# Korelacija matematične anksioznosti in matematične motivacije pri pouku matematike v gimnaziji

# Povzetek

Anksioznost in motivacija za matematiko sta del osebnosti, ki vplivata na akademski razvoj. Anksioznost vključuje strah, medtem ko motivacija odraža zanimanje za matematiko. Raziskali smo njuno korelacijo na slovenski gimnaziji, pri čemer smo uporabili instrumenta AMAS in ATMI na vzorcu 177 dijakov. Rezultati so pokazali zmerno negativno korelacijo (τ = -0.35, ρ = -0.47). AMAS je imel sprejemljivo (α = 0.77), ATMI pa dobro zanesljivost (α = 0.87). Nobena spremenljivka se ni izkazala za normalno (*p*-vrednost < 0.02). Ugotovitve bi lahko pomagale izobraževalnim ustanovam pri razumevanju in razvoju intervencijskih programov.

Ključne besede: matematična anksioznost, motivacija za matematiko, pouk matematike, gimnazija.

# Abstract

Mathematics anxiety and motivation are part of an individual's personality that influence their academic development. The former refers to the fear, while the latter pertains to interest in math-related activity. We researched their correlation in a Slovenian high school, using AMAS and ATMI instruments on 177 students. Results showed moderate negative correlation (τ = -0.35, ρ = -0.47). AMAS displayed acceptable reliability (α = 0.77), whereas ATMI showed good reliability (α = 0.87). Neither variable was normally distributed (p-value < 0.02). Findings could aid educational institutions in understanding and developing intervention programs.

Key words: mathematics anxiety, mathematics motivation, mathematics education, high school.

# Uvod

Matematika predstavlja eno izmed ključnih disciplin v širšem obsegu izobraževalnega kurikuluma (Piccirilli idr., 2023). Koristnost matematičnih veščin se kaže v kontekstu družbe, ki vse bolj temelji na kvantitativnih podatkih, in sicer z vidika posameznikovega osebnega razvoja, akademskega napredka ter družbenega vpliva (Cuder idr., 2023). Ko k učenju matematike vzamemo v ozir psihosocialne dejavnike, ki nosijo podobno tehtnost kot kognitivni dejavniki, lahko zelo vplivamo na uspešnost in dosežke (Echeverría Castro idr., 2020). Te psihosocialni dejavniki so bili raziskani iz vidikov različnih teorij, predvsem z zornim kotom stališč, odnosa in emocij. Pri raziskovanju teh veščin v okviru pedagoškega procesa sta ključnega pomena pojma matematične anksioznosti (Barroso idr., 2021; Doz idr., 2023) in motivacije za matematiko (Garon‐Carrier idr., 2016). Predstavljata večdimenzionalna konstrukta, katerih medsebojni odnos pogosto kaže zmerno veliko negativno korelacijo (Ho idr., 2000; Li idr., 2021; Milovanović, 2020).

## Matematična anksioznost

Matematična anksioznost se nanaša na strah in bojazen pred ali med aktivnostjo, vezano na matematiko (Wang idr., 2018). Matematična anksioznost implicira odpor do matematike, kar posledično manjša možnosti za učenje, ima pa tudi vpliv na kognitivnem nivoju (Piccirilli idr., 2023). Matematika kot entiteta straha in trepeta je tako pogosto obravnavana kot nujno zlo za preboj čez šolanje (Lutovac, 2008). Matematična anksioznost ima direkten vpliv na delovni spomin in vpliva dualno s tem, da preokupira nalogo pri pouku matematike s funkcijo straha in tesnobe (Ashcraft & Krause, 2007). Matematično anksioznost je v srednji šoli nujno identificirati, saj le ta lahko vpliva na vpis na fakulteto (Perry, 2004), hkrati pa je matematika sestavni del mature, ki je v slovenskem prostoru pogoj za vpis na fakulteto (Uradni list RS, 2023).

Instrumenti za merjenje matematične anksioznosti imajo korenine v letu 1957, ko sta Dreger in Aiken razvila *Numerical anxiety scale* (Dreger & Aiken, 1957)*.* Leta 1972 se je za namene srednjih šol in izobraževanja odraslih uveljavila *Mathematics Anxiety Rating Scale (MARS)* (Richardson & Suinn, 1972)avtorjev Richardson-a in Suinn-a (pred tem je bila matematična anksioznost obravnavana zgolj z vidika osnovne šole), ki pa je bila obsežna (98 vprašanj) (Beasley idr., 2001). Težnja po skrajšanju je rodila več instrumentov, med drugim *Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS)* (Hopko idr., 2003).

## Motivacija za matematiko

Motivacija za matematiko zajema obseg, v katerem posamezniki cenijo pomen matematičnih sposobnosti, se zanimajo za dejavnosti, povezane z matematiko in so motivirani za dobre rezultate pri matematiki (Wang idr., 2018). Glavne dimenzije motivacije za matematiko zajemajo samoučinkovitost, pripisovanje uspeha oziroma neuspeha, ciljani dosežki, samozavedanje, in pričakovanja ter koristnost naloge za učenca (Arellano-García idr., 2022). Motivacija predstavlja eno ključnih sestavin za sodelovanje učencev pri pouku (Hecht idr., 2021). Pogosto je vzeta v kontekstu ene od elementov odnosa, ki ga poleg obravnavane motivacije sestavljajo še samozavest, vrednost in veselje v relaciji pouka matematike (Akbuga & Havan, 2022; Lim & Chapman, 2013; Sundre idr., 2012).

Instrumenti za merjenje motivacije za matematiko se lahko razlikujejo glede na specifičen matematični kontekst, na primer vezano na pouk statistike, pouk geometrije in podobno (Wakhata idr., 2022). Prvi poskus merjenja motivacije za matematiko s kritiko, da so instrumenti do tedaj vključevali le odnos, zanemarili pa pomen čustev in značaja je razvil Aiken (1974). Kmalu za tem se je pojavil *test Fennema Sherman* (Fennema & Sherman, 1976), ki je deloval odlično in se je moral umakniti le zaradi razvoja jezika, ki je vplival na sčasoma manjšanje veljavnosti instrumenta (Chamberlin, 2010). Za ta namen se je razvil *Attitude towards Mathematics Inventory* (ATMI), avtorjev (Tapia & Marsh, 2004), ki vključuje nujne konstrukte prejšnjega odstavka in se uporablja še danes (Chamberlin, 2010; Romero & Angeles, 2023).

## Povezanost med matematično anksioznostjo in motivacijo za matematiko na uspeh

Motivacija in anksioznost močno vplivata na akademski uspeh pri pouku matematike (Shores & Shannon, 2007). Učenci, ki dajejo večji pomen uspehu matematike poročajo tudi o nižji stopnji matematične anksioznosti (Jansen idr., 2013; Rodríguez idr., 2020). Motivacijska prepričanja povečajo uspeh, poleg tega pa ne-uporaba, oziroma slaba uporaba teh prepičanj manjša uspeh in veča matematično anksioznost (Kesici & Erdoğan, 2009; Rodríguez idr., 2020).

Torej je ključno identificirati, kako pri učencih zmanjšati matematično anksioznost oziroma povišati motivacijo. Predlaga se ustrezno spremljanje in po potrebi intervencija glede znižanja matematične anksioznosti in zvišanja motivacije (Szczygieł, 2022), toda raziskave o tem, kako to doseči so redke (Samuel & Warner, 2021). Za zmanjšanje tesnobe in povečanje motivacije so uporabljene tehnike, kot so prakse zavedanja (čuječnost), spodbujanje razvojnega mišljenja ter intervencije za utrjevanje samopodobe, kar pomaga učencem preusmeriti pozornost stran od tesnobnih misli, spodbuja učenje iz napak ter krepi samozavest pri reševanju matematičnih nalog (Samuel & Warner, 2021).

## Cilji in nameni raziskave

Za opravljanje raziskave smo se odločili, ker je povezanost med matematično anksioznostjo in motivacijo za matematiko še delno neraziskana. Na področju Slovenije in slovenskih gimnazij je malo raziskav, ki so preučevale korelacijo med omenjenima dejavnikoma. V raziskavi smo si zadali cilj analizirati povezavo med matematično anksioznostjo in motivacijo za matematiko na izbrani slovenski gimnaziji in na podlagi obstoječe literature o korelaciji matematične anksioznosti in motivacije za matematiko postavili naslednjo specifično hipotezo:

H: Med matematično anksioznostjo in motivacijo za matematiko obstaja srednja do močna korelacija.

# Metode

## Metodologija

V raziskavi smo aplicirali kavzalno ne-eksperimentalno metodo. Na podlagi uveljavljenih instrumentov smo sestavili vprašalnik in ga razdelili s pomočjo orodja *Google forms*.

## Zbiranje podatkov

Raziskavo smo izvedli na izbrani slovenski gimnaziji v šolskem letu 2023/24. Osebe vključene v raziskavo so pripadale prvemu, drugemu ali tretjemu letniku izbrane šole. Vzorec je bil neslučajnostni in namenski. Ustrezna informirana soglasja dijakov in odobritev ravnatelja šole so bila pridobljena. Podatki so bili anonimizirani z uporabo kodne sheme, s čimer sta bila anonimnost in objektivnost zagotovljeni v vsakem koraku raziskave. Do zbranih podatkov je imel dostop le raziskovalec.

Vsi udeleženci so sodelovali prostovoljno in niso bili finančno nagrajeni za sodelovanje v raziskavi. Raziskava je potekala v skladu z etičnimi standardi Deklaracije iz Helsinkov iz leta 1964 in evropskim zakonom o varstvu podatkov (Splošna uredba o varstvu podatkov EU–GDPR UE 2016/67) in evropskega kodeksa ravnanja za ohranjanje integritete raziskav.

## Instrumenti

Test za določanje motivacije za matematiko (test *Attitudes Toward Math Instruction* oz. *ATMI*) je bil pridobljen iz (Sundre idr., 2012). Celoten test določa 40 elementov, ki so vezane na podlestvice. Mi smo izluščili sedem elementov, ki so vezani na motivacijo do učenja matematike. Vprašani odgovarjajo na vrsto vprašanj, na Likertovi lestvici od 1 (se popolnoma ne strinjam) do 5 (se popolnoma strinjam). Negativno osnovana vprašanja se točkujejo v obratni smeri, na koncu pa se vsi elementi med sabo seštejejo. Test za matematično tesnobo (test *Abbreviated Math Anxiety Scale* oz. *AMAS*) je bil pridobljen iz (*PsyToolkit*, b. d.) in uporablja 9 vprašanj, točkovanih na Likertovi lestvici od 1 do 5 tipa »Koliko ti ... povzroča anksioznosti?«. Oba testa sta dokazano zanesljiva, veljavna in učinkovita v izobraževalnem kontekstu (Cho, 2022; Fiorella idr., 2021; Hopko idr., 2003; Lim & Chapman, 2013; Primi idr., 2020; Sundre idr., 2012; Yavuz idr., 2012). Anketa je uporabljala uveljavljene elemente z manjšimi prilagoditvami, da bi se prilagodila različnim kulturnim in socialnim kontekstom, pri čemer so bili ohranjeni konstrukti instrumenta. Dodali smo še splošne spremenljivke (spol, razred, učitelj in prejšnji uspeh pri matematiki). Celoten vprašalnik, ki je bil razdeljen s pomočjo Google forms je dostopen v Prilogi A.

## Obdelava podatkov

Podatki, zbrani med raziskavo, so bili analizirani z uporabo programskega jezika Python (verzija 3.11.4), predvsem s knjižnicama pandas (verzija 2.1.3) in scikit-learn (verzija 1.3.2). [Nepredelani anonimizirani nabor podatkov](https://github.com/borbregant/ai_tandem_learning/blob/main/data_cleaned.xlsx) in [statistična koda](https://github.com/borbregant/ai_tandem_learning/blob/main/korelacija_anksioznost_motivacija.ipynb) sta odprto dostopna na (Bregant, 2023).

## Vzorec

Po predpripravi podatkov, je finalna kohorta obsegala 177 dijakov z 19 rešenimi odgovori, ki so med drugim določali matematično anksioznost (nadaljnje v preglednicah in slikah pogosto okrajšana kot anksioznost) in motivacijo za matematiko (nadaljnje v preglednicah in slikah pogosto okrajšana kot motivacija).

# Rezultati

## Deskriptivna statistika

Deskriptivno statistiko vzorca opisuje Preglednica 1 in Slika 1. Izmed vprašanih je bilo 108 (61%) žensk. Socio-ekonomski statusi (SES) dijakov vključenih v raziskavo nam niso bili na razpolago. Lahko pa na podlagi direktnih opazovanj in lastnosti šole (lokacija, populacija učiteljev in podobno) sklepamo, da je SES malenkost nad slovenskim povprečjem.

Preglednica 1: Deskriptivni opis vzorca s kvantili matematične anksioznosti in motivacije za matematiko. M označuje aritmetično sredino, SD standardni odklon, ostale vrednosti pa kvantile.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Matematična anksioznost | Motivacija za matematiko |
| M | 26.24 | 20.78 |
| SD | 7.51 | 6.93 |
| min | 9.00 | 7.00 |
| 25% | 21.00 | 16.00 |
| 50% | 27.00 | 21.00 |
| 75% | 32.00 | 26.00 |
| max | 44.00 | 35.00 |

A diagram of different types of objects

Description automatically generated with medium confidence

Slika 1: Violinska škatla z brki za matematično anksioznost in motivacijo za matematiko.

Merila Slike 1 med matematično anksiozostjo in motivacijo za matematiko nista odvisna. Za skaliranje podatkov se nismo odločili, da rezultati ostanejo primerljivi drugim raziskavam, ki uporabljajo enake instrumente.

Za ugotavljanje veljavnosti hipoteze, tj. med matematično anksioznostjo in motivacijo za matematiko, smo se poslužili kovariance, Spearmanovega koeficienta in Kendallovega Tau. Normalnost bomo testirali s Shapiro-Wilkovim testom, linearnost pa s klasično OLS regresijo.

## Interferenčna statistika

Za notranjo konsistentnost smo uporabili Cronbachov *α*-koeficient, katerega vrednost, skupaj s 95 % intervalom zaupanja, vidimo v Preglednici 2.

Preglednica 2: Preverjanje notranje konsistentnosti vprašalnikov s Cronbachovim α.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Spremenljivka | Vrednost *α* | 95% interval zaupanja |
| Matematična anksioznost | 0.77 | [0.68, 0.83] |
| Motivacija za matematiko | 0.87 | [0.83, 0.91] |

Notranja konsistentnost je za matematično anksioznost sprejemljiva, za motivacijo za matematiko pa dobra.

Normalnost porazdelitve matematične anksioznosti in matematične motivacije smo preverili s Shapiro-Wilkovim testom, ki ničelno hipotezo o normalnosti porazdelitve v obeh primerih ovrže. V Preglednici 3 najdemo *p*-vrednosti omenjenga testa, na Sliki 2 in Sliki 3 pa je predstavljen poskus normaliziranja krivulj. Vizualno lahko preverimo (ne)-normalnost na podlagi histograma in QQ - grafikona.

Preglednica 3: Preverjanje normalnosti opazovanih spremenljivk s Shapiro-Wilkovim testom.

|  |  |
| --- | --- |
| Shapiro-Wilkov test | |
| Spremenljivka | *p*-vrednost |
| Motivacija za matematiko | 0.01 |
| Matematična anksioznost | 0.02 |

A graph and diagram of a graph

Description automatically generated with medium confidence

Slika 2: Test normalnosti motivacije za matematiko. Levi del slike prikazuje histogram, skupaj s prilagojeno zvezno porazdelitvijo (angl. KDE; Han & Kwak, 2023), desni del slike pa Q–Q grafikon glede na normalno porazdelitev.

A comparison of a graph

Description automatically generated

Slika 3: Test normalnosti matematične anksioznosti. Levi del slike prikazuje histogram, skupaj s prilagojeno zvezno porazdelitvijo (angl. KDE; Han & Kwak, 2023), desni del slike pa Q–Q grafikon glede na normalno porazdelitev.

V Preglednici 4 vidimo kovariančno matriko, Spearmanov koeficient ρ, Kendallov Tau τ ter njuni pripadajoči *p*-vrednosti.

Preglednica 4: Testi korelacije τ in ρ, skupaj s kovariančno matriko za matematično anksioznost in motivacijo za matematiko.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Kovariančna matrika | | *p*-vrednost |
| 47.98 (varianca anksioznosti) | -26.89 (kovarianca) |
| -26.89 (kovarianca) | 56.45 (varianca motivacije) |
| Korelacija med matematično anksioznostjo in motivacijo za matematiko | |
| τ | -0.35 | 0.00 |
| ρ | -0.47 | 0.00 |

Na osnovi vrednosti Kendallovega Tau in Spearmanovega koeficienta lahko sklepamo, da med matematično anksioznostjo in motivacijo za matematiko velja »srednja« negativna korelacija. Negativna kovarianca nam potrdi, da sta spremenljivki obratno sorazmerni, velikost kovariance pa ne kaže definitne moči korelacije. Z namenom objektivnejše analize smo preverili, ali je korelacija med tema spremenljivkama linearna. Za ta namen smo se poslužili OLS testa linearne regresije, ki ga lahko podrobneje preberemo v prilogi B. Test kaže na »blago« linearno zvezo. Za odvisno spremenljivko smo si izbrali motivacijo za matematiko (lahko bi vlogo spremenljivk tudi obrnili). Linearni model pojasni 26.7% variance v odvisni spremenljivki, kar kaže na srednje ujemanje krivulje. Model je pomemben (*F* = 63.75, *p* < 0.01). Negativna log-verjetnost je -565.73, kar kaže na uspeh predikcije na opazovanih podatkih, medtem ko AIC in BIC, ki znašata 1135 in 1142 zaporedno predlagata prostor za izboljšave. Koeficient anksioznosti beta, ki znaša -0.48 ima *t*-statistiko -7.99 s pripadajočo *p*-vrednostjo 0.00. Koeficient *beta 0* v regresiji je 33.27, s *t*-statistiko 20.44 in pripadajočo *p*-vrednostjo 0.00, kar je v skladu z narejeno statistiko, ki ni bila skalirana. Še enkrat spomnimo, da statistike nismo skalirali zaradi morebitne bodoče primerjave z drugimi raziskavami, ki uporabljajo enake teste.

Na Sliki 4 vidimo pripadajoč graf porazdelitve opazovanih spremenljivk.

A graph with blue dots

Description automatically generated

Slika 4: Graf vrednosti matematične anksioznosti in motivacije za matematiko. Manj prozorne točke predstavljajo več enakih vrednosti.

# Diskusija in sklep

V raziskavi smo ugotovili, da matematična anksioznost in motivacija za matematiko kažeta srednjo negativno korelacijo pri dijakih prvega, drugega in tretjega letnika na gimnazijskem programu, kar potrjujejo tudi rezultati dosedanjih raziskav kot kaže meta-analiza Li idr., (2021).

Dobljena korelacija lahko pomeni, da zvišana anksioznost pri matematiki negativno vpliva na dijakovo intrinzično motivacijo za »spopad« z matematičnimi koncepti in s problemskim reševanjem. Dijaki, ki doživljajo višjo anksioznost, lahko kažejo nižjo motivacijo in pripravljenost za izzive, ki jih matematika (z ozirom na pouk ali pa kaj več) prinaša.

Faktorji, kot so učni pristopi (Greenwood, 1984), samopodoba (Süren & Kandemir, 2020), učiteljev odnos (Norwood, 1994) ter ekstrinzična in intrinzična motivacija v smislu odnosa do rezultata, katerega učenje matematike prinese (Süren & Kandemir, 2020), lahko napovejo opaženi korelaciji (Wang idr., 2018).

Poleg tega je pomembno omeniti, da je šola, vključena v našo raziskavo, načeloma znana kot elitna šola, ki dosega nadpovprečne akademske rezultate. Kljub temu statusu pa smo ugotovili, da je stopnja matematične anksioznosti med dijaki na tej šoli višja kot povprečna stopnja, izmerjena s pomočjo instrumenta AMAS, ki jo kažejo študije. Na primer (Cipora idr., 2015, 2018; Dykeman, 2017) so izmerili stopnjo anksioznosti 21.9, 21.0 in 23.0 zaporedno, medtem ko je bilo v vzorcu te raziskave povprečje 26.2. To nas opominja, da elitni status šole sam po sebi ne zagotavlja nižje stopnje anksioznosti pri matematiki med dijaki. Nasprotno, visoka pričakovanja in konkurenca, ki jih pogosto povezujemo s takšnimi ustanovami, lahko celo prispevajo k povečanju občutkov anksioznosti pri dijakih, kljub njihovemu visokemu akademskemu uspehu (Hollenstein idr., 2024; Mizala idr., 2015). Ta spoznanja dodatno utežujejo razumevanje korelacije med matematično anksioznostjo in motivacijo za matematiko ter poudarjajo potrebo po individualiziranih pristopih k obravnavi teh vprašanj, ki upoštevajo specifične okoliščine vsake šole in skupnosti.

Razumevanje dobljenih rezultatov lahko prispeva k usmeritvam učiteljev in ostalih ključnih oseb v vzgoji in izobraževanju za prilagoditve intervencij po meri za nižanje anksioznosti in višanje motivacije. Implementacija podpornih učnih okolij, prilagojenih učnih strategij in zagotavljanje ustrezne psihološke pomoči lahko potencialno to omogoči (Li idr., 2021). Razumeti pa moramo tudi, da anksioznost v moderaciji lahko pomaga pri koncentraciji in večanju delovnega spomina (Wang idr., 2015).

Zgoraj napisane usmeritve so nujne, saj se vplivi opazovanih faktorjev kažejo na uspehu matematike, ki po rezultatih raziskave PISA upada (Ministrstvo za vzgojo in izobraževanje RS & Pedagoški inštitut, 2023).

Vzorec sicer ni reprezentativen (če gledamo z globalnega vidika gimnazij na Slovenskem), kar omejuje posploševanje rezultatov, kljub temu pa dobljeni podatki omogočajo vpogled v reševanje problematike povezanosti med matematično anksioznostjo in motivacije za matematiko in so dobra podlaga za razvijanje takšnih strategij učiteljev matematike pri pouku, ki bodo omogočile zmanjševanje matematične anksioznosti in večanje motivacije za matematiko. Nadaljnje raziskave lahko pripomorejo k diverzifikaciji rezultatov in vključitvi longitudinalnih vpogledov v globjo dinamiko opažene korelacije. Opazovali smo le matematično anksioznost in motivacijo za matematiko, splošna aspekta teh faktorjev pa izpustili, čeprav so pojmi med seboj tesno povezani (Caviola idr., 2022).   
Za celovito razumevanje dinamike med matematično anksioznostjo, motivacijo za matematiko in akademskim uspehom dijakov bi bilo koristno izvesti študije, ki bi preučevale različne metode in vzorce ter vključevale tudi motivacijske dejavnike. Poleg tega bi bilo smiselno raziskati vpliv drugih pomembnih dejavnikov, kot so učiteljski pristopi, družinsko ozadje in družbeni pritiski, na te pojave. Kritično preučevanje teh vidikov lahko pripomore k boljšemu razumevanju vzrokov in posledic matematične anksioznosti ter motivacije za matematiko, kar bi lahko vodilo v razvoj učinkovitih strategij za spodbujanje pozitivnih izidov v inkluzivnem šolskem okolju.

Matematična anksioznost in motivacija za matematiko sta koncepta, ki ju je v vzgojno-izobraževalnem procesu pouka matematike nujno razumeti. Zavedati se moramo njune (negativne) korelacije in po potrebi, z ozirom na ta dejavnika, interverinati v učenčevo učno pot. Ni dovolj zgolj brezciljno merjenje, rešitve morajo biti tudi kontrolirane s pomočjo širše slike učenca. Smotrno je na ta dva pojava opozarjati in se še posebej zavedati njunega obstoja.

# Abstract

Mathematics anxiety and mathematics motivation are factors that are part of an individual's personality while also influencing their academic development. The former refers to the fear and apprehension before or during a math-related activity, which hinders success in the subject, while the latter pertains to the extent in which individuals value the importance of math skills, are interested in math-related activities, and are motivated to perform well in math. Students who value success in mathematics report lower levels in mathematics anxiety, while poor use of motivational beliefs can reduce success and increase said anxiety. Previous research indicates that these factors are negatively correlated with each other, a correlation we decided to analyze ourselves using a selected Slovenian gymnasium (i.e. high school) as a case study.

For this purpose, we employed the causal non-experimental method of pedagogical research and, through an online survey, measured these variables with the help of established instruments for measuring mathematics anxiety (using AMAS test) and motivation for mathematics (using ATMI test) on a sample of 177 grade-10 (approx. 15 years old), grade-11 (approx. 16 years old), and grade-12 (approx. 17 years old) students of a Slovenian Gymnasium in the academic year 2023/24. We assessed the internal consistency of the instruments using Cronbach's *α* coefficient and the normality of the data using the Shapiro-Wilk (SW) test. Kendall's τ and Spearman's ρ coefficients were used for correlation analysis.

The AMAS instrument proved to be acceptable (*α* = 0.77), while the ATMI instrument showed good reliability (*α* = 0.87). Neither mathematical anxiety nor motivation for mathematics were normally distributed in our sample (*p*-values of SW test were 0.02 and 0.01, respectively). The correlation between the observed variables was moderate and negative (τ = -0.35 and ρ = -0.47), confirming our hypothesis.

Found correlation suggests that heightened anxiety in mathematics negatively impacts students' intrinsic motivation to engage with mathematical concepts and problem-solving. Factors such as different learning approaches, self-esteem, teacher-student relationships, and extrinsic and intrinsic motivation are identified as predictors of this correlation. Notably, despite its elite status, the school involved in the study showed higher levels of mathematical anxiety among students compared to the average, highlighting the need for tailored interventions.

The obtained results suggest that they could be beneficial to educational institutions for a deeper understanding of these factors and for potential intervention programs. Further research is necessary from both the perspective of mathematics didactics and psychology and pedagogy to better understand the impacts on students. The study could be enhanced with a more representative sample and a detailed analysis of what this correlation implies in the observed case.

# Literatura

Aiken, L. (1974). Two Scales of Attitude Toward Mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, *5*(2), 67–71.

Akbuga, E., & Havan, S. (2022). Motivation to study calculus: Measuring student performance expectation, utility value and interest. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *53*(12), 3185–3202. https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1931515

Arellano-García, Y., Vargas-De-León, C., Guzmán-Martínez, M., & Reyes-Carreto, R. (2022). A Simple Mathematics Motivation Scale and Study of Validation in Mexican Adolescents. *SAGE Open*, *12*(1), 215824402210852. https://doi.org/10.1177/21582440221085264

Ashcraft, M. H., & Krause, J. A. (2007). Working memory, math performance, and math anxiety. *Psychonomic Bulletin & Review*, *14*(2), 243–248. https://doi.org/10.3758/BF03194059

Barroso, C., Ganley, C. M., McGraw, A. L., Geer, E. A., Hart, S. A., & Daucourt, M. C. (2021). A meta-analysis of the relation between math anxiety and math achievement. *Psychological Bulletin*, *147*(2), 134–168. https://doi.org/10.1037/bul0000307

Beasley, T. M., Long, J. D., & Natali, M. (2001). A Confirmatory Factor Analysis of the Mathematics Anxiety Scale for Children. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development*, *34*(1), 14–26. https://doi.org/10.1080/07481756.2001.12069019

Bregant, B. (2023). *Tandem learning: Student dataset* (1.0) [dataset]. GitHub. https://github.com/borbregant/ai\_tandem\_learning

Caviola, S., Toffalini, E., Giofrè, D., Ruiz, J. M., Szűcs, D., & Mammarella, I. C. (2022). Math Performance and Academic Anxiety Forms, from Sociodemographic to Cognitive Aspects: A Meta-analysis on 906,311 Participants. *Educational Psychology Review*, *34*(1), 363–399. https://doi.org/10.1007/s10648-021-09618-5

Chamberlin, S. (2010). A review of Instruments Created to Assess Affect in Mathematics. *Journal of Mathematics Education*, *3*(1), 167–182.

Cho, K. W. (2022). Measuring Math Anxiety Among Predominantly Underrepresented Minority Undergraduates Using the Abbreviated Math Anxiety Scale. *Journal of Psychoeducational Assessment*, *40*(3), 416–429. https://doi.org/10.1177/07342829211063286

Cipora, K., Szczygieł, M., Willmes, K., & Nuerk, H.-C. (2015). Math Anxiety Assessment with the Abbreviated Math Anxiety Scale: Applicability and Usefulness: Insights from the Polish Adaptation. *Frontiers in Psychology*, *6*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01833

Cipora, K., Willmes, K., Szwarc, A., & Nuerk, H.-C. (2018). Norms and validation of the online and paper-and-pencil versions of the Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS) for Polish adolescents and adults. *Journal of Numerical Cognition*, *3*(3), 667–693. https://doi.org/10.5964/jnc.v3i3.121

Cuder, A., Živković, M., Doz, E., Pellizzoni, S., & Passolunghi, M. C. (2023). The relationship between math anxiety and math performance: The moderating role of visuospatial working memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, *233*, 105688. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2023.105688

Doz, E., Cuder, A., Pellizzoni, S., Carretti, B., & Passolunghi, M. C. (2023). Arithmetic Word Problem-Solving and Math Anxiety: The Role of Perceived Difficulty and Gender. *Journal of Cognition and Development*, *24*(4), 598–616. https://doi.org/10.1080/15248372.2023.2186692

Dreger, R. M., & Aiken, L. R. (1957). The identification of number anxiety in a college population. *Journal of Educational Psychology*, *48*(6), 344–351. https://doi.org/10.1037/h0045894

Dykeman, C. (2017). *The Weighted Average of Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS) Studies on College Students*. Oregon State University.

Echeverría Castro, S. B., Sotelo Castillo, M. A., Acosta Quiroz, C. O., & Barrera Hernández, L. F. (2020). Measurement Model and Adaptation of a Self-Efficacy Scale for Mathematics in University Students. *SAGE Open*, *10*(1), 215824401989908. https://doi.org/10.1177/2158244019899089

Fennema, E., & Sherman, J. A. (1976). Fennema-Sherman Mathematics Attitudes Scales: Instruments Designed to Measure Attitudes toward the Learning of Mathematics by Females and Males. *Journal for Research in Mathematics Education*, *7*(5), 324. https://doi.org/10.2307/748467

Fiorella, L., Yoon, S. Y., Atit, K., Power, J. R., Panther, G., Sorby, S., Uttal, D. H., & Veurink, N. (2021). Validation of the Mathematics Motivation Questionnaire (MMQ) for secondary school students. *International Journal of STEM Education*, *8*(1), 52. https://doi.org/10.1186/s40594-021-00307-x

Garon‐Carrier, G., Boivin, M., Guay, F., Kovas, Y., Dionne, G., Lemelin, J., Séguin, J. R., Vitaro, F., & Tremblay, R. E. (2016). Intrinsic Motivation and Achievement in Mathematics in Elementary School: A Longitudinal Investigation of Their Association. *Child Development*, *87*(1), 165–175. https://doi.org/10.1111/cdev.12458

Greenwood, J. (1984). SoundOFF: My Anxieties About Math Anxiety. *The Mathematics Teacher*, *77*(9), 662–663. https://doi.org/10.5951/MT.77.9.0662

Han, S., & Kwak, I.-Y. (2023). Mastering data visualization with Python: Practical tips for researchers. *Journal of Minimally Invasive Surgery*, *26*(4), 167–175. https://doi.org/10.7602/jmis.2023.26.4.167

Hecht, C. A., Grande, M. R., & Harackiewicz, J. M. (2021). The role of utility value in promoting interest development. *Motivation Science*, *7*(1), 1–20. https://doi.org/10.1037/mot0000182

Ho, H.-Z., Senturk, D., Lam, A. G., Zimmer, J. M., Hong, S., Okamoto, Y., Chiu, S.-Y., Nakazawa, Y., & Wang, C.-P. (2000). The Affective and Cognitive Dimensions of Math Anxiety: A Cross-National Study. *Journal for Research in Mathematics Education*, *31*(3), 362–379. https://doi.org/10.2307/749811

Hollenstein, L., Rubie-Davies, C. M., & Brühwiler, C. (2024). Teacher expectations and their relations with primary school students’ achievement, self-concept, and anxiety in mathematics. *Social Psychology of Education*, *27*(2), 567–586. https://doi.org/10.1007/s11218-023-09856-1

Hopko, D. R., Mahadevan, R., Bare, R. L., & Hunt, M. K. (2003). The Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS): Construction, Validity, and Reliability. *Assessment*, *10*(2), 178–182. https://doi.org/10.1177/1073191103010002008

Jansen, B. R. J., Louwerse, J., Straatemeier, M., Van Der Ven, S. H. G., Klinkenberg, S., & Van Der Maas, H. L. J. (2013). The influence of experiencing success in math on math anxiety, perceived math competence, and math performance. *Learning and Individual Differences*, *24*, 190–197. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.12.014

Kesici, Ş., & Erdoğan, A. (2009). Predicting college students’ mathematics anxiety by motivational beliefs and self-regulated learning strategies. *College student journal*, *43*, 631–642.

Li, Q., Cho, H., Cosso, J., & Maeda, Y. (2021). Relations Between Students’ Mathematics Anxiety and Motivation to Learn Mathematics: A Meta-Analysis. *Educational Psychology Review*, *33*(3), 1017–1049. https://doi.org/10.1007/s10648-020-09589-z

Lim, S. Y., & Chapman, E. (2013). Development of a short form of the attitudes toward mathematics inventory. *Educational Studies in Mathematics*, *82*(1), 145–164. https://doi.org/10.1007/s10649-012-9414-x

Lutovac, S. (2008). Matematična anksioznost. *Journal of Elementary Education*, *1*(1/2), Article 1/2.

Milovanović, I. (2020). Math Anxiety, Math Achievement and Math Motivation in High School Students: Gender Effects. *Croatian Journal of Education - Hrvatski časopis za odgoj i obrazovanje*, *22*(1). https://doi.org/10.15516/cje.v22i1.3372

Ministrstvo za vzgojo in izobraževanje RS, & Pedagoški inštitut. (2023). *Znani rezultati mednarodne raziskave bralne, matematične in naravoslovne pismenosti PISA 2022*. Portal GOV.SI. https://www.gov.si/novice/2023-12-05-znani-rezultati-mednarodne-raziskave-bralne-matematicne-in-naravoslovne-pismenosti-pisa-2022/

Mizala, A., Martínez, F., & Martínez, S. (2015). Pre-service elementary school teachers’ expectations about student performance: How their beliefs are affected by their mathematics anxiety and student’s gender. *Teaching and Teacher Education*, *50*, 70–78. https://doi.org/10.1016/j.tate.2015.04.006

Norwood, K. S. (1994). The Effect of Instructional Approach on Mathematics Anxiety and Achievement. *School Science and Mathematics*, *94*(5), 248–254. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1994.tb15665.x

Perry, A. B. (2004). Decreasing Math Anxiety in College Students. *College Student Journal*, *38*(2), 321–324.

Piccirilli, M., Lanfaloni, G. A., Buratta, L., Ciotti, B., Lepri, A., Azzarelli, C., Ilicini, S., D’Alessandro, P., & Elisei, S. (2023). Assessment of math anxiety as a potential tool to identify students at risk of poor acquisition of new math skills: Longitudinal study of grade 9 Italian students. *Frontiers in Psychology*, *14*, 1185677. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1185677

Primi, C., Donati, M. A., Izzo, V. A., Guardabassi, V., O’Connor, P. A., Tomasetto, C., & Morsanyi, K. (2020). The Early Elementary School Abbreviated Math Anxiety Scale (the EES-AMAS): A New Adapted Version of the AMAS to Measure Math Anxiety in Young Children. *Frontiers in Psychology*, *11*, 1014. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01014

*PsyToolkit*. (b. d.). Pridobljeno 4. november 2023, s https://www.psytoolkit.org/index.html

Richardson, F. C., & Suinn, R. M. (1972). The Mathematics Anxiety Rating Scale: Psychometric data. *Journal of Counseling Psychology*, *19*(6), 551–554. https://doi.org/10.1037/h0033456

Rodríguez, S., Regueiro, B., Piñeiro, I., Valle, A., Sánchez, B., Vieites, T., & Rodríguez-Llorente, C. (2020). Success in Mathematics and Academic Wellbeing in Primary-School Students. *Sustainability*, *12*(9), 3796. https://doi.org/10.3390/su12093796

Romero, A. A., & Angeles, E. D. (2023). Flipped Classroom in a Digital Learning Space: Its Effect on the Students’ Attitude Toward Mathematics. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, *22*(1), 210–227. https://doi.org/10.26803/ijlter.22.1.12

Samuel, T. S., & Warner, J. (2021). “I Can Math!”: Reducing Math Anxiety and Increasing Math Self-Efficacy Using a Mindfulness and Growth Mindset-Based Intervention in First-Year Students. *Community College Journal of Research and Practice*, *45*(3), 205–222. https://doi.org/10.1080/10668926.2019.1666063

Shores, M. L., & Shannon, D. M. (2007). The Effects of Self‐Regulation, Motivation, Anxiety, and Attributions on Mathematics Achievement for Fifth and Sixth Grade Students. *School Science and Mathematics*, *107*(6), 225–236. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2007.tb18284.x

Sundre, D., Barry, C., Gynnild, V., & Tangen Ostgard, E. (2012). Motivation for Achievement and Attitudes toward Mathematics Instruction in a Required Calculus Course at the Norwegian University of Science and Technology. *Numeracy*, *5*(1). https://doi.org/10.5038/1936-4660.5.1.4

Süren, N., & Kandemir, M. A. (2020). The Effects of Mathematics Anxiety and Motivation on Students’ Mathematics Achievement. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, *8*(3), 190. https://doi.org/10.46328/ijemst.v8i3.926

Szczygieł, M. (2022). Math Attitude and Math Anxiety of STEM Students Needs More Attention. *Polish Psychological Bulletin*, *53*(3). https://doi.org/10.24425/ppb.2022.141868

Tapia, M., & Marsh, G. E. (2004). An Instrument to Measure Mathematics Attitudes. *Academic exchange quarterly*, *8*, 16–22.

Uradni list RS. (2023). *Zakon o visokem šolstvu (ZVis)*. pisrs. http://pisrs.si

Wakhata, R., Mutarutinya, V., & Balimuttajjo, S. (2022). Secondary school students’ attitude towards mathematics word problems. *Humanities and Social Sciences Communications*, *9*(1), 444. https://doi.org/10.1057/s41599-022-01449-1

Wang, Z., Lukowski, S. L., Hart, S. A., Lyons, I. M., Thompson, L. A., Kovas, Y., Mazzocco, M. M. M., Plomin, R., & Petrill, S. A. (2015). Is Math Anxiety Always Bad for Math Learning? The Role of Math Motivation. *Psychological Science*, *26*(12), 1863–1876. https://doi.org/10.1177/0956797615602471

Wang, Z., Shakeshaft, N., Schofield, K., & Malanchini, M. (2018). Anxiety is not enough to drive me away: A latent profile analysis on math anxiety and math motivation. *PLOS ONE*, *13*(2), e0192072. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192072

Yavuz, G., Ozyildirim, F., & Dogan, N. (2012). Mathematics Motivation Scale: A Validity and Reliability. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *46*, 1633–1638. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.352

# Priloge

## Priloga A: Vprašalnik

Preglednica 5: Vprašalnik.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Kviz osebnosti (motivacija): Označi, koliko od 1 do 5 se strinjaš s trditvijo | 1 | V moji izobraževalni poti želim imeti čim več matematike. | Vsota odgovorov na Likertovi lestvici 1 - 5, kjer se vprašanja (R) točkujejo inverzno (npr. 2 -> 4). |
| 2 | Na fakulteti bi se rad izognil matematki. (R) |
| 3 | Težavnost matematike me privlači. |
| 4 | Učenje (napredne) matematike smatram za uporabno. |
| 5 | Deljenje idej za reševanje matematičnega problema mi je v coni udobja. |
| 6 | Rad imam matematiko. |
| 7 | Matematika je dolgočasna. (R) |
| Kviz osebnosti (matematična anksioznost): Od 1 (skoraj nič anksioznosti) do 5 (velika anksioznost) označi, koliko ti sledeča stvar povzroča anksioznosti (nelagodja, tesnobe) | 8 | Uporaba in iskanje formul ter tabel na zadnji strani poglavja v učbeniku. | Vsota odgovorov na Likertovi lestvici 1 - 5. |
| 9 | Razmišljanje o testu matematike dan prej. |
| 10 | Gledanje profesorja, ki na tablo rešuje enačbo. |
| 11 | Pisanje testa matematike. |
| 12 | Prejemanje domače naloge pri matematiki. |
| 13 | Poslušanje ure matematike v razredu. |
| 14 | Poslušanje sošolca, ki razlaga snov pri matematiki. |
| 15 | Pisanje kratkega nenapovedanega preverjanja pri matematiki. |
| 16 | Začetek nove snovi pri pouku matematike. |
| Splošna vprašanja (ki niso bila zajeta v analizo podatkov) | 17 | Lanska zaključna ocena pri matematiki | Možne vrednosti 1 – 5 |
| 18 | Razred | 12 možnih izbir |
| 19 | Spol | 2 možni izbiri |
| 20 | Učeči profesor | 5 možnih izbir |

## Priloga B: Test linearnosti

Preglednica 6: OLS test linearnosti in Bresch-Pagan-ov test linearnosti.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Dep. Variable: | Motivacija | | | | R-squared: | | 0.27 | | | |
| Model: | OLS | | | | Adj. R-squared: | | 0.26 | | | |
| Method: | Least Squares | | | | F-statistic: | | 63.75 | | | |
| Prob (*F*-statistic): | 0.00 | | | | Log-Likelihood: | | -565.73 | | | |
| No. Observations: | 177 | | | | AIC: | | 1135 | | | |
| Df Residuals: | 175 | | | | BIC: | | 1142 | | | |
| Df Model: | 1 | | | |  | |  | | | |
| Covariance Type: | nonrobust | | | |  | |  | | | |
|  | | | | | | | | | | |
|  | | | coef | std err | | *t* | | P>|*t*| | [0.025 | 0.975] | |
| Intercept | | | 33.2734 | 1.628 | | 20.44 | | 0.00 | 30.06 | 36.49 | |
| Anksioznost | | | -0.4764 | 0.060 | | -7.99 | | 0.00 | -0.59 | -0.36 | |
|  | | | | | | | | | | |
| Omnibus: | | | 2.27 | | | Durbin-Watson: | | 1.83 | | | |
| Prob(Omnibus): | | | 0.32 | | | Jarque-Bera (*JB*): | | 1.94 | | | |
| Skew: | | | 0.25 | | | Prob(*JB*): | | 0.38 | | | |
| Kurtosis: | | | 3.13 | | | Cond. No. | | 99.5 | | | |
|  | | | | | | | | | | |
| Breusch-Pagan test | | Vrednost  Lagrange multiplier | | *p*-vrednost | | | | *f*-vrednost | *p*-vrednost *f-*vrednosti | |
| 4.07 | | 0.11 | | | | 2.51 | 0.11 | |

A graph with numbers and a red line

Description automatically generated

Slika 5: Premica linearne regresije na grafu matematične anksioznosti in motivacije za matematiko.