

PN-III-P1-1.1-TE-2016-2107

63/02.05.2018

Diminuarea anxietății de matematică în perioada școlară timpurie: O intervenție de tip tutoring cognitiv versus antrenamentul memoriei de lucru în dezvoltarea conceptului de număr.

www.miminanx.ro

Raport științific

2019

Principalul obiectiv al proiectului a presupus (1) clarificarea relației dintre anxietatea față de matematică și performanța matematică în perioada școlară timpurie. Totodată, proiectul se concentrează și pe (2) investigarea mecanismelor implicate în dezvoltarea simțului numeric în relație cu anxietatea față de matematică și maleabilitatea acestora la intervenție. Ne-am propus (3) să investigăm relația dintre anxietatea față de matematică și diferențe inter-individuale în alte forme de anxietate (de testare sau anxietatea ca trăsătură) precum și (4) găsim cele mai potrivite metode pentru a evalua și investiga semnele timpurii ale anxietății față de matematică.

Conform cu primul obiectiv am realizat un program computerizat complex pentru antrenamentul cognitiv al copiilor de vârstă școlară timpurie (detaliat în secțiunea I). Totodată, pentru îndeplinirea obiectivelor (1) și (3) am realizat și trimis spre publicare un studiu axat pe rolul funcțiilor executive în relația dintre anxietate și performanța matematică a școlărilor (secțiunea II). Pentru obiectivele (2) și (4) am finalizat colectarea de date pentru un studiu de adaptare a multiplelor scale de anxietate față de matematică, continuând demersurile făcute în 2018 (secțiunea III).

I. MATEMATROLII – un program de antrenament cognitiv pentru anxietatea față de matematică

Tehnologiile digitale reprezintă un aspect esențial în dezvoltarea unor programe de tutoring cognitiv care să se plieze pe nevoile noilor generații. În ultimii ani a putut fi observată o deschidere tot mai mare înspre integrarea computerelor în demersul educațional. Anderson (1996) este de părere că un tutore cognitiv poate lua forma unei tehnologii instructionale, accesibilă prin intermediul calculatorului. Altfel spus, tutorele uman poate fi înlocuit de către o variantă mediată tehnologic, în care instrucțiunile sunt bazate pe un model cognitiv al competențelor pe care utilizatorul își propune să le învețe.

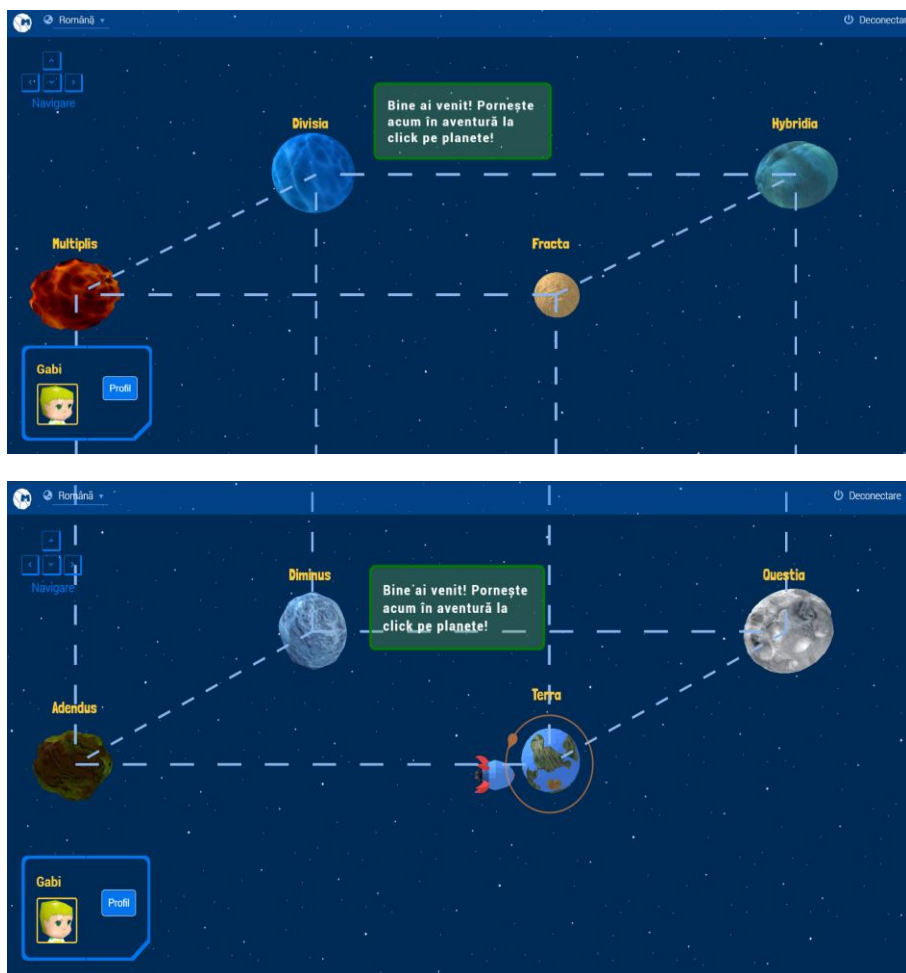
La momentul actual există un număr generos de programe de training ce au drept scop evaluarea competențelor matematice, analiza modalităților de învățare, precum și oferirea experienței educaționale pe baza modelului de tutoring cognitiv. Programele sunt foarte variate din punctul de vedere al calității conținutului matematic pe care îl oferă, a feedback-ului, a interacțiunilor, dar și adaptabilității de care dau dovadă (Cayton-Hodges, Feng & Pan, 2015). Aceste aplicații pot fi accesate de pe telefon, tabletă, dar și de pe computer, în format online sau offline. În ciuda accesibilității la scară largă, validitatea empirică este una redusă, din cauza faptului că există un număr limitat de studii care să fundamenteze teoretic aceste jocuri. Cercetările care au inclus astfel de programe au constatat o îmbunătățire a competențelor matematice, precum și creșterea acceptării față de această disciplină (Ke, 2012; 2008). Cu toate acestea, niciunul dintre studiile existente nu s-a focalizat pe reducerea anxietății față de matematică.

Jocul „Matematrolii” (Imaginea 1) pornește de la datele cunoscute din literatura de specialitate cu privire la anxietatea față de matematică și la strategiile eficiente din programele de training cognitiv deja existente. Pe durata a 8 săptămâni, copiii pot explora 7 planete diferite, fiecare dintre ele având scopul de a dezvolta competențe matematice specifice. Planetele au denumiri tematice (Adendus, Diminus, Multiplis, Fractia etc.) și îmbină componentele unui joc pe calculator cu partea de tutoring cognitiv cu scopul reducerii anxietății față de matematică. Se dorește prezentarea matematicii într-o modalitate cât mai puțin aversivă sau care ar putea produce distres. Povestea jocului urmează un traseu liniar, eroul fiind chemat să salveze universul de către roboștii „matematrolii”. În drumul său, eroul

explorează galaxia și îndeplinește diferite misiuni spațiale, totul cu ajutorul matematicii (Imaginile 2 și 3).



Imaginea 1. Pagina de start a jocului „Matematrolii”



Imaginile 2 și 3. Cadru din joc

Structura jocului este următoarea, 6 din cele 7 planete sunt alcătuite din 7 niveluri: 6 conțin exerciții, iar cel de-al 7-lea nivel este compus din probleme. O singură planetă, cea a

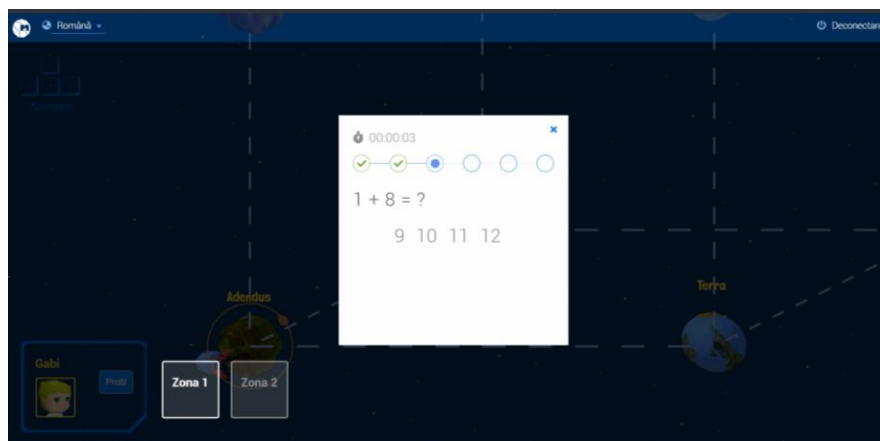
Scăderii, conține doar 6 niveluri. Fiecare nivel are 3 seturi a câte 6 exerciții, unul principal și două seturi suplimentare ce apar în momentul în care copilul oferă cel puțin 3 răspunsuri greșite la primul set. Pentru fiecare dintre exerciții, copiii sunt rugați să aleagă varianta corectă de răspuns dintre cele 4 afișate. Exercițiile sunt realizate pe baza curriculei școlare pentru clasele a II-a și a III-a. Cu scopul de a fi adaptat fiecărei clase în parte, nivelul 7, cel de probleme, este grupat la rândul său în probleme pentru clasa a II-a, respectiv a III-a.

Elementul de tutoring este relevat prin felul în care copiii pot solicita ajutorul unui tutore virtual, care le va arăta punctual pașii de rezolvare al problemelor. Solicitarea poate fi explicită, la cerere dar și automată, atunci când copilul oferă un răspuns greșit. Explicația vizuală este dublată de cea audio, ele nefiind însă interdependente. Se poate opta pentru varianta completă (audio + prezentare vizuală), sau doar pentru cea vizuală. Explicațiile tutorelui sunt similare celor oferite de către cadrele didactice în cadrul orelor de curs, așa încât copiii sunt deja familiarizați cu această modalitate de prezentare a informațiilor.

Un alt avantaj al acestui joc este posibilitatea de configurare a pachetelor de exerciții în funcție de conținutul ce se dorește a fi învățat, respectiv exersat. Dat fiind conținutul programei pentru clasa a II-a, doar anumite niveluri pot fi rezolvate de către copiii din acest ciclu educațional. Cu toate acestea, varietatea mare de exerciții permite realizarea de pachete speciale, în care copiii exersează adunarea, scăderea, învață despre fracții sau despre ordinea efectuării operațiilor. Dat fiind faptul că exercițiile cresc gradual în dificultate, chiar și copiii care nu sunt încă obișnuiți cu un anumit tip de exerciții le pot rezolva cu ajutorul feedback-ului individualizat.

Planeta Adunării (Adendus)

Planeta Adunării, Adendus, este alcătuită din 7 niveluri: primele 6 conțin exerciții iar ultimul probleme. Acesta din urmă este grupat în probleme pentru clasa a II-a, respectiv clasa a III-a. Fiecare dintre cele 7 niveluri are câte 6 exerciții ce trebuie rezolvate corect pentru a merge mai departe. Pentru fiecare exercițiu, copilul este rugat să aleagă răspunsul corect din 4 variante posibile. (de exemplu: „Cât este $12 + 16$?” a) 19 b) 23 c) 28) d) 18) (Imagine 4).



Imaginea 4. Exemplu de exercițiu

Atunci când se alege varianta corectă, răspunsul copilului se colorează verde, iar dacă greșește, va primi ghidaj individualizat. (de exemplu: „Adună mai întâi unitățile, iar apoi zecile”) (Imaginea 5). Dacă greșește din nou, va urma a doua parte a explicației („Mai încearcă! Am adunat unitățile, mai ai de adunat zecile”) (Imagine 6). Fiecare etapă este însoțită de câte o explicație vizuală. Scopul exercițiilor de pe planeta Adendus este de a-i ajuta pe copii să se familiarizeze cu și să exerseze efectuarea adunărilor de numere naturale în centrul 0 – 1 000, respectiv 0 – 10 000 precum și să utilizeze terminologia specifică și

simboluri matematice pentru a rezolva probleme cu raționamente simple. Nivelul de dificultate cu care începe fiecare set este unul redus, însă acesta crește gradual, pe măsură ce copilul avansează în rezolvarea exercițiilor.

$$\begin{array}{r} 12 + \\ 16 \\ \hline \square \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12 + \\ 16 \\ \hline \square 8 \end{array}$$

Imaginea 5. Exemplu de explicație vizuală

Imaginea 6. Exemplu de explicație vizuală

Așadar, **nivelul 1** are drept scop exersarea adunării în centrul 0 - 100 fără trecere peste ordin (de exemplu: 35 + 24). **Nivelul 2** include exerciții cu adunări în centrul 0 - 100 cu trecere peste ordin. În cadrul acestui nivel există și un așa-numit set 0, în care copiii exersează adunări între numere de o cifră cu trecere peste ordin (de exemplu: 7 + 5). Scopul este acela de a-i ajuta pe copii să își amintească principiile adunării cu trecere peste ordin utilizând numere mici, în centrul 0 - 10, înainte de a trece mai departe la adunări cu numere cu două cifre. Explicațiile oferite de către tutorele virtual sunt similare celor oferite de către cadrele didactice la școală. Spre exemplu explicația audio poate fi de felul: „Adună mai întâi unitățile iar apoi zecile./ Mai încearcă! Am adunat unitățile, mai ai de adunat zecile”(Vezi imaginea 7 pentru explicația vizuală).

$$\begin{array}{l} \textcircled{7} + 5 = 10 + 2 = \square \square \\ \quad \swarrow \searrow \\ \quad 3 \quad 2 \end{array}$$

Imaginea 7. Exemplu de explicație vizuală pentru adunarea cu trecere peste ordin

Nivelul 3 integrează exerciții cu adunare în centrul 0 - 1 000 fără trecere peste ordin (de exemplu: 620 + 174). **Nivelul 4** cuprinde exerciții cu adunare în centrul 0 - 1 000 cu trecere peste ordin (de exemplu: 680 + 123). **Nivelul 5** integrează exercițiile de adunare în centrul 0 - 10 000 fără trecere peste ordin (de exemplu: 511 + 5 405), iar **nivelul 6** exercițiile de adunare în centrul 0 - 10 000 cu trecere peste ordin (de exemplu: 5 555 + 1 989). **Ultimul nivel**, cel de-al 7-lea, cuprinde probleme pregătite individualizat pentru clasa a II-a, respectiv a III-a. Rezolvarea problemelor necesită cunoștințele dobândite la nivelurile anterioare, iar gradul de dificultate al problemelor crește treptat. Spre exemplu, textul unei probleme poate lua forma aceasta: „Mihai a văzut pe cer 67 de stele cu telescopul. El a mutat telescopul și a văzut încă 8 stele. Câte stele a văzut Mihai în total?”.

Planeta Scăderii (Diminus)

Planeta Scăderii, Diminus, urmează structura planetei anterioare. Obiectivul exercițiilor de pe această planetă este de a-i familiariza pe copiii cu efectuarea scăderii

numerelor naturale în centrul 0 - 1 000, respectiv 0 - 10 000 precum și să utilizeze terminologia specifică și simboluri matematice pentru a rezolva probleme cu raționamente simple. Totodată, prin varietatea exercițiilor propuse, copiii pot să-și exerseze cunoștințele deja existente, dar și să-și îmbunătățească strategiile de rezolvare de probleme.

Primul nivel cuprinde scăderi fără trecere peste ordin (de exemplu: $78 - 43$). Cel de **al doilea nivel** cuprinde scăderi cu trecere peste ordin. La rândul său, acest nivel include un set 0, menit să îi ajute pe copii să își reamintească scăderile cu numere mici (de exemplu: $12 - 5$) înainte de a trece la exerciții mai avansate (Imagine 8).

$$\begin{array}{r} 12 - 5 = \square \\ \swarrow \searrow \\ 10 \quad 2 \end{array}$$

Imaginea 8. *Exemplu de explicație vizuală pentru scăderea cu trecere peste ordin.*

Nivelul 3 exersează scăderile în centrul 0 - 1 000 fără trecere peste ordin (de exemplu: $987 - 26$), iar **nivelul 4** pe cele cu trecere peste ordin (de exemplu: $808 - 276$). **Nivelul 5** integrează scăderi în centrul 0 - 10 000 fără trecere peste ordin (de exemplu: $8905 - 270$), iar **nivelul 6** pe cele cu trecere peste ordin (de exemplu: $2004 - 999$). **Nivelul 7** cuprinde probleme de scădere, pe baza cunoștințelor exersate la nivelurile anterioare.

Planeta Înmulțirii (Multiplis)

Planeta Înmulțirii are, la rândul său, 7 niveluri: 6 de exerciții și unul de probleme. Exercițiile propuse îi ajută pe copii să exerseze efectuarea de înmulțiri în centrul 0 - 1 000, respectiv 0 - 10 000 folosind tabla înmulțirii, precum și să utilizeze terminologia specifică și a simbolurilor matematice în rezolvarea de probleme cu raționamente simple.

Nivelul 1 exersează adunări repetate cu termeni egali, în centrul 0 - 100. În acest fel copiii învață asocierea să asocieze adunări repetate a termenilor egali cu operația de înmulțire corectă, respectiv operații de înmulțire cu adunarea repetată pe care o reprezintă (Imaginile 9 și 10).

$$3 \times 7$$

de 3 ori

$$3 \times 7 = 7 + \square + \square$$

Imaginile 9 și 10. *Exemple de explicație vizuală a unei înmulțiri transformate în adunare repetată.*

Nivelul 2 cuprinde exerciții combinate cu factori de la 1 la 3 în centrul 0 - 100, fiind inserate și exerciții cu cazuri speciale (înmulțire cu 0, cu 1 și cu 10). **Nivelul 3** vizează exerciții cu factori de la 3 la 6, împreună cu exerciții cu cazuri speciale. **Nivelul 4** combină exerciții cu factori de la 7 la 9 cu exerciții cu cazuri speciale. **Nivelul 5** îi ajută pe copii să înțeleagă înmulțirea a doi termeni din care minim unul este format din două cifre (de exemplu: 32×3). **Nivelul 6** este conceput doar pentru copiii de clasa a III-a, întrucât în programa acestora este inclusă înmulțirea cu numere cu două, respectiv trei cifre (de exemplu: 41×6 ; 32×23 ; 444×3). Copiii de clasa a II-a trec, odată cu finalizarea nivelului 5 la nivelul problemelor.

Planeta Împărțirii (Divisia)

Planeta Împărțirii cuprinde 6 niveluri. Exercițiile acestui nivel oferă oportunitatea exersării de împărțire în centrul 0 – 100, evidențiind asocierea dintre înmulțire și împărțire. De asemenea, copiii sunt încurajați să utilizeze terminologia specifică și a simbolurilor matematice în rezolvarea de probleme cu raționamente simple.

Primul nivel se adresează exersării scăderilor repetate cu termeni egali în centrul 0 - 100. În cadrul acestui nivel, copiii sunt rugați să aleagă echivalentul ca operație de împărțire a unor scăderi repetate, respectiv echivalentul ca scădere repetată a unor operații de împărțire. **Al doilea nivel** se focalizează pe împărțirea numerelor în centrul 0 - 100 la 1, 2 sau 3, alături de cazurile speciale (împărțirea unui număr la el însuși, 0, 1, 10) (Imaginea 11).

$$9 : 3 = \square \qquad 3 \times \square = 9$$


Imaginea 11. *Exemplu de explicație vizuală a unei împărțiri, utilizându-se înmulțirea*

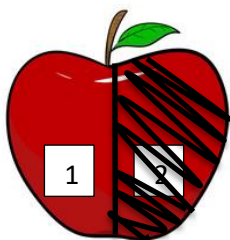
Explicațiile pentru exercițiile de împărțire se bazează pe evidențierea legăturii dintre împărțire și înmulțire. **Nivelul 3** cuprinde împărțiri la 4, 5 și 6, plus cazurile speciale. **Nivelul 4** cuprinde împărțirile la 7, 8 și 9, plus cazurile speciale. **Nivelul 5** exersează împărțirea numerelor naturale în centrul 0 - 100 la 1 – 10, alături de cazurile speciale. **Nivelul 6** este nivelul destinat problemelor; ele integrează exerciții combinate pe baza celorlalte 5 niveluri.

Planeta Frațiilor (Fractia)

Planeta Frațiilor cuprinde 7 niveluri: 6 de exerciții și unul de probleme. Doar primele 3 niveluri pot fi rezolvate de către copiii de clasa a II-a. Întrucât în curriculum pentru clasele a II-a și a III-a capitolul fracțiilor este unul scurt, scopul acestei planete a fost de a-i ajuta pe copii să-și exerseze cunoștințele și să reușescă să transpună conceptele vizuale și scrise în reprezentări matematice. Mai specific, pentru clasa a II-a, scopul exercițiilor este acela de a-i familiariza pe copii cu noțiunea de fracții astfel încât să recunoască fracțiile echivalente ($\frac{1}{2} = \frac{2}{4}$ și să înțeleagă terminologia specifică ($\frac{1}{2}$ = jumătate, doime; $\frac{1}{4}$ = sfert, pătrime). La nivelul clasei a III-a copiii învață să numească, scrie și să citească fracțiile, dar și să le ordoneze și compare.

Nivelurile 1 și 2 au drept scop familiarizarea copiilor cu termeni precum „doime”, „pătrime”, „două pătrimi”. Aceștia învață să asocieze scrierea termenilor cu reprezentarea lor grafică (de exemplu: „o doime” = $\frac{1}{2}$) și vice-versa. **Nivelul 3** îi ajută pe copii să identifice

numărătorul și numitorul, în timp ce la **nivelul 4** copiii trebuie să potrivească imaginea cu exprimarea, respectiv scrierea matematică (de exemplu: $\frac{1}{2}$) cu anumite desene („Cât reprezintă bucata desenată din întreg?”) (Imaginea 12).



Imagine 12. Exemplu de explicație grafică a unei fracții.

Nivelul 5 se adresează comparării între fracțiile cu același numitor, iar **nivelul 6** aprofundează aceste competențe, integrând și reprezentări vizuale ale fracțiilor pe care copiii sunt rugați să le compare. Nivelul 7, cel de probleme, se adresează exclusiv copiilor de clasa a III-a. Exemplu al unui enunț pentru o problemă cu fracții: „Andrei împarte o portocală în 2. Cât mănâncă el?”

Planeta Exercițiilor Complexe (Questia)

Planeta Exercițiilor Complexe cuprinde exerciții (nivelurile 1-6) și probleme (nivelul 7) care îmbină operațiile de ordinul I și II, fără și cu paranteze. Dificultatea exercițiilor este crescătoare, însă creșterea se referă la complexitatea exercițiilor, nu neapărat a calculelor. Obiectivul este acela de exersare atât a regulilor învățate privind ordinea efectuării operațiilor în funcție de ordinul lor cât și a celor privind existența parantezelor.

Nivelurile 1 și 2 cuprind exerciții de ordinul I și II care se rezolvă în ordinea scrisă, cu numere în centrul 1 -100 (de exemplu: $21 : 3 + 19$ sau $72 : 8 : 3 \times 4$). **Nivelurile 3 și 4** includ calcule cu numere în centrul 1 – 100, respectiv 1 – 1 000 și sunt de complexitate mai crescută. În cadrul acestor niveluri rezolvarea exercițiilor necesită atenție în aplicarea regulii de efectuare a operațiilor în funcție de ordin (de exemplu: $18 + 4 \times 8 - 7$; $411 - 21 + 63 : 7 : 3 + 6 \times 7$) (Tabel 1).

Tabel 1. Exemplu al structurii unui exercițiu împreună cu explicațiile audio și verbale

Exercițiu	Variante de răspuns	Explicațiile audio	Explicațiile vizuale
$63 : 7 + 484 - 6 \times 9 =$	315, 525, 439, sau 28	a) Efectuează mai întâi împărțirea și înmulțirea iar apoi adunarea și scăderea în ordinea în care sunt scrise.	a) $63 : 7 + 484 - 6 \times 9 =$ <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> + 484 - <input type="checkbox"/> = <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> =
		b) Mai încearcă! Am efectuat împărțirea și înmulțirea, mai ai de făcut adunarea și scăderea.	b) $63 : 7 + 484 - 6 \times 9 =$ <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 9 + 484 - 54 = <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> - 54 =

Nivelurile 5 și 6 vizează calcule cu numere în centrul 1 – 1 000, respectiv 1 – 10 000 și se adresează copiilor de clasa a III -a. În cadrul acestor niveluri se introduc exercițiile cu paranteze, de tipul $28 - 18 : 2 \times (56 : 7 - 2 \times 3)$ sau $(765 - 235 + 70) : 5 + 8 \times 9$. **Nivelul 7** cuprinde probleme care se rezolvă cu ajutorul exercițiilor complexe.

Planeta Exercițiilor Combinate (Hybridia)

Vedeta planetei Hybridia este „termenul necunoscut”. Primele 3 niveluri cuprind exerciții de adunare, scădere, înmulțire, împărțire, dar și probleme cu termen necunoscut pentru clasa a II-a, iar următoarele niveluri (4-7) se adresează copiilor de clasa a III-a, cuprinzând exerciții și probleme cu termen necunoscut, cu un nivel de complexitate mai mare. Obiectivul propus pentru Hybridia este acela de a exersa modalitățile de aflare a termenului necunoscut și de a aplica regulile învățate în cât mai multe situații.

Nivelurile 1-3 cuprind exerciții de tipul: $328 + a = 871$, $a - 418 = 189$, $ax7 = 42$ sau $56 : a = 7$, precum și probleme cu mai multe operații. Copiii sunt rugați să afle termenul necunoscut folosind probele scăderii, adunării, împărțirii sau înmulțirii învățate. Începând cu **nivelul 4** complexitatea exercițiilor crește. Treptat sunt introduse exerciții cu paranteze, probleme cu termen necunoscut, dar și probleme care se rezolvă prin metoda figurativă.

Programul de antrenament cognitiv, Jocul **Matematroliei**, a fost creat pentru a putea fi aplicat online, atât în cadrul studiilor experimentale din acest proiect, cât și ca instrument de reducere a anxietății față de matematică. În mod similar am construit programul de antrenament al memoriei de lucru **SpaceMem**, care funcționează pe aceleași principii și are structură similară, însă conținuturile nu sunt matematice, antrenând în schimb memoria de lucru.

Momentan administrăm comparativ aceste două programe de reducere a anxietății față de matematică. Colectarea de date se desfășoară pe baza chestionarelor de anxietate față de matematică traduse și adaptate de noi (secțiunea 3 a raportului; *Scale for Early Mathematics Anxiety*, SEMA, Wu et al., 2012 și *The modified Abbreviated Math Anxiety Scale*, mAMAS; Carey et al., 2017) pe care le-am administrat pentru a evalua nivelul de anxietate față de matematică. Astfel am identificat un eșantion de copii de vârstă școlară recrutați pentru studiul comparativ, din care o parte prezintă un nivel ridicat de anxietate față de matematică. Eșantionul cuprinde două grupuri distincte, un grup care beneficiază de antrenamentul cu jocul **Matematroliei**, pentru a îmbunătăți simțul numeric, iar un alt grup beneficiază de jocul **SpaceMem**, pentru a îmbunătăți memoria de lucru. În această etapă colectăm datele pentru a putea compara rezultatele celor două programe de antrenament.

II. ANXIETATEA ȘI PERFORMANȚA ȘCOLARĂ LA MATEMATICĂ A COPIILOR: ROLUL FUNCȚIILOR EXECUTIVE

Scopul cercetării de față a fost de a investiga dacă asocierile dintre anxietate și rezultatele școlare slabe la matematică în rândul copiilor de 10 ani au fost mediate de performanța scăzută a funcțiilor executive a copiilor: memoria de lucru (ML) complexă (Studiu 1), precum și inhibiția și comutarea atențională (Studiu 2). Luând în considerare faptul că performanța copiilor la sarcinile de comutare atențională este dependentă de abilitățile lor de inhibiție, în Studiul 2 a fost implementat un model de mediere serial (anxietatea ca trăsătură – inhibiție – comutare atențională – performanță la matematică).

Studiul 1

Ne-am propus să investigăm dacă funcția de actualizare (engl. *updating function*) a copiilor mediază relația dintre anxietatea ca trăsătură și performanța școlară la matematică.

Dovezile existente din literatura de specialitate sugerează faptul că anxietatea poate interfera cu abilitățile matematice prin epuizarea resurselor memoriei de lucru (Ramirez et al., 2013), iar anxietatea ca trăsătură ar putea afecta negativ memoria de lucru a copiilor, la rândul său acest lucru ar duce la o performanță matematică redusă.

Participanți

În total 66 de copii au fost incluși în acest studiu (media vârstei = 10.20 ani; SD = .75; 39 de fete). Alături de consimțământul informat al părinților, am obținut și acordul copiilor. Indicatorii statutului socio-economic al participanților (venitul familial, educație maternă, educație paternă) a urmat o distribuție normală: 53% dintre familii au un venit net mediu, 51% dintre mame au diplomă de absolvire a liceului, iar 60% dintre tați au diplomă de absolvire a liceului.

Măsurători

- *Măsurarea anxietății ca trăsătură:* Pentru a evalua nivelurile anxietății ca trăsătură a fost utilizată versiunea românească a Reversed Child Anxiety and Depression Scale (Chorpița, Yim, Moffitt, Umemoto, & Francis, 2000).
- *Proba memoriei de lucru:* Proba memoriei de lucru (ML) utilizată în acest studiu este o versiune modificată a probei clasice Working Memory Operation Span (e.g., Conway, Cowan, Bunting, Theriault, & Minkoff, 2002) utilizată anterior pentru a estima intervalul memoriei de lucru în studiile cu participanți de vârste similare (Cheie et al., 2017). Asemeni tuturor sarcinilor ce măsoară capacitatea ML într-o sarcină de tip *complex span*, acesta a inclus două componente: o componentă de procesare și o alta de reamintire. Proba a constat în citirea cu voce tare a unor propoziții ce cuprindeau o serie de elemente care trebuie adunate și/sau categorizate pentru a genera o secvență de numere ce ar trebui reținută și reamintită ulterior.
- *Performanța școlară la matematică:* Pentru a măsura performanța academică ne-am bazat pe indicatorii medii anuali ai performanței la disciplina matematică. Acești indicatori au fost obținuți de la personalul academic al școlilor, pe baza acordului scris primit atât din partea conducerii școlii, cât și al părinților.

Rezultate

Pentru a testa efectul indirect al anxietății ca trăsătură asupra performanței matematice a copiilor prin intermediul capacității ML am realizat o analiză de mediere (via PROCESS, Hayes, 2018). În primul rând, analiza a relevat faptul că nivelurile de anxietate ca trăsătură ale copiilor au prezis negativ scorurile lor (inversate) de performanță academică $b = .006$, $SE = .002$, $t(64) = 2.29$, $p = .025$, 95% CI [.001; .010]; nivelurile de anxietate ca trăsătură explicând 7.59% din varianța performanței matematice a copiilor. Deoarece scorurile la matematică au fost inversate pentru a reduce asimetria, această predicție pozitivă a indicat faptul că performanța matematică a copiilor scade atunci când nivelurile de anxietate ca trăsătură cresc. Similar, scorurile ridicate de anxietate ca trăsătură au prezis performanța slabă a copiilor la proba capacității ML, $b = -.014$, $SE = .006$, $t(64) = -2.42$, $p = .018$, 95% CI [-.026; -.002], anxietatea ca trăsătură explicând 8% din varianța capacității ML. În al doilea rând, rezultatele regresiei performanței la matematică prezisă atât de anxietatea ca trăsătură cât și de scorurile la proba ML au indicat faptul că efectul anxietății ca trăsătură a devenit nesemnificativ atunci când ML a fost inclusă în model, $b = .004$, $SE = .002$, $t(63) = 1.54$, $p = .13$. Performanța matematică inversată a copiilor a fost prezisă de capacitatea ML, $b = -.129$, $SE = .049$, $t(63) = -2.61$, $p = .011$, 95% CI [-.228; -.030], acest rezultat indicând faptul că performanța matematică a fost mai bună atunci când capacitatea ML era ridicată. Acest model explică aproximativ 17% ($R^2 = .166$) din variația performanței matematice a copiilor.

Analiza de mediere a arătat faptul că, în timp ce efectul direct al anxietății ca trăsătură asupra performanței matematice a copiilor a fost nesemnificativă, atunci când a fost luat în calcul capacitatea ML ($p = .13$; BCa CI [-.001; .011], efectul indirect prin ML a fost semnificativ, indirect $b = .002$, $SE = .001$, BCa CI [.001; .004], $\beta = .09$, BCa $SE = .05$, Bca CI [.010;.211]. Astfel, capacitatea ML a acționat ca mediator în relația dintre scorurile pentru anxietatea ca trăsătură și performanța la matematică. Aceste efecte sunt prezentate în Figura 1.

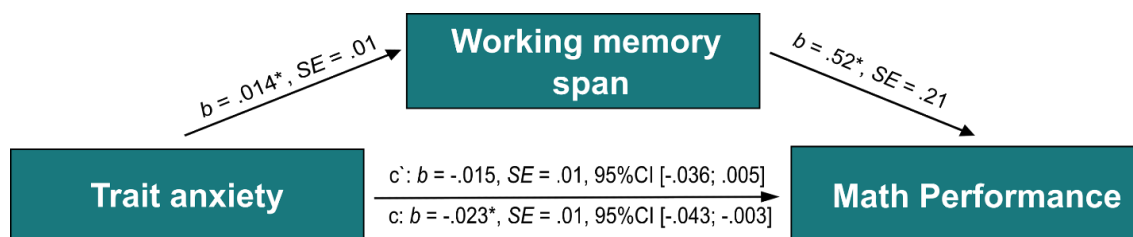


Figura 1. Prezentarea efectului direct (c') și a celui indirect (c) al anxietății ca trăsătură asupra performanței matematice, mediat de către capacitatea ML. Pentru intervalele de încredere s-a utilizat bootstrapping pe baza a 5000 de eșantioane. Performanța la matematică a fost inversată pentru a se reduce asimetria negativă, așa încât predicția pozitivă indică un efect negativ al scorurilor anxietății ca trăsătură asupra performanței matematice a copiilor.

Studiul 2

Scopul acestui studiu a fost de a investiga posibilul rol mediator al inhibiției cognitive și al comutării atenționale în relația dintre nivelurile ridicate de anxietate ca trăsătură și performanța matematică scăzută. Au fost testate trei căi de mediere. Studiile sugerează că abilitatea de a comuta între reguli în schimbare este ultima funcție executivă ce se dezvoltă și este în mare măsură dependentă de dezvoltarea inhibiției (Brydges et al., 2014). Am realizat o mediere secvențială în care anxietatea ca trăsătură ar interfera cu inhibiția copiilor care, la rândul său, ar interfera cu abilitățile acestora de comutare atențională, reducând la rândul lor reușita matematică a copiilor.

Participanți

Pentru acest studiu au fost înscriși copii din clasele a III-a și a IV-a ($N = 54$; media de vârstă = 9.93; $SD = .47$; 31 de fete) din două școli publice din mediul urban. Indicatorii statului socio-economic al participanților a urmat o distribuție normală, în care 53% dintre familii au un venit net mediu, 51% dintre mame au diplomă de absolvire a liceului, iar 60% dintre tați au diplomă de absolvire a liceului.

Măsurători

- Pentru *anxietatea ca trăsătură și performanța școlară la matematică* măsurătorile utilizate au fost identice celor din Studiul 1.
- *Inhibiție cognitivă și comutare atențională*. Atât pentru inhibiția cognitivă, cât și pentru comutarea atențională am utilizat două probe din cadrul testului Inhibiție inclus

în bateria de evaluare a dezvoltării neuropsihologice NEPSY-II (Korkman, Kirk & Kemp, 2007).

Rezultate

În prima etapă au fost realizate analize de mediere simplă ce au testat rolul de mediator ai inhibiției și comutării atenționale în relația dintre anxietatea ca trăsătură și performanța academică la matematică. Modelul medierii inhibiției a indicat faptul că, în timp ce scorurile ridicate ale anxietății ca trăsătură au prezis atât performanța matematică scăzută a copiilor, $b = .23$, $SE = .09$, $t(52) = 2.42$, $p = .019$, 95% CI [.040; .423], $R^2 = 10$, cât și inhibiția scăzută (de exemplu: interferență cognitivă crescută), $b = .38$, $SE = .15$, $t(52) = 2.50$, $p = .016$, 95% CI [.075; .683], $R^2 = 11$, efectul anxietății ca trăsătură asupra reușitei matematice nu a mai fost semnificativ atunci când inhibiția a fost inclusă în model, $b = .13$, $SE = .09$, $t(51) = 1.40$, $p = .17$. Scorurile matematice inversate ale copiilor au fost prezise de performanța la sarcina inhibiției, $b = .27$, $SE = .08$, $t(51) = 3.41$, $p = .001$, 95% CI [.11; .43]. Acest rezultat indică faptul că interferența cognitivă ridicată a copiilor a prezis o performanță academică scăzută la matematică. Efectul indirect al anxietății ca trăsătură asupra performanței matematice a copiilor prin intermediul inhibiției a fost semnificativ, indirect $b = .10$, $SE = .06$, BCa CI [.009; .240], $\beta = .14$, Bca CI [.013;.301], demonstrând că abilitatea copiilor de a inhiba interferența cognitivă mediază relația dintre scorurile anxietății ca trăsătură și performanța matematică.

Similar, modelul comutării atenționale a relevat că nivelurile ridicate ale anxietății ca trăsătură au prezis o performanță scăzută a comutării atenționale (de exemplu: timp de reacție (engl. *Response time*, *RT*), $b = .26$, $SE = .10$, $t(52) = 2.54$, $p = .014$, 95% CI [.055; .472], explicând 11% din varianța comutării atenționale a copiilor. Cu toate acestea, modelul de regresie pentru performanța matematică prezis atât prin anxietatea ca trăsătură, cât și prin comutarea atențională, arată că efectul anxietății ca trăsătură nu a mai fost semnificativ atunci când s-a luat în calcul abilitatea copiilor de a alterna răspunsurile $b = .16$, $SE = .10$, $t(51) = 1.62$, $p = .11$. Performanța matematică inversată a fost prezisă de performanța la sarcina de comutare atențională, $b = .28$, $SE = .12$, $t(51) = 2.26$, $p = .028$, 95% CI [.031; .523], demonstrând că performanța scăzută la comutare atențională a copiilor a fost un indicator al reușitei scăzute pentru performanța academică. Efectul mediator al comutării atenționale a fost semnificativ, rezultatele arătând că efectul anxietății ca trăsătură asupra reușitei la matematică nu este direct ($p = .11$), ci indirect, prin abilitățile de comutare atențională, indirect $b = .07$, $SE = .05$, BCa CI [.001; .177], $\beta = .10$, Bca CI [.001;.218].

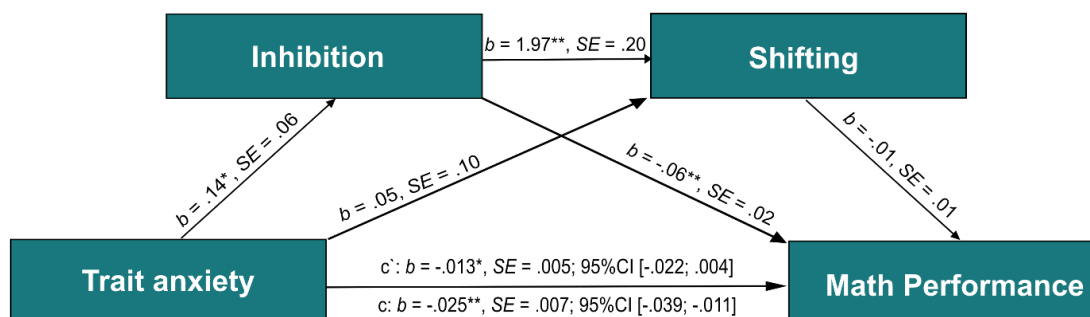


Figura 2. Efectul indirect al anxietății ca trăsătură asupra performanței la matematică prin inhibiție $b = -.008$, 95% Bca CI[-.022; -.001], mărimea efectului medie spre mare: $k2 = .15$, 95% Bca CI [-.35; -.004] (Preacher & Kelly, 2011). Reușita la matematică a fost influențată

de anxietatea ca trăsătură chiar și după ce a fost luată în calcul performanța copiilor la sarcina de inhibiție cognitivă.

Întrucât comutarea atențională se bazează pe inhibiție în această perioadă a dezvoltării și din cauza varianței împărțite demonstrată prin corelație bivariată și parțială (controlând pentru anxietatea ca trăsătură), am testat o mediere secvențială multiplă în care anxietatea ca trăsătură ar interfera cu abilitatea copiilor de a inhiba distractorii cognitivi care, la rândul lor, ar interfera cu abilitățile de comutare atențională reducând la rândul lor performanța academică la matematică (vezi Figura 2).

Concluzii

Rezultatele noastre sugerează că memoria de lucru și inhibiția cognitivă reprezintă mecanisme specifice ce explică efectul negativ al anxietății asupra reușitei academice la matematică. Acest aspect ar putea fi luat în considerare în intervențiile educaționale pentru copiii cu niveluri ridicate de anxietate. Pe lângă îmbunătățirea cogniției și a performanței școlare, aceste intervenții ar putea oferi acestor copii aflați la risc o modalitate de diminuare a efectelor nefavorabile ale anxietății asupra performanței academice. Deși mecanismele neurocognitive care stau la baza relației dintre anxietate și performanța academică au fost adesea trecute cu vederea, alte studii din sfera dezvoltării (Owens et al., 2008; Yousefi et al., 2009) arată că există motive să credem că funcțiile executive reprezintă un mecanism specific relevant în explicarea efectelor nocive ale anxietății asupra reușitei academice. Implicațiile focalizării asupra funcțiilor executive ca mediator în relația dintre anxietate și performanța școlară sunt majore, întrucât ar putea reprezenta un factor important de luat în considerare în dezvoltarea unor intervenții educaționale pentru copiii cu rezultate școlare slabe și cu niveluri ridicate de anxietate. O serie de intervenții centrate pe diferite aspecte ale funcționării memoriei de lucru au fost deja validate (Alloway, in press; Klingberg et al., 2005; Holmes, Gathercole, & Dunning, 2009; Loosli, Buschkuhl, Perrig, & Jaeggi, 2011). Dincolo de îmbunătățirea cogniției și a performanței școlare, aceste intervenții ar putea oferi acestor copii aflați la risc o modalitate de diminuare a efectelor nefavorabile ale anxietății asupra performanței academice.

III. RELAȚIA DINTRE ANXIETATEA DE MATEMATICĂ, ANXIETATEA CA TRĂSĂTURĂ ȘI ANXIETATEA DE TESTARE: ADAPTAREA ȘI VALIDAREA DE INSTRUMENTE

Realizând o sinteză teoretică în 2018 am identificat cele mai des întâlnite instrumente pentru evaluarea anxietății față de matematică, care presupun auto-evaluare din partea copiilor, având în vedere că acest construct se bazează pe experiența fenomenologică. Am tradus, adaptat și modificat pe baza curriculumului național.

Astfel am adaptat următoarele instrumente pentru a măsura anxietatea de matematică:

- Scale for Early Mathematics Anxiety (SEMA; Wu et al., 2012)
- The modified Abbreviated Math Anxiety Scale (mAMAS; Carey et al., 2017)

Acestor instrumente am adăugat:

- The Children's Test Anxiety Scale (CTAS; Wren & Benson, 2004) – pentru a măsura anxietatea de testare
- Revised Children's Anxiety and Depression Scale (RCADS; Chorpita et al., 2000) – pentru a măsura anxietatea ca trăsătură

Conform cu obiectivele principale ale proiectului, ne propunem să investigăm relația dintre anxietatea față de matematică și diferențe inter-individuale în alte forme de anxietate (de testare sau anxietatea ca trăsătură) precum și găsim cele mai potrivite metode pentru a evalua și investiga semnele timpurii ale anxietății față de matematică.

Continuând demersurile din 2018, am recrutat participanți și am finalizat colectarea datelor. Inițial am recrutat 131 de participanți de la o școală din județul Bistrița-Năsăud, instruind asistenți de cercetare care au aplicat instrumentele de evaluare adresate atât copiilor cât și părinților acestora. Ulterior am mărit eșantionul, testând încă 298 de copii din alte școli. Astfel am inclus în eșantionul final 156 de copii de clasa a II-a, 141 de copii de clasa a III-a și 132 de copii de clasa a III-a, testând un total de 429 de copii împreună cu părinții acestora.

Datele au fost colectate în varianta creion-hârtie pentru a facilita completarea acestora de către participanți. Datele acestea au fost cotate și introduse într-o bază de date, iar analizarea datelor și prelucrarea statistică este în desfășurare.

Bibliografie:

- Anderson, J. R., Corbett, A. T., Koedinger, K. R., Pelletier, R., (1996) Cognitive Tutors: Lessons Learned, United States Army, Research Institute for Behavioral and Social Sciences;
- Brydges, C. R., Fox, A. M., Reid, C. L., & Anderson, M. (2014). The differentiation of executive functions in middle and late childhood: A longitudinal latent-variable analysis. *Intelligence*, 47, 34-43.
- Cayton-Hodges, G. A., Feng, G., Pan, X. (2015). Tablet-Based Math Assessment: What Can We Learn from Math Apps? *Educational Technology & Society*, 18 (2), 3–20;
- Cheie, L., MacLeod, C., Miclea, M., & Visu-Petra, L. (2017). When children forget to remember: Effects of reduced working memory availability on prospective memory performance. *Memory & cognition*, 45(4), 651-663.
- Chorpita, B. F., Yim, L., Moffitt, C., Umemoto, L. A., & Francis, S. E. (2000). Assessment of symptoms of DSM-IV anxiety and depression in children: A revised child anxiety and depression scale. *Behaviour research and therapy*, 38(8), 835-855.
- Conway, A. R. A., Cowan, N., Bunting, M. F., Theriault, D., & Minkoff, S. (2002). A latent variable analysis of working memory capacity, short term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence*, 30, 163-183
- Holmes, J., Gathercole, S. E. and Dunning, D. L. (2009), Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Developmental Science*, 12: F9-F15.
- Ke, F. (2008). A case study of computer gaming for math: Engaged learning from gameplay? *Computers & Education*, 51(4), 1609-1620.
- Ke, F. (2013). Computer-game-based tutoring of mathematics. *Computers & Education*, 60(1), 448- 457;
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P., J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K., Gillberg, C., G., Forssberg, H., Westerberg, H., (2005). Computerized Training of Working Memory in Children With ADHD-A Randomized, Controlled Trial, *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 44 (2), 177-186.
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (2007). *Nepsy-ii*. San Antonio, TX: Pearson.

- Loosli, S. V., Buschkuehl, M., Perrig, W. J., & Jaeggi, S. M. (2011). Working memory training improves reading processes in typically developing children. *Child Neuropsychology*.
- Manuale Edu Online: <https://www.manuale.edu.ro/>
- Owens, M., Stevenson, J., Norgate, R., & Hadwin, J. A. (2008). Processing efficiency theory in children: Working memory as a mediator between trait anxiety and academic performance. *Anxiety, Stress, & Coping*, 21(4), 417-430.
- Ramirez, G., Gunderson, E. A., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2013). Math anxiety, working memory, and math achievement in early elementary school. *Journal of Cognition and Development*, 14(2), 187-202.
- Yousefi, F., Mansor, M. B., Juhari, R.B., Redzuan, F., Talib, M.A., Kumar, V., & Naderi, H. (2009). Memory as a mediator between test-anxiety and academic achievement in high school students. *European Journal of Scientific Research*. 35(2), 274–280.

Director de proiect

Conf. Univ. Dr. Visu-Petra Laura

