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 med interakcijo učiteljev in učencev ter njihov vpliv na učne rezultate, 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  
Glavni cilj vzgojno-izobraževalnih ustanov je zagotoviti kakovostno izobraževanje svojim učencem. Eden od načinov za dosego tega je uvedba različnih pedagoških metod in učnih oblik, med katerimi je tudi tandemsko učenje. Vsakomur ne ustreza enotna metoda, zato je ključno za izobraževalne ustanove razkriti vpoglede za izbiro napovednega modela, prilagojenega posameznim študentom ali učilnicam. Znanje je skrito med izobraževalnimi podatki in je izvlečljivo s tehnikami rudarjenja podatkov.

Poleg širših uporab metod strojnega učenja, se slednje uporablja tudi za predikcijo uspeha in identifikacijo pomembnih spremenljivk, ki vplivajo na opazovan uspeh.

200-250 besed

**Ključne besede:**

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

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, ravni učitelja (kar se navezuje naprej na učne metode) (CITAT).

En od načinov, kako izboljšati pouk in posledično tudi rezultate je vpeljava različnih metod poučevanja.

V smeri zagotavljanja kakovostnega izobraževanja svojim študentom visokošolske 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 et al., 2003). V luči teh novih praks so številni raziskovalci predlagali uporabo različnih oblik učenja v majhnih skupinah (S. Wang et al., 2023), saj naj bi bile te bolj učinkovite pri spodbujanju večjih akademskih dosežkov (S. A. Kalaian & Kasim, 2014), pozitivnejših stališč do učenja (Gaudet et al., 2010; Hillyard et al., 2010) ter povečane vztrajnosti pri predmetih in programih STEM (S. Kalaian et al., 2018; Micari et al., 2010; Wieselmann et al., 2020; S. B. Wilson & Varma-Nelson, 2016). Individualni odzivi na enotno metodo poučevanja niso enaki pri vseh (CITAT), 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; 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 et al., 2003).

Mnogo sodobnih pedagogov, psihologov, siocilogov 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 et al., 2001; Johns et al., 2017; Selimović et al., 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 ...

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

Disertacija je bila 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 zgoraj (v teoretičnem izhodišču) se srečamo z idejo, da nam vpogled v ta problem lahko nudi rudarjenje podatkov – specifično metode strojnega učenja. Te rešitve pa 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 značilne 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 nudijo najbolj plodnih rezultatov, kar tudi deloma pričakujemo, glede na pomanjkanje literature, opravljene raziskave vseeno vplivajo na širše razumevanje konteksta tandemskega učenja. Poleg tega pa 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 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 kontekst obravnave uspešnosti tandemskega učenja je večkrat problematičen, saj je evalvacija le tega pogosto subjektivna (CITAT) 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 je kavzalna ne?-eksperimentalna metoda pedagoške raziskave. Po pridobitvi ustreznih soglasij s strani šole in dijakov, v skladu z etičnimi standardi Helsinki deklaracije in evropski splošni uredbi o varstvu podatkov, so profesorji vključeni v raziskavo v okviru kratkega števila ur matematike v drugem in tretjem letniku gimnazije pouk izvedli v obliki tandemskega učenja.

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

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Spremenljivka | Možne vrednosti | Tip spremenljivke in pripadajoč instrument | Število vprašanj, ki določa spremenljivko (instrument) |
| Spol | 0-1 (Male, female) | A priori | 1 |
| Razred | 0-6 (7 present classes) | A priori | 1 |
| Profesor | 0-3 (4 teachers) | A priori | 1 |
| Lanska ocena pri matematiki | 1-5 | A priori | 1 |
| Introverzija | 8-40, 24 being “neutral” point | Psihološka  (MBTI test) | 8 |
| Sensing / intuition | 8-40, 24 being “neutral” point | Psihološka  (MBTI test) | 8 |
| Thinking / feeling | 8-40, 24 being “neutral” point | Psihološka  (MBTI test) | 8 |
| Judging / perceiving | 8-40, 24 being “neutral” point | 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 (little communication – lots of communication) | Vezano na tandemsko učenje | 1 |
| Kvantitativna interakcija | 1-3 (work was not productive – work was productive) | Vezano na tandemsko učenje | 1 |
| Prekašanje partnerja v tandemu | 1-3 (worked less – outperform) | Vezano na tandemsko učenje | 1 |

Za zgoraj navedene spremenljivke, ki določajo psihološki profil dijaka smo izbrali kombinacijo uveljavljenih instrumentov, ki smo jih prilagodili družbenemu, kulturnemu in soacialnemu okolju šole. Za določanje spremenljivk tipa osebnosti (ekstroverzija , ...) smo uporabili Open extended Jungian Type Scale test (OEJTS), ki velja za odprtokodno različico testa Myers-Briggs Type Indicator (MBTI). Matematično anksioznost smo 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 (CITAT), test OEJTS pa ima tako argumenta za in proti (CITAT). To se sklada tudi z našimi rezultati. Celoten vprašalnik najdemo v Prilogi A.

Statistika je bila izvedena s pomočjo programskega jezika Python, primarno z uporabo knjižnic pandas in scikit-learn. Statistična koda, tako kot tudi anonimiziran nabor podatkov sta odprto dostopna na (CITAT). Za hipotezo glede pomembnosti značilk smo uporabili metodi Mutual Information (MI) in Recursive feature analysis (RFE) z ozirom na logistično regresijo. Za klasifikacijo uspešnosti smo uporabili 9 metod, specifično Gavsov Naivni Bayes, Najbližje sosede, Odločitveno drevo, Gaussian Mixture, LDA, ADA, GB, SVC in naključne gozdove. Slednje uspešnosti modelov smo vizualizirali z matriko zmede in validirali s pomočjo križnega preverjanja

Kontrolne skupine nismo imeli, saj izbrane statistične metode tega niso terjale. Preverjali smo le, ali lahko napovemo odziv dijaka in pomembne značilke tega odziva, nismo pa preverjali ali je metoda na sploh uspešna, kar je morebitna pomankljivost raziskave.

Struktura oziroma kazalo predvidene vsebine disertacije

[Uvod 5](#_Toc155347430)

[Teoretični del 5](#_Toc155347431)

[Pouk in učne oblike 5](#_Toc155347432)

[Kratko o pouku 6](#_Toc155347433)

[Neposredna in posredna učna oblika 6](#_Toc155347434)

[Delo v tandemu 6](#_Toc155347435)

[Začetki, razvoj in možnosti dela v tandemu 6](#_Toc155347436)

[Potek in struktura dela v tandemu 6](#_Toc155347437)

[Prednosti in slabosti dela v tandemu 6](#_Toc155347438)

[Strojno učenje in klasifikacija 6](#_Toc155347439)

[Uvod v umetno inteligenco 6](#_Toc155347440)

[Strojno učenje 6](#_Toc155347441)

[Naloga klasfikacije in izbire napovednih spremenljivk 6](#_Toc155347442)

[Naloga reduciranja dimenzije prostore 6](#_Toc155347443)

[Empirični del 6](#_Toc155347444)

[Raziskovalni problem, namen in cilji 6](#_Toc155347445)

[Raziskovalne hipoteze 6](#_Toc155347446)

[Metodologija 6](#_Toc155347447)

[Vzorec 6](#_Toc155347448)

[Zbiranje podatkov 7](#_Toc155347449)

[Obdelava podatkov 7](#_Toc155347450)

[Rezultati in interpretacija 7](#_Toc155347451)

[Test zanesljivosti 7](#_Toc155347452)

[Test normalnosti 7](#_Toc155347453)

[Test korelacije značilk 7](#_Toc155347454)

[Test pomembnosti značilk 7](#_Toc155347455)

[Test predikcije 7](#_Toc155347456)

[Test manjšanja dimenzije prostora oziroma vizualizacija podatkov 7](#_Toc155347457)

[Sklepne ugotovitve 7](#_Toc155347458)

[Literatura in viri 7](#_Toc155347459)

[Priloga A: Vprašalnik 11](#_Toc155347460)

Navedba osnovne literature in virov

# Uvod

...

# Teoretični del

...

## Pouk in učne oblike

...

### Kratko o pouku

...

### Neposredna in posredna učna oblika

...

## Delo v tandemu

...

### Začetki, razvoj in možnosti dela v tandemu

...

### Potek in struktura dela v tandemu

...

### Prednosti in slabosti dela v tandemu

...

## Strojno učenje in klasifikacija

### Uvod v umetno inteligenco

### Strojno učenje

### Naloga klasfikacije in izbire napovednih spremenljivk

.../splošno o nalogi/

#### Modeli uporabljeni za klasifikacijo

/opis modelov in psevdoalgoritmi/

#### Izbrira napovednih spremenljivk

/kratko na sploh in o algoritmih MI in RFE/

#### Evalvacija modelov strojnega učenja

/o metrikah accuracy, precision, recall, F1/

### Naloga reduciranja dimenzije prostore

...

# Empirični del

## Raziskovalni problem, namen in cilji

## Raziskovalne hipoteze

## Metodologija

...

### Vzorec

...

### Zbiranje podatkov

### Obdelava podatkov

## Rezultati in interpretacija

### Test zanesljivosti

...

### Test normalnosti

...

### Test korelacije značilk

### Test pomembnosti značilk

### Test predikcije

### Test manjšanja dimenzije prostora oziroma vizualizacija podatkov

# Sklepne ugotovitve

# Literatura in viri

Blažič, M., Ivanuš-Grmek, M., Kramar, M., & Strmčnik, F. (2003). *Didaktika: Visokošolski učbenik*. Visokošolsko središče, Inštitut za raziskovalno in razvojno delo.

Elliott, S. N., Malecki, C. K., & Demaray, M. K. (2001). New Directions in Social Skills Assessment and Intervention for Elementary and Middle School Students. *Exceptionality*, *9*(1–2), 19–32. https://doi.org/10.1080/09362835.2001.9666989

Johns, B. H., Crowley, E. P., & Guetzloe, E. (2017). The Central Role of Teaching Social Skills. *Focus on Exceptional Children*, *37*(8). https://doi.org/10.17161/foec.v37i8.6813

Kellaghan, T., & Greaney, V. (2001). *Using assessment to improve the quality of education*. UNESCO: International Institute for Educational Planning.

Peklaj, C. (2001). *Sodelovalno učenje ali Kdaj več glav več ve* (1. izd., 1. natis). DZS.

Selimović, Z., Selimović, H., & Opić, S. (2018). Development of social skills among elementary school children. *International Journal of Cognitive Research in Science Engineering and Education*, *6*(1), 17–30. https://doi.org/10.5937/ijcrsee1801017S

Stickler, U., & Emke, M. (2011). Tandem Learning in Virtual Spaces: Supporting Non-formal and Informal Learning in Adults. In P. Benson & H. Reinders (Eds.), *Beyond the Language Classroom* (pp. 146–160). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1057/9780230306790\_12

Tomić, A. (2002). *Spremljanje pouka* (1. natis). Zavod Republike Slovenije za šolstvo.

Wilson, G. L., & Blednick, J. (2011). *Teaching in tandem: Effective co-teaching in the inclusive classroom*. ASCD.

# Priloga A: Vprašalnik

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ciljna spremenljivka:  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 | 2-3+4+5+6+7-8 |
| 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 | 9+10+11+12+13+14+15+16+17 |
| 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 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | Introvertiranost / ekstrovertiranost:  Sensing / intuicija  Meja za vse: 24 |
| 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 | Narte delam zadnji hip |
| 31 | Želim spoštovanje drugih | Želim ljubezen drugih |
| 32 | Zabave me utrujajo | Na zabavah zaživim |
| 33 | Fits in | 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 |  |  |
| 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 | 48 | Lanska zaključna ocena pri matematiki | Možne vrednosti 1 – 5 |
| 51 | 49 | Razred | n možnih izbir |
| 52 | 50 | Spol | 2 možni izbiri |
| 53 | 51 | Učeči profesor | n možnih izbir |
| Vprašanja, ki se navezujejo na tandemsko delo | 54 | 52 | Oceni, koliko je bilo v povprečju v tandemu interakcije | 3 možne izbire:  0 (skoraj nič) – 2 (veliko) |
| 55 | 53 | Oceni, kako produktivna je bila interakcija | 3 možne izbire:  0 (več klepetanja kot produktivnega dela) – 2... |
| 56 | 54 | Si pripomogel več kot tvoj partner v tandemu | 3 možne izbire:  0 (pripomogel sem manj) – 2 (pripomogel sem več) |