmi | Javnemu govoru se izogibam |
|  | 49 | Želim vedeti kdo, kaj, kdaj. | Želim vedeti zakaj |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Splošna vprašanja | 50 | Lanska zaključna ocena pri matematiki | Možne vrednosti 1 – 5 |
| 51 | Razred | 7 možnih izbir |
| 52 | Spol | 2 možni izbiri |
| 53 | Učeči profesor | 4 možnih izbir |
| Vprašanja, ki se navezujejo na tandemsko delo | 54 | Oceni, koliko je bilo v povprečju v tandemu interakcije | 3 možne izbire:  0 (skoraj nič) – 2 (veliko) |
| 55 | Oceni, kako produktivna je bila interakcija | 3 možne izbire:  0 (več klepetanja kot produktivnega dela) – 2 (več…) |
| 56 | Si pripomogel več kot tvoj partner v tandemu | 3 možne izbire:  0 (pripomogel sem manj) – 2 (pripomogel sem več) |