



UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI
BABEȘ-BOLYAI TUDOMÁNYEGYETEM
BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITAT
BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITY
TRADITIO ET EXCELLENTIA



Facultatea de Psihologie și Științe ale Educației

Str. Sindicatelor nr.7
Cluj-Napoca, RO-400029
tel: 0264-405337
Fax: 0264-590559
www.psiedu.ubbcluj.ro

UNIVERSITATEA BABEȘ–BOLYAI DIN CLUJ-NAPOCA
FACULTATEA DE PSIHOLOGIE ȘI ȘTIINȚE ALE EDUCAȚIEI
ȘCOALA DOCTORALĂ “PSIHODIAGNOSTIC ȘI INTERVENȚII PSIHOLOGICE
VALIDATE ȘTIINȚIFIC”

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

**DIFICULTĂȚILE MATEMATICE DINCOLO DE DEFICIT:
ORGANIZAREA COMPETENȚELOR NUMERICE, INTEGRAREA
MECANISMELOR COGNITIVE ȘI TRAIECTORII DEZVOLTATIVE**

Doctorand: Köpe (Kósa) Andrea

Conducător de doctorat: Prof. univ. dr. Szamosközi Ștefan

Cluj-Napoca

2026

Cuprins

Introducere.....	3
1. CADRUL TEORETIC ȘI CONCEPTUAL.....	4
1.1. Procese cognitive și dezvoltarea matematică timpurie.....	4
1.2. Competențele numerice timpurii ca sistem structural.....	5
1.3. Modele explicative ale dificultăților matematice.....	6
1.4. Limitări ale literaturii și gap-uri.....	7
1.5. Necesitatea unei abordări integrative.....	8
2. OBIECTIVE ȘI METODOLOGIA GENERALĂ.....	9
3. STUDII EMPIRICE.....	11
3.1. Studiul 1. Meta-analiză.....	12
Dincolo de numere: Deficitele memoriei de lucru la copiii cu dificultăți matematice — O meta-analiză longitudinală.....	12
3.1.1. Fundamentare teoretică.....	12
3.1.2. Obiective.....	12
3.1.3. Metodologie.....	12
3.1.4. Rezultate.....	13
3.1.5. Concluzii.....	14
3.2. Studiul 2. Validare psihometrică (TEMA-3).....	15
Validarea psihometrică a testului TEMA-3 pentru evaluarea competențelor matematice timpurii în populația din România.....	15
3.2.1. Fundamentare teoretică.....	15
3.2.2. Obiective.....	15
3.2.3. Metodologie.....	15
3.2.4. Rezultate.....	16
3.2.5. Concluzii.....	16
3.3. Studiul 3. Procese cognitive.....	17
Identificarea categorială și predicția dimensională a dificultăților matematice timpurii: rolul proceselor cognitive domain-generale ”.....	17
3.3.1. Fundamentare teoretică.....	17
3.3.2. Obiective.....	18
3.3.3. Metodologie.....	18
3.3.4. Rezultate.....	19
3.3.5. Concluzii.....	19
3.4. Studiul 4. Analiză de rețea.....	21
Dincolo de scoruri și competențe: Deficite de integrare funcțională în competențele numerice timpurii — O analiză longitudinală de rețea a copiilor cu dificultăți matematice ”.....	21
3.4.1. Fundamentare teoretică.....	21
3.4.2. Obiective.....	21
3.4.3. Metodologie.....	22
3.4.4. Rezultate.....	22
3.4.5. Concluzii.....	24
3.5. Studiul 5. Stabilitate diagnostică.....	25
De la categorii diagnostice la traiectorii de dezvoltare: reconsiderarea stabilității dificultăților matematice ”.....	25
3.5.1. Fundamentare teoretică.....	25
3.5.2. Obiective.....	25
3.5.3. Metodologie.....	25

3.5.4. Rezultate.....	26
3.5.5. Concluzii.....	27
4. SINTEZA REZULTATELOR ȘI INTEGRAREA CONTRIBUȚIILOR.....	28
5. IMPLICAȚII TEORETICE ȘI PRACTICE.....	29
6. LIMITE ALE TEZEI ȘI DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE.....	30
Referințe.....	31

Introducere

Dezvoltarea competențelor matematice în primii ani de școlaritate reprezintă un determinant major al parcursului academic ulterior, fiind asociată nu doar cu performanța în matematică, ci și cu rezultatele obținute în alte domenii de învățare. Studiile longitudinale arată că nivelul competențelor numerice la debutul școlarității prezice în mod robust achizițiile matematice ulterioare (Peng et al., 2016) și performanța academică generală (ten Braak et al., 2022), inclusiv în domenii precum citirea și științele (Davis-Kean et al., 2022).

Această valoare predictivă se explică prin rolul competențelor numerice timpurii ca infrastructură cognitivă pentru învățarea matematică. Abilități precum numărarea, înțelegerea relațiilor cantitative și operarea cu simboluri numerice susțin achiziția conceptelor matematice ulterioare și eficiența rezolvării de probleme (Owen & Reed, 2025). În absența unui nivel adecvat al acestor competențe, integrarea noilor cunoștințe devine mai dificilă, ceea ce poate conduce la acumularea unor decalaje în performanță.

În plus, literatura sugerează că diferențele inițiale tind să se amplifice în timp, reflectând procese dezvoltative cumulative. Acest fenomen este descris în termenii efectului Matthew, conform căruia avantajele și dezavantajele inițiale influențează traiectoriile ulterioare de învățare (ten Braak et al., 2022), contribuind la stabilizarea diferențelor de performanță pe parcursul școlarității (Owen & Reed, 2025). Pe termen lung, aceste traiectorii se pot extinde dincolo de contextul școlar, fiind asociate cu nivelul educațional atins și cu oportunitățile profesionale ulterioare (Davis-Kean et al., 2022).

În acest cadru, identificarea timpurie a vulnerabilităților și înțelegerea mecanismelor care susțin sau limitează dezvoltarea matematică devin obiective centrale atât pentru cercetare, cât și pentru practica educațională. Dintr-o perspectivă dezvoltativă, dificultățile matematice pot fi înțelese nu ca simple deviații de la un nivel normativ de performanță, ci ca expresii ale unor traiectorii caracterizate prin vulnerabilități timpurii și procese cumulative de diferențiere. Astfel, analiza dificultăților matematice necesită depășirea unei perspective strict categoriale și integrarea unei abordări relaționale și dinamice, capabile să surprindă modul în care competențele numerice și mecanismele cognitive interacționează și se reorganizează în timp.

Dificultățile matematice (DM) reprezintă un fenomen complex și eterogen, caracterizat printr-o gamă largă de manifestări, variind de la întârzieri temporare ale dezvoltării până la forme persistente asociate unor vulnerabilități neurocognitive (Dowker, 2024; Muñez et al., 2023). Estimările privind prevalența indică faptul că între 3% și 9%

dintre copii prezintă dificultăți semnificative în domeniul matematic (Kucian & von Aster, 2015; Wang et al., 2024), însă proporția celor aflați în zona de risc este considerabil mai mare, reflectând caracterul dimensional al performanței matematice. În acord cu perspectivele contemporane, dificultățile matematice nu mai sunt conceptualizate exclusiv ca entități diagnostice discrete, ci ca poziționări pe un continuum al performanței, influențate de interacțiuni dinamice între factori cognitivi, educaționali și dezvoltativi (Kroesbergen et al., 2023; Fletcher & Miciak, 2024).

1. CADRUL TEORETIC ȘI CONCEPTUAL

1.1. Procese cognitive și dezvoltarea matematică timpurie

Procesele cognitive domain-generale joacă un rol esențial în dezvoltarea matematică timpurie, fiind conceptualizate nu ca determinanți direcți ai performanței, ci ca infrastructuri funcționale care susțin și constrâng învățarea (Astle & Fletcher-Watson, 2020). Printre acestea, memoria de lucru, funcțiile executive, controlul atențional și viteza de procesare au fost identificate în mod constant ca fiind asociate cu performanța matematică, în special în etapele timpurii ale dezvoltării (Peng et al., 2016; Cirino et al., 2015).

Memoria de lucru este implicată în menținerea și manipularea informației necesare rezolvării sarcinilor matematice (Baddeley, 2000), în timp ce *funcțiile executive* — precum inhibiția, flexibilitatea cognitivă și monitorizarea — contribuie la selecția și coordonarea strategiilor eficiente (Miyake et al., 2000). *Controlul atențional* facilitează focalizarea asupra informațiilor relevante și filtrarea distragerilor, iar *viteza de procesare* influențează eficiența cu care sunt realizate operațiile cognitive de bază. Împreună, aceste procese susțin integrarea și utilizarea flexibilă a competențelor numerice în contexte variate de învățare.

Cu toate acestea, cercetările recente indică faptul că relația dintre procesele cognitive și performanța matematică nu este una univocă sau stabilă. Deși diferențele între copiii cu dificultăți matematice și cei cu performanță tipică sunt frecvent observate la nivel de grup, aceste diferențe nu se organizează într-un profil cognitiv unitar și nu permit o predicție consistentă la nivel individual (Nelson & Powell, 2018; Cirino et al., 2015). Această disociere sugerează că procesele cognitive nu acționează ca factori explicativi singulari, ci ca resurse funcționale a căror relevanță este dependentă de context, de cerințele sarcinii și de etapa de dezvoltare (Astle et al., 2020).

În acest sens, rolul proceselor cognitive poate fi înțeles ca fiind dinamic și condiționat de nivelul de automatizare al competențelor matematice. În etapele timpurii, sarcinile

matematice solicită intens memoria de lucru și controlul atențional, întrucât strategiile sunt instabile și necesită coordonare activă. Pe măsură ce competențele devin automatizate, dependența de aceste procese se reduce, iar performanța este susținută într-o măsură mai mare de cunoștințele consolidate.

Prin urmare, dezvoltarea matematică timpurie nu poate fi explicată printr-un deficit cognitiv unic, ci reflectă configurații funcționale complexe, rezultate din interacțiunea dintre procesele cognitive și cerințele contextuale ale învățării. Această perspectivă susține necesitatea unor abordări integrative, capabile să surprindă variabilitatea și dinamica relațiilor dintre cogniție și competențele matematice.

1.2. Competențele numerice timpurii ca sistem structural

Competențele numerice timpurii reprezintă fundamentul dezvoltării matematice și includ un ansamblu de abilități intercorelate, care susțin înțelegerea și utilizarea conceptelor numerice în contexte variate de învățare. În mod tradițional, acestea sunt organizate în două categorii majore: competențe informale — precum numărarea, compararea cantităților sau înțelegerea relațiilor numerice de bază — și competențe formale, care implică operarea cu simboluri numerice și utilizarea procedurilor aritmetice (Ginsburg & Baroody, 2003). Dincolo de această clasificare, literatura contemporană evidențiază faptul că dezvoltarea matematică nu reflectă acumularea liniară a unor abilități izolate, ci organizarea progresivă a unui sistem de competențe interdependente. Relațiile dintre aceste competențe — fie ele conceptuale, procedurale sau automatizate — joacă un rol esențial în susținerea performanței matematice și în facilitarea transferului între diferite tipuri de sarcini (Rittle-Johnson et al., 2015). Astfel, performanța matematică poate fi înțeleasă nu doar ca nivel al competențelor individuale, ci ca rezultat al modului în care acestea sunt integrate funcțional într-o structură coerentă.

Această perspectivă structurală implică faptul că diferitele dimensiuni ale competențelor numerice — cum ar fi procesarea simbolică și non-simbolică, cunoașterea conceptuală și procedurală sau nivelul de automatizare — nu funcționează independent, ci sunt organizate într-o rețea de relații dinamice, a căror configurație se modifică pe parcursul dezvoltării. În acest sens, dezvoltarea matematică poate fi conceptualizată ca un proces de reorganizare structurală, în care rolul și importanța diferitelor competențe se transformă în funcție de experiențele de învățare și de cerințele educaționale.

Cu toate acestea, majoritatea cercetărilor au investigat structura competențelor matematice prin modele centrate pe variabile latente, care surprind dimensiuni comune ale

performanței, dar oferă o perspectivă limitată asupra relațiilor directe dintre competențe. Aceste abordări nu permit identificarea modului în care competențele se influențează reciproc și nici a rolului specific al acestora în cadrul sistemului. Prin urmare, devine necesară adoptarea unor metode analitice capabile să surprindă organizarea relațională a competențelor numerice, oferind o perspectivă complementară asupra structurii dezvoltării matematice.

În această logică, conceptualizarea competențelor numerice ca sistem structural oferă un cadru adecvat pentru investigarea dificultăților matematice, nu doar ca niveluri scăzute de performanță, ci ca patternuri specifice de organizare și integrare funcțională a abilităților. Această perspectivă permite analizarea vulnerabilității matematice în termenii structurii relațiilor dintre competențe și deschide posibilitatea utilizării unor abordări analitice inovative, precum analiza de rețea, pentru a surprinde dinamica dezvoltării matematice.

1.3. Modele explicative ale dificultăților matematice

În ultimele decenii, cercetarea în domeniul dificultăților matematice a fost marcată de dezvoltarea unor modele explicative distincte, care încearcă să surprindă natura și originea acestor dificultăți. Modelele domain-specifice susțin existența unor deficite primare ale sistemului numeric, implicate în reprezentarea și procesarea cantităților, sugerând că dificultățile matematice — în special formele severe — își au originea într-o disfuncție a mecanismelor numerice fundamentale (Decarli et al., 2023; Dolfi et al., 2024).

În contrast, modelele domain-generale accentuează rolul proceselor cognitive precum memoria de lucru, funcțiile executive sau controlul atențional, conceptualizate ca factori care limitează eficiența învățării matematice. Din această perspectivă, dificultățile matematice sunt interpretate ca efecte indirecte ale unor constrângeri cognitive mai generale, care influențează achiziția și utilizarea cunoștințelor matematice (Haberstroh & Schulte-Körne, 2022; Peng et al., 2016, 2018).

Ca răspuns la limitările acestor perspective unidimensionale, modelele integrative — în special modelul deficitelor multiple (Pennington, 2006) — propun că dificultățile matematice rezultă din convergența mai multor vulnerabilități, incluzând atât deficite domain-specifice, cât și disfuncții ale proceselor cognitive generale. Această abordare explică eterogenitatea profilurilor observate și sugerează că traiectorii similare de performanță pot avea la bază combinații diferite de factori de risc.

Abordările dezvoltative extind aceste cadre explicative prin evidențierea caracterului dinamic și bidirecțional al relațiilor dintre competențele matematice și procesele cognitive.

Modelele mutualiste susțin că aceste componente se influențează reciproc de-a lungul dezvoltării, în timp ce modelele de tip „cascadă” sugerează că diferențele inițiale pot conduce la traiectorii divergente prin efecte cumulative și dependente de context (Kievit et al., 2019; Clark et al., 2013; Hu et al., 2023). Aceste perspective sunt consonante cu ideea efectului Matthew, conform căreia avantajele sau dezavantajele inițiale tind să se amplifice în timp, contribuind la stabilizarea diferențelor de performanță.

În ansamblu, modelele explicative contemporane converg asupra ideii că dificultățile matematice nu pot fi atribuite unui singur deficit cognitiv izolat. Dimpotrivă, acestea reflectă interacțiuni complexe între procese domain-specifice și domain-generale, desfășurate într-un cadru dezvoltativ dinamic, în care traiectoriile de învățare sunt modelate de factori cognitivi și contextuali.

1.4. Limitări ale literaturii și gap-uri

În ciuda progreselor teoretice și empirice în înțelegerea dificultăților matematice, literatura de specialitate evidențiază în continuare o serie de limitări semnificative, care restrâng capacitatea de a explica coerent variabilitatea performanței matematice și traiectoriile de dezvoltare asociate.

În primul rând, relațiile dintre procesele cognitive și performanța matematică rămân inconsistente. Deși numeroase studii raportează diferențe semnificative între copiii cu dificultăți matematice și cei cu performanță tipică, magnitudinea acestor efecte variază considerabil, iar rolul specific al diferitelor componente cognitive nu este clar delimitat (Cirino et al., 2015; Nelson & Powell, 2018). Mai mult, procesele cognitive care diferențiază grupurile nu prezintă în mod necesar valoare predictivă la nivel individual, sugerând o disociere între explicațiile la nivel de grup și cele relevante pentru variația individuală.

În al doilea rând, structura competențelor matematice este frecvent investigată prin modele centrate pe variabile latente, care surprind dimensiuni comune ale performanței, dar oferă o perspectivă limitată asupra relațiilor directe dintre competențe. Aceste abordări nu permit identificarea modului în care abilitățile matematice se influențează reciproc și nici a rolului specific al acestora în cadrul sistemului, limitând înțelegerea organizării funcționale a competențelor numerice.

În al treilea rând, cercetările longitudinale privind stabilitatea și dinamica dificultăților matematice sunt relativ reduse, în special în primii ani de școlaritate. Deși există dovezi privind stabilitatea relativă a performanței matematice, mecanismele prin care diferențele inițiale se mențin sau se modifică în timp rămân insuficient investigate, în special

în ceea ce privește interacțiunea dintre procesele cognitive și structura competențelor numerice.

În plus, în contextul educațional românesc, aceste limitări sunt amplificate de disponibilitatea redusă a instrumentelor standardizate validate psihometric pentru evaluarea competențelor matematice timpurii, ceea ce restrânge atât comparabilitatea rezultatelor, cât și posibilitatea realizării unor analize riguroase asupra dezvoltării matematice.

În ansamblu, aceste lacune indică necesitatea unei abordări care să depășească analiza izolată a variabilelor cognitive sau a nivelului de performanță și să integreze perspectivele cognitive, structurale și dezvoltative într-un cadru analitic coerent. O astfel de abordare este esențială pentru înțelegerea dificultăților matematice ca procese emergente, dependente de interacțiuni multiple și de dinamica dezvoltării în timp.

1.5. Necesitatea unei abordări integrative

Limitările identificate în literatura de specialitate evidențiază necesitatea unei abordări integrative, capabile să surprindă simultan dimensiunile cognitive, structurale și dezvoltative ale dificultăților matematice. Abordările tradiționale, centrate fie pe procese cognitive izolate, fie pe nivelul global al performanței, nu reușesc să explice în mod adecvat variabilitatea interindividuală și eterogenitatea traiectoriilor de dezvoltare.

În acest context, devine esențială integrarea perspectivelor domain-generale și domain-specifice într-un cadru analitic comun, care să permită investigarea modului în care procesele cognitive și competențele numerice se influențează reciproc și se organizează funcțional în timp. O astfel de abordare presupune depășirea analizelor statice și adoptarea unor metode capabile să surprindă relațiile dintre componentele sistemului, precum și dinamica acestora pe parcursul dezvoltării.

Prezenta teză răspunde acestei necesități printr-un program de cercetare structurat în cinci studii complementare, care investighează dificultățile matematice din perspective analitice diferite, dar interconectate. Meta-analiza oferă o sinteză riguroasă a relației dintre procesele cognitive și dificultățile matematice, validarea psihometrică asigură fundamentul metodologic al evaluării competențelor numerice, iar analizele predictive și cele de tip rețea permit explorarea atât a relațiilor dintre variabile, cât și a organizării structurale a competențelor. În plus, abordarea longitudinală oferă cadrul necesar pentru examinarea stabilității și a transformărilor acestor relații în timp.

Prin integrarea acestor niveluri analitice, teza contribuie la o reconceptualizare a dificultăților matematice ca traiectorii dezvoltative emergente, reflectând nu doar niveluri

diferite de performanță, ci și moduri distincte de organizare și integrare funcțională a competențelor numerice și a mecanismelor cognitive. Această perspectivă oferă un cadru coerent pentru înțelegerea vulnerabilității matematice și susține dezvoltarea unor abordări mai nuanțate în evaluarea și intervenția educațională.

2. OBIECTIVE ȘI METODOLOGIA GENERALĂ

Prezenta teză își propune investigarea dezvoltării timpurii a competențelor numerice, a relației acestora cu procesele cognitive relevante și a modului în care aceste dimensiuni contribuie la apariția și evoluția dificultăților matematice. În acord cu perspectiva integrativă adoptată, cercetarea urmărește simultan analiza factorilor cognitivi, a structurii competențelor matematice și a dinamicii acestora în timp.

Obiectivele generale ale tezei vizează: (1) examinarea relației dintre procesele cognitive domain-generale și dificultățile matematice; (2) evaluarea proprietăților psihometrice ale unui instrument standardizat pentru măsurarea competențelor numerice timpurii în contextul populației din România; (3) investigarea organizării structurale a competențelor matematice și a interdependențelor dintre acestea; și (4) analizarea stabilității și a dinamicii dificultăților matematice pe parcursul dezvoltării.

În concordanță cu aceste direcții, programul de cercetare este structurat în cinci studii complementare, fiecare abordând o dimensiune specifică a problematicii investigate (Figura 1). **Studiul 1** constă într-o meta-analiză a relației dintre memoria de lucru și dificultățile matematice, având ca obiectiv sintetizarea dovezilor existente și identificarea factorilor moderatori relevanți. **Studiul 2** vizează validarea psihometrică a testului Test of Early Mathematics Ability – Third Edition (TEMA-3) pentru populația din România, prin utilizarea analizelor factoriale și a modelelor din teoria răspunsului la item. **Studiul 3** investighează relațiile dintre procesele cognitive domain-generale și performanța matematică timpurie, analizând atât diferențele la nivel de grup, cât și valoarea predictivă a acestora asupra variației individuale. **Studiul 4** examinează organizarea relațională a competențelor matematice prin analiza de rețea, oferind o perspectivă asupra interdependențelor dintre abilități. **Studiul 5** analizează stabilitatea și mobilitatea dificultăților matematice într-un cadru longitudinal, evidențiind dinamica traiectoriilor de dezvoltare.

Metodologia generală a tezei integrează designuri transversale și longitudinale, utilizând eșantioane de copii din primii ani de școlaritate. Evaluarea competențelor matematice timpurii s-a realizat prin instrumente standardizate, iar procesele cognitive au fost măsurate prin probe specifice memoriei de lucru, funcțiilor executive, controlului

atențional și vitezei de procesare. Analizele statistice au inclus metode de sinteză meta-analitică, modelare psihometrică (CFA, IRT), analize de regresie și tehnici de analiză de rețea, precum și proceduri longitudinale pentru examinarea stabilității și a relațiilor în timp.

Prin combinarea acestor abordări metodologice, teza oferă un cadru analitic coerent pentru investigarea dificultăților matematice dintr-o perspectivă integrativă, care depășește analiza izolată a variabilelor și permite examinarea simultană a relațiilor dintre procesele cognitive, structura competențelor și dinamica dezvoltării.

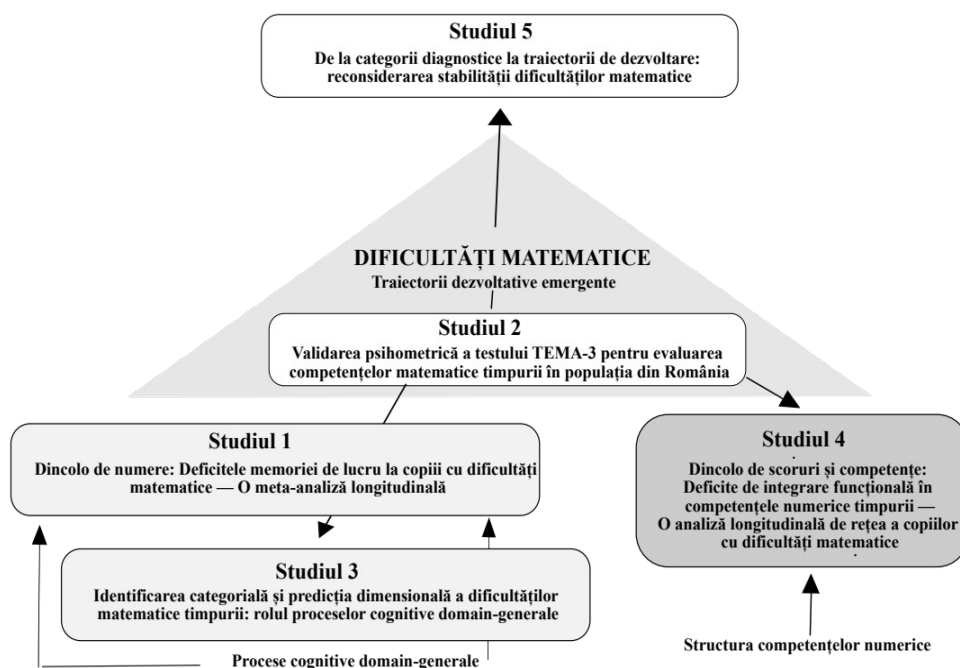


Figura 1

Model conceptual integrativ al programului de cercetare (Studiile 1–5)

Notă. Figura ilustrează structura integrativă a programului de cercetare, evidențiind relațiile dintre cele cinci studii și contribuția acestora la conceptualizarea dificultăților matematice ca traiectorii dezvoltative emergente. Studiile 1 și 3 investighează rolul proceselor cognitive domain-generale, Studiul 2 oferă fundamentul psihometric pentru evaluarea competențelor numerice, Studiul 4 examinează organizarea structurală a competențelor prin analiza de rețea, iar Studiul 5 abordează stabilitatea și dinamica longitudinală a dificultăților matematice.

3. STUDII EMPIRICE

Cele cinci studii care compun programul de cercetare sunt concepute ca demersuri complementare, care investighează dificultățile matematice la niveluri analitice diferite, dar interdependente. Împreună, acestea oferă o perspectivă integrativă asupra relației dintre procesele cognitive, organizarea competențelor numerice și dinamica dezvoltativă a

performanței matematice. În cele ce urmează, fiecare studiu este prezentat sintetic, cu accent pe obiective, metodologie și principalele rezultate.

3.1. Studiul 1. Meta-analiză

Dincolo de numere: Deficitele memoriei de lucru la copiii cu dificultăți matematice — O meta-analiză longitudinală ¹

3.1.1. Fundamentare teoretică

Relația dintre memoria de lucru și performanța matematică a fost frecvent conceptualizată ca fiind centrală pentru înțelegerea dificultăților matematice. Modelele clasice sugerează că limitările memoriei de lucru pot afecta menținerea și manipularea informației numerice, influențând astfel achiziția și utilizarea competențelor matematice (Baddeley, 2000; Geary, 2013). În acest cadru, memoria de lucru a fost adesea interpretată ca un posibil „deficit de bază” în dificultățile matematice.

Totuși, literatura empirică evidențiază rezultate eterogene, atât în ceea ce privește magnitudinea efectelor, cât și rolul diferitelor componente ale memoriei de lucru. Studiile sugerează că relația dintre memoria de lucru și performanța matematică este dependentă de context, de tipul sarcinilor și de etapa de dezvoltare, ceea ce pune sub semnul întrebării explicațiile unidimensionale (Peng et al., 2016; Cirino et al., 2015). În acest sens, devine necesară o abordare sintetică, capabilă să integreze rezultatele existente și să clarifice variabilitatea observată.

3.1.2. Obiective

Studiul a urmărit sintetizarea dovezilor empirice privind relația dintre memoria de lucru și dificultățile matematice și estimarea magnitudinii diferențelor dintre copiii cu dificultăți matematice și cei cu performanță tipică. De asemenea, a vizat examinarea variabilității acestor efecte în funcție de componentele memoriei de lucru, precum și în funcție de criteriile de definire a dificultăților matematice (cut-off utilizat) și de nivelul de școlaritate al participanților.

¹ Studiul este transmis spre publicare și este în curs de revizuire.

Kósa, A., Fodor, L. A. (2025). *Beyond numbers: Working memory deficits in children with mathematical difficulties — A longitudinal meta-analysis*. [Manuscript submitted for publication].

3.1.3. Metodologie

Studiile au fost identificate prin căutări sistematice în baze de date internaționale (de ex., Web of Science, Scopus, PsycINFO), utilizând combinații de termeni relevanți pentru memoria de lucru și dificultățile matematice. Procesul de selecție a urmat criterii explicite de eligibilitate (populație școlară, măsurători valide ale memoriei de lucru și ale performanței matematice, date raportate suficient pentru calculul mărimilor efectelor), fiind ghidat de recomandările PRISMA.

Dintr-un set inițial extins de studii ($n = 6560$), au fost incluse în analiza finală doar cele care au îndeplinit criteriile metodologice stabilite (36 studii, 38 de eșantioane). Pentru fiecare studiu au fost codificate caracteristicile eșantionului (vârstă, nivel de școlaritate), tipul măsurătorilor utilizate și indicatorii necesari calculului mărimilor efectelor. Analizele au fost realizate utilizând modele cu efecte aleatorii, fiind examinate atât efectele globale, cât și diferențele între componentele memoriei de lucru și potențialii moderatorii.

3.1.4. Rezultate

Rezultatele indică existența unui deficit moderat al memoriei de lucru la copiii cu dificultăți matematice (mărimia efectului global: $g \approx -0.50 - -0.60$, Figura 2), evidențiat consistent în studiile incluse. Analizele pe componente arată că deficitul este mai pronunțat în componentele executive ale memoriei de lucru, comparativ cu cele de stocare simplă.

Analiza moderatorilor a evidențiat faptul că deficitul memoriei de lucru este prezent la toate nivelurile de școlaritate, variind de la $g = -0,38$ în perioada preșcolară până la $g = -0,65$ în clasele V–VI. Modelul cu efecte mixte, cu nivelul de școlaritate ca moderator, a indicat o eterogenitate reziduală semnificativă ($QE_{(58)} = 128,34, p < .001; I^2 = 58,22\%$) și un efect semnificativ al moderatorului ($QM_{(6)} = 329,54, p < 0,001$). Cu toate acestea, suprapunerea intervalelor de încredere sugerează că diferențele între niveluri sunt relativ moderate, indicând o prezență stabilă a deficitului de-a lungul dezvoltării.

Severitatea dificultăților matematice a moderat semnificativ magnitudinea efectelor. Copiii identificați sub percentila 16 au prezentat un deficit ridicat ($g = -1,03$), semnificativ mai mare decât cei identificați sub percentila 30 ($g = -0,59$). Testele moderatorilor confirmă faptul că utilizarea unor praguri mai stricte de diagnosticare este asociată cu efecte mai mari ($QM_{(2)} = 131,63, p < .001$), în condițiile unei eterogenități reziduale ridicate ($I^2 = 94,20\%$). Aceste rezultate sugerează că severitatea criteriului de clasificare influențează substanțial estimarea deficitului, contribuind la variabilitatea rezultatelor raportate în literatură.

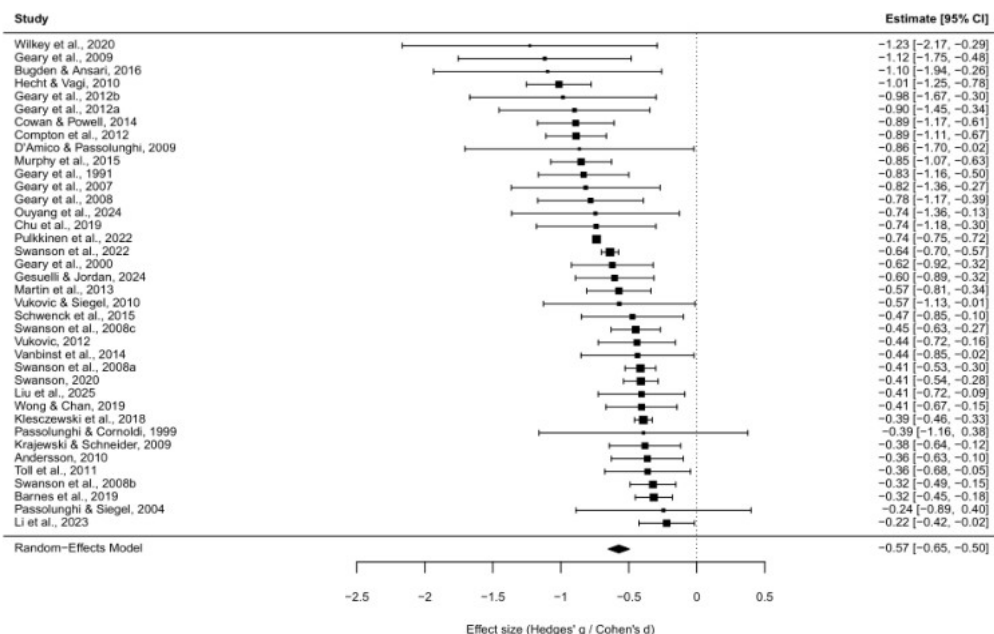


Figura 2

Mărimea efectelor diferențelor în memoria de lucru între copiii cu dificultăți matematice și cei cu dezvoltare tipică

Notă. Liniile indică Hedges' g și intervalele de încredere de 95%; valorile negative reflectă performanțe mai scăzute la copiii cu dificultăți matematice. Rombul reprezintă estimarea agregată (model cu efecte aleatorii); intervalele care intersectează zero nu sunt semnificative.

3.1.5. Concluzii

Meta-analiza oferă dovezi robuste că copiii cu dificultăți matematice (DM) prezintă deficite moderate și persistente ale memoriei de lucru (ML; $g = -0,57$, IC 95% [-0,65, -0,50]) comparativ cu cei cu dezvoltare tipică. Pe baza a 38 de eșantioane independente, rezultatele indică deficite consistente în toate componentele ML — executivul central, bucla fonologică și sketchpad-ul vizuo-spațial — precum și în diferite domenii de procesare.

Deși direcția efectelor este stabilă, magnitudinea acestora variază în funcție de contextul studiului și de criteriile de diagnostic, sugerând că deficitele ML nu sunt uniforme, ci modelate de factori metodologici și dezvoltativi. Persistența acestora de-a lungul etapelor de dezvoltare susține interpretarea ML ca vulnerabilitate cognitivă stabilă, mai degrabă decât ca întârziere tranzitorie.

În același timp, analiza biasului de publicare sugerează că estimările dimensiunii efectelor pot fi ușor supraevaluate, ceea ce impune prudență în interpretarea magnitudinii acestora. În ansamblu, rezultatele indică faptul că memoria de lucru reprezintă o constrângere

sistemică asupra învățării matematice, dar și că estimarea impactului său depinde în mod critic de modul de definire și operaționalizare a dificultăților matematice.

3.2. Studiul 2. Validare psihometrică (TEMA-3)

Validarea psihometrică a testului TEMA-3 pentru evaluarea competențelor matematice timpurii în populația din România

3.2.1. Fundamentare teoretică

Evaluarea competențelor numerice timpurii necesită instrumente standardizate, sensibile la variația dezvoltativă și capabile să discrimineze între niveluri apropiate de performanță. În absența unor dovezi psihometrice solide, interpretarea rezultatelor și identificarea riscului educațional rămân limitate (Outhwaite et al., 2024; ten Braak et al., 2022). TEMA-3 este unul dintre cele mai utilizate instrumente pentru evaluarea matematicii timpurii, însă aplicarea sa într-un nou context cultural necesită validare factorială și analiză a funcționării itemilor.

Literatura sugerează că structura competențelor numerice timpurii poate fi descrisă fie printr-un factor general dominant, fie prin dimensiuni specifice, însă aceste propuneri necesită testare empirică (Ryoo et al., 2015). Modelele din teoria răspunsului la item (IRT) oferă un cadru adecvat pentru examinarea proprietăților itemilor și a preciziei măsurării de-a lungul continuumului abilității (Embretson & Reise, 2000).

3.2.2. Obiective

Studiul a urmărit evaluarea proprietăților psihometrice ale TEMA-3 în populația din România, prin investigarea structurii factoriale, a funcționării itemilor și a preciziei măsurării. De asemenea, a vizat compararea modelelor IRT și examinarea echivalenței măsurării între subgrupuri.

3.2.3. Metodologie

Eșantionul a inclus copii cu vârste cuprinse între 3 și 8 ani ($N = 534$). Analizele factoriale au fost realizate pe baza corelațiilor tetrachorice ($KMO = 0,95$), utilizând estimatori robuști pentru date categoriale (WLSMV). Structura dimensională a fost investigată prin analize factoriale exploratorii și confirmatorii, incluzând modele bifactoriale.

Funcționarea itemilor a fost analizată prin modele IRT pentru itemi dicotomici, fiind comparate modelul Rasch și modelul cu doi parametri (2PL). Dependența locală a fost

evaluată prin statisticile Q3, iar precizia măsurării prin funcția de informație a testului (TIF). De asemenea, au fost investigate diferențele de funcționare a itemilor (DIF) în funcție de limbă și gen.

3.2.4. Rezultate

Analizele factoriale au indicat o adecvare excelentă a datelor pentru modelare ($KMO = .95$; $\chi^2_{(2556)} = 322653,5$, $p < 0,001$). Deși analiza paralelă a sugerat o soluție cu trei factori, modelele exploratorii și bifactoriale au evidențiat dominanța unui factor general puternic ($\omega_h = 0,80$), care a explicat aproximativ 70% din varianța comună ($ECV = 0,70$). Corelațiile moderate spre ridicate între factori și tiparul încărcărilor factoriale susțin o structură predominant unidimensională, cu organizare ierarhică.

Consistența internă a fost foarte ridicată ($\alpha = 0,99$), iar fiabilitatea estimărilor în cadrul modelului IRT a fost de asemenea excelentă (reliabilitate marginală = 0,979), indicând o precizie ridicată a măsurării.

Compararea modelelor IRT a arătat o potrivire semnificativ mai bună a modelului 2PL față de modelul Rasch ($\Delta\chi^2_{(71)} = 1267,05$, $p < 0,001$), sugerând variații sistematice în discriminarea itemilor. Parametrii de discriminare au prezentat valori ridicate (median a $\approx 5,35$), indicând o bună capacitate de diferențiere între niveluri apropiate ale abilității. Parametrii de dificultate au acoperit un interval larg ($b \in [-3,68, 1,67]$), sugerând o calibrare adecvată a testului pentru niveluri scăzute și medii ale abilității matematice.

Funcția de informație a testului indică o precizie maximă în zona medie a abilității ($I_{max} \approx 113$; $SEM \approx 0,094$), cu o acoperire adecvată și în zona performanței scăzute (de ex., $I_{\theta = -2} \approx 58,18$), relevantă pentru identificarea riscului educațional.

Analiza dependenței locale a evidențiat un număr redus de perechi de itemi cu valori Q3 ridicate ($\approx 2\%$ dintre perechi), indicând respectarea generală a independenței locale. Analizele DIF au identificat un număr minim de itemi cu funcționare diferențială ($\approx 1,4\%$ atât pentru limbă, cât și pentru gen), susținând echivalența măsurării între grupuri.

În ansamblu, rezultatele converg către o structură unidimensională dominantă, cu proprietăți psihometrice solide și o bună adecvare pentru evaluarea competențelor matematice timpurii în populația analizată.

3.2.5. Concluzii

Rezultatele susțin faptul că TEMA-3 reflectă în principal o structură dominată de un factor general al competenței matematice timpurii, sugerând că, în primii ani de dezvoltare,

diferențele individuale sunt predominant de nivel, mai degrabă decât de profil. Această constatare este în acord cu perspectivele dezvoltative care descriu competențele numerice ca fiind inițial slab diferențiate și progresiv specializate.

Analizele IRT indică o funcționare adecvată a itemilor, cu o bună capacitate de discriminare și o distribuție coerentă a dificultății, susținând interpretarea instrumentului ca măsură sensibilă la variații fine ale abilității matematice. În același timp, distribuția informației testului arată că instrumentul este calibrat optim pentru zona centrală și inferioară a abilității, relevantă pentru identificarea riscului educațional.

Nivelul redus al dependenței locale și proporția minimă de itemi cu funcționare diferențială susțin echivalența măsurării între grupuri, iar indicatorii ridicați de fiabilitate confirmă stabilitatea estimărilor. În ansamblu, rezultatele indică faptul că TEMA-3 reprezintă un instrument psihometric robust și oferă un cadru adecvat pentru investigarea competențelor matematice timpurii ca sistem organizat, predominant unitar.

3.3. Studiul 3. Procese cognitive

Identificarea categorială și predicția dimensională a dificultăților matematice

timpurii: rolul proceselor cognitive domain-generale ^{2, 3, 4}

3.3.1. Fundamentare teoretică

Performanța matematică timpurie prezintă continuitate longitudinală și este asociată cu traiectorii educaționale diferențiate, ceea ce conferă o importanță majoră identificării timpurii a vulnerabilității matematice (ten Braak et al., 2022; Owen & Reed, 2025). În același timp, performanța matematică pare distribuită continuu în populație, fără discontinuități clare între funcționarea tipică și cea atipică, ceea ce pune sub semnul întrebării delimitările categoriale rigide (Peters & Ansari, 2019; Astle & Fletcher-Watson, 2020).

2 Analiza corelațională și predictivă a studiului a fost prezentată la conferința internațională *Spring Wind Conference*, Budapesta, 3-5 mai 2024. Ulterior, lucrarea a fost publicată sub formă de conference proceeding.

Kósa, A. (2024). *Procese cognitive care prezic performanța matematică la copiii cu dificultăți de învățare*. In D. Molnar, D. Molnar, & A. Sz. Nagy (Eds.), XXVII. Tavaszi szél konferencia: Tanulmánykötet II, (pp. 352–366). Doktoranduszok Országos Szövetsége.

3 Analiza comparativă a studiului a fost prezentată la conferința internațională *Connecting the Dots*, Cluj-Napoca, 10–12 noiembrie 2023. Ulterior, lucrarea a fost publicată sub formă de conference proceeding.

Kósa, A. (2025). *Specificitatea deficitului cognitiv la copiii cu dificultăți matematice*. In Sz. Rusu, B. Lazar, & Sz. Varga (Eds.), 15th Interdisciplinary Conference of Hungarian Doctoral Students: *Connecting the dots*, (pp. 297–315). Presa Universitară Clujeană.

4 Studiul este trimis spre publicare și este în curs de revizuire.

Kósa, A. (2026). *Categorical identification and dimensional prediction of early mathematical difficulties: The role of domain-general cognitive processes*. [Manuscript submitted for publication].

În acest context, procesele cognitive domain-generale — memoria de lucru, funcțiile executive, controlul atențional și viteza de procesare — au fost frecvent implicate în performanța matematică, însă rezultatele sunt eterogene și dependente de modul de operaționalizare a dificultăților matematice. Prin urmare, integrarea abordărilor categoriale și dimensionale devine necesară pentru a clarifica dacă vulnerabilitatea cognitivă reflectă diferențe calitative între grupuri sau variații graduale de-a lungul continuumului performanței.

3.3.2. Obiective

Studiul a urmărit investigarea rolului proceselor cognitive domain-generale în performanța matematică timpurie, utilizând atât analize categoriale, cât și dimensionale. În mod specific, a examinat dacă aceste procese diferențiază grupurile de performanță, dacă prezic variația individuală a performanței matematice și în ce măsură aceste rezultate sunt sensibile la pragurile de clasificare utilizate.

3.3.3. Metodologie

Studiul a utilizat un design transversal ex post facto. Eșantionul a inclus 76 de copii din clasa pregătitoare (39 fete, 37 băieți), cu vârste între 74 și 95 de luni ($M = 81,34$; $SD = 4,37$). Toți participanții erau vorbitori nativi de limba maghiară, nu prezentau tulburări neurologice sau de dezvoltare raportate și aveau funcționare intelectuală în interval normativ.

Performanța matematică a fost evaluată prin TEMA-3, iar dificultățile matematice au fost operaționalizate prin mai multe praguri percentilice (16, 25 și 40), pentru a examina sensibilitatea rezultatelor la clasificare. Procesele cognitive evaluate au inclus memoria de lucru verbală și vizuo-spațială, stocarea verbală numerică de scurtă durată, flexibilitatea cognitivă verbală, eficiența atențională și viteza de procesare (RAN). Analizele au inclus comparații între grupuri, ANCOVA, corelații Pearson și regresie ierarhică, completate prin bootstrap, validare încrucișată și analiză a importanței relative.

3.3.4. Rezultate

La nivel categorial, copiii clasificați cu dificultăți matematice au obținut performanțe semnificativ mai scăzute decât cei cu performanță tipică în special la flexibilitatea cognitivă verbală (Hedges' $g = 0,60-0,79$) și la componentele verbale ale memoriei de lucru ($g = 0,73-1,27$). Diferențe au fost observate și în stocarea verbală numerică de scurtă durată, în timp ce memoria de lucru vizuo-spațială și viteza de procesare au prezentat efecte mici sau nesemnificative în majoritatea comparațiilor. Pragurile mai restrictive au fost asociate cu

mărimi ale efectului mai mari, însă configurația diferențelor cognitive a rămas stabilă între contraste.

La nivel dimensional, modelul complet a fost semnificativ, $F_{(20, 55)} = 2,93$, $p < 0,001$, explicând 51,6% din varianță ($R^2 = 0,52$), însă a evidențiat multicolaritate ridicată în blocul atențional. După reducerea predictorilor, modelul redus a rămas semnificativ, $F_{(6, 69)} = 8,24$, $p < 0,001$, $R^2 = 0,42$.

Modelul final parcimonios a reținut doi predictorii independenți ai performanței matematice timpurii — stocarea verbală numerică de scurtă durată și flexibilitatea cognitivă verbală — explicând 39% din varianță ($F_{(2, 73)} = 23,38$, $p < 0,001$, $R^2 = 0,39$; R^2 ajustat = 0,37). Contribuțiile lor au fost comparabile (51% vs. 49%), indicând efecte parțial independente (Tabelul 1). Stabilitatea modelului a fost susținută prin validare încrucișată ($R^2 = 0,395$; $RMSE = 11,43$).

Tabelul 1

Model final de regresie pentru predicția performanței matematice ($N = 76$)

Predictor	B	SE	t	p	95% Bootstrap CI
Stocare verbală numerică de scurtă durată	3,19	0,79	4,03	< 0,001	[2,01; 4,48]
Flexibilitate cognitivă verbală	2,35	0,60	3,91	< 0,001	[1,37; 3,40]

Notă. B = coeficient de regresie nestandardizat; SE = eroare standard. Intervalele de încredere bootstrap sunt bazate pe percentile și au fost derivate din 5.000 de eșantionări.

În subeșantionul cu dificultăți matematice severe ($\leq$ percentila 16; $n = 30$), aceeași structură predictivă nu s-a replicat. Modelul nu a fost semnificativ, $F_{(2, 27)} = 0,89$, $p = 0,423$, explicând doar 6% din varianță ($R^2 = 0,06$), sugerând că predictorii cognitivi operează dimensional pe întregul continuum, dar nu explică variația internă a severității în zona performanței scăzute.

3.3.5. Concluzii

Rezultatele susțin o interpretare multifactorială și dimensională a dificultăților matematice timpurii, în care performanța nu este determinată de un deficit cognitiv unic, ci de contribuții selective și parțial independente ale mai multor procese domain-generale. În mod particular, procesele mediate verbal — stocarea numerică de scurtă durată și flexibilitatea cognitivă — apar ca mecanisme centrale în susținerea performanței matematice timpurii.

În același timp, studiul evidențiază o disociere importantă între diferențierea categorială și predicția dimensională: procesele cognitive care separă grupurile de performanță nu coincid în mod necesar cu cele care explică variația continuă a performanței.

Această diferență indică faptul că rezultatele bazate pe comparații între grupuri pot supraestima relevanța unor procese care nu au valoare explicativă independentă la nivel individual. Faptul că structura predictivă nu se reproduce în intervalul performanței scăzute sugerează că mecanismele care operează de-a lungul întregului continuum nu sunt echivalente cu cele care determină severitatea dificultăților matematice. Vulnerabilitatea cognitivă apare astfel ca un fenomen gradual și eterogen, dependent de context și de nivelul analitic considerat.

În ansamblu, rezultatele susțin necesitatea integrării abordărilor categoriale și dimensionale și contribuie la reconceptualizarea dificultăților matematice ca variații continue ale unor procese cognitive interdependente, mai degrabă decât ca entități discrete sau expresii ale unui deficit unitar.

3.4. Studiul 4. Analiză de rețea

Dincolo de scoruri și competențe: Deficite de integrare funcțională în competențele numerice timpurii — O analiză longitudinală de rețea a copiilor cu dificultăți matematice^{5,6,7}

3.4.1. Fundamentare teoretică

Deși competențele matematice timpurii sunt recunoscute ca predictorii importanți ai performanței școlare ulterioare (Duncan et al., 2007; Geary, 2011), se cunosc mai puține aspecte despre modul în care acestea sunt organizate funcțional și despre felul în care anumite configurații relaționale pot reflecta vulnerabilitate matematică încă de la debutul școlarității. Abordările tradiționale, bazate pe scoruri globale, modele predictive sau variabile latente, surprind nivelul performanței, dar oferă informații limitate despre modul în care

5 Analiza corelațională și predictivă a studiului a fost prezentată la conferința internațională *Connecting the Dots*, Cluj-Napoca, 8–10 noiembrie 2024, sub titlul: *Este important de unde pornim? – Predicția competențelor matematice pe baza abilităților și cunoștințelor măsurate la debutul școlarității*

6 Rețelele corelaționale și analiza clusterelor a fost prezentată la conferința internațională *Special Treatment International Interdisciplinary Conference*, Hajdúböszörmény, Ungaria, 24–26 aprilie 2025. Ulterior, lucrarea a fost publicată sub formă de conference proceeding.

Kósa, A. (2025). Din cât, cât? – Analiza de rețea corelațională și analiza clusterelor în serviciul predicției competențelor matematice – am calculat ce contează. In: Mező, K. (Ed.), *Interdiszciplináris kutatások a különleges bánásmód témakörében*, 1/2025, pp. 41–56, Debreceni Egyetem, Gyermeknevelési és Gyógypedagógiai Kar, Debrecen.

7 Studiul este trimis spre publicare și este în curs de revizuire.

Kósa, A. (2026). *Beyond Scores and Skills: Functional Integration Deficits in Early Numeracy—A Longitudinal Network Analysis of Children With Mathematical Difficulties* [Manuscript submitted for publication].

competențele se susțin și se coordonează reciproc în cadrul unui sistem în dezvoltare (Borsboom, 2017; Fried & Cramer, 2017).

Din această perspectivă, analiza de rețea oferă un cadru descriptiv adecvat pentru examinarea competențelor matematice ca sistem relațional, în care nodurile reprezintă competențe distincte, iar legăturile reflectă interdependențele dintre acestea (Epskamp et al., 2018). Studiul pornește de la ipoteza că vulnerabilitatea matematică poate reflecta nu doar niveluri mai scăzute de performanță, ci și o integrare funcțională redusă, exprimată prin tipare structurale mai puțin diferențiate ale relațiilor dintre competențe (Borsboom & Cramer, 2013).

3.4.2. Obiective

Studiul a urmărit examinarea organizării relaționale a competențelor matematice timpurii într-un cadru longitudinal și investigarea modului în care această organizare se asociază cu performanța matematică ulterioară. De asemenea, a vizat compararea structurilor de rețea caracteristice copiilor cu dificultăți matematice și celor cu performanță tipică, cu accent pe conectivitate și centralitate.

3.4.3. Metodologie

Studiul a utilizat un design longitudinal observațional, cu două momente de evaluare: debutul școlarității (T1) și finalul clasei a II-a (T2). Eșantionul final a inclus 123 de copii (61 fete, 62 băieți), cu vârsta medie de 81,72 luni la T1. Participanții au fost clasificați pe baza TEMA-3 în trei profile de performanță: dificultăți matematice (DM; $n = 32$), performanță tipică (PT; $n = 79$) și performanță ridicată (PR; $n = 12$).

La T1 au fost evaluate competențe matematice timpurii distincte, incluzând abilitatea de numărare, compararea numerelor, calcule și concepte informale, alfabetizare numerică, fapte numerice, calcule și concepte formale. La T2 a fost administrat un instrument bazat pe curriculum, care a evaluat alfabetizarea numerică, compararea numerelor, reprezentarea pe axa numerelor, simbolurile matematice, fluența aritmetică, conceptele de calcul și rezolvarea de probleme.

Rețelele au fost construite pe baza corelațiilor Pearson de ordin zero și reprezentate ca grafuri neorientate și ponderate. Pentru interpretarea descriptivă a fost selectat pragul $r > 0,50$, pe baza analizelor de sensibilitate realizate la mai multe praguri ($r > 0,30$ – $0,70$). Rolurile structurale ale competențelor au fost evaluate prin indicatori de centralitate, iar

diferențele dintre rețelele DM și PT au fost testate prin proceduri de comparație structurală bazate pe permutări.

3.4.4. Rezultate

La nivel longitudinal, performanța matematică globală la T1 a fost asociată moderat cu performanța de la T2 ($r = 0,59, p < 0,001$). Dintre competențele specifice, abilitatea de numărare și alfabetizarea numerică au prezentat cele mai puternice asocieri cu performanța ulterioară (ambele $r = 0,53, p < 0,001$, Figura 3). Modelele predictive au confirmat relevanța acestor competențe: performanța matematică globală la T1 a explicat 35% din varianța performanței la T2 ($R^2 = 0,35$), iar competențele informale timpurii au explicat 33% din varianță ($R^2 = 0,33$).

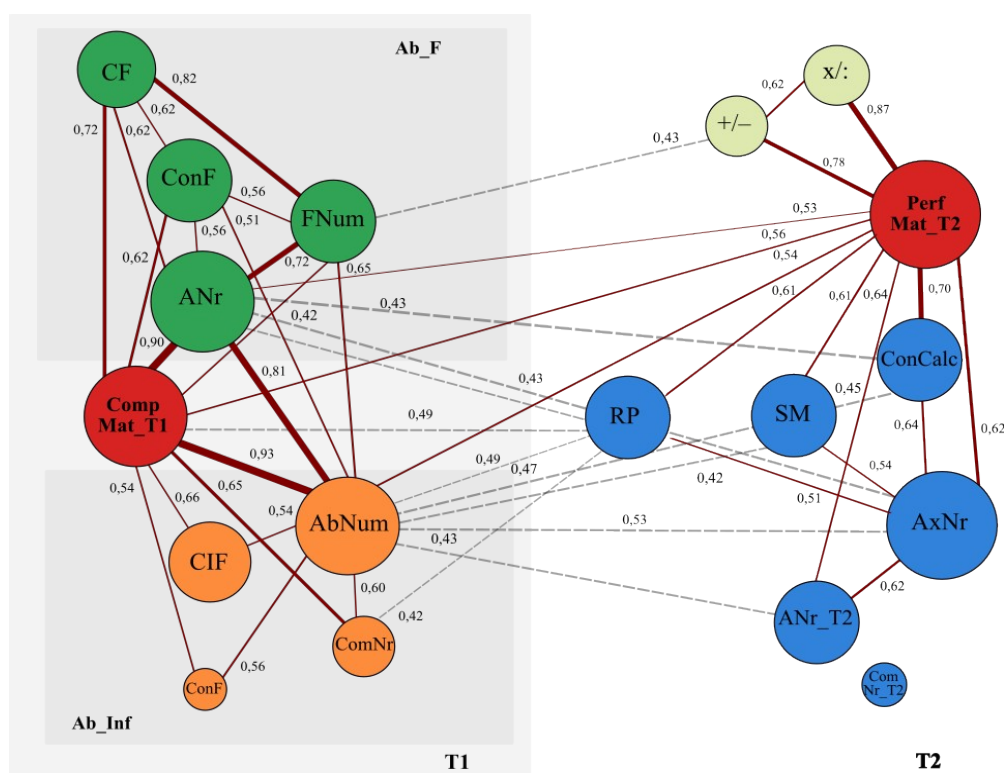


Figura 3

Rețeaua integrată a competențelor matematice timpurii (T1) și din clasa a II-a (T2), bazată pe corelații Pearson

Notă. Nodurile reprezintă competențe matematice; grosimea muchiilor reflectă intensitatea corelațiilor. Sunt afișate doar asocierile moderate sau mai puternice (linii continue: $r \geq 0,50$; linii punctate: $r \geq 0,40$).

T1 – Primul moment de evaluare: AbNum = Abilitatea de numărare; ComNr = Compararea numerelor; CIF = Calcule informale; ConIF = Concepte informale; ANr = Alfabetizare numerică; FNum = Fapte numerice; CF = Calcule formale; ConF = Concepte formale; CompMat_T1 = Competențe matematice în clasa pregătitoare.

T2 – al doilea moment de evaluare: ANr_T2 = Alfabetizare numerică (T2); ComNr_T2 = Compararea numerelor (T2); AxNr = Axa numerelor; SM = Simboluri matematice; +/- = Adunare–Scădere; x/: = Înmulțire–Împărțire; RP = Rezolvare de probleme; PerfMat_T2 = Performanță matematică în clasa a II-a

Analiza de rețea a arătat că, la T1, abilitatea de numărare ($DC = 8$, $BC = 42$, $CC = 0,07$, $EC = 0,84$) și alfabetizarea numerică ($DC = 6$, $BC = 8$, $CC = 0,06$, $EC = 0,81$) au ocupat poziții structural centrale. La T2, centralitatea s-a reorganizat în jurul competențelor procedurale și conceptuale avansate, performanța matematică globală emergând ca nod integrativ dominant ($DC = 10$, $BC = 73$, $CC = 0,08$, $EC = 0,55$). Acest tipar sugerează o redistribuire funcțională a rolurilor structurale pe parcursul dezvoltării.

Compararea profilelor de performanță a evidențiat diferențe structurale semnificative între rețelele DM și PT. Similaritatea globală a muchiilor a fost moderată ($r = 0,41$, $p < 0,05$), dar testele de comparație au indicat diferențe semnificative în invarianța structurală ($M = 3,22$, $p < 0,001$) și în forța globală a rețelei ($S = 0,44$, $p = 0,0004$). Corelația redusă între valorile centralității nodurilor ($r = 0,18$, $p = 0,0002$) indică diferențe importante în rolurile structurale ale competențelor.

Din punct de vedere descriptiv, rețeaua DM a fost mai densă și a rămas complet conectată la pragurile analizate, însă a prezentat o distribuție mai difuză a centralității, fără noduri clar dominante. În contrast, rețeaua PT a fost mai rară, dar mai diferențiată ierarhic, cu centralitate concentrată selectiv în competențe precum abilitatea de numărare, alfabetizarea numerică și faptele aritmetice. Acest tipar sugerează că vulnerabilitatea matematică este asociată nu doar cu performanță redusă, ci și cu o diferențiere funcțională mai slabă a sistemului competențial.

3.4.5. Concluzii

Rezultatele susțin o perspectivă relațională și longitudinală asupra dezvoltării matematice timpurii. Performanța ulterioară este asociată nu doar cu nivelurile inițiale ale competențelor, ci și cu modul în care acestea sunt organizate structural într-un sistem integrat. Competențele timpurii centrale, în special abilitatea de numărare și alfabetizarea numerică, par să funcționeze ca noduri de coordonare între domeniile informale și cele formal emergente.

În același timp, diferențele dintre profilele de dezvoltare sugerează că vulnerabilitatea matematică poate fi înțeleasă mai adecvat ca o formă de integrare funcțională redusă, și nu doar ca performanță scăzută. Rețeaua copiilor cu dificultăți matematice apare mai puțin diferențiată și mai slab specializată, ceea ce indică o organizare structurală alterată a competențelor. În ansamblu, studiul extinde modelele centrate exclusiv pe scoruri și susține utilitatea indicatorilor relaționali ca repere complementare pentru înțelegerea dezvoltării matematice timpurii și pentru identificarea precoce a riscului matematic.

3.5. Studiul 5. Stabilitate diagnostică

De la categorii diagnostice la traiectorii de dezvoltare: reconsiderarea stabilității dificultăților matematice ^{8,9}

3.5.1. Fundamentare teoretică

Stabilitatea dificultăților matematice reprezintă o problemă centrală în literatura de specialitate, întrucât delimitarea dintre dificultăți persistente, vulnerabilități tranzitorii și variații normale ale dezvoltării rămâne incomplet clarificată (Geary, 2011; Morgan et al., 2009). Deși modelele categoriale presupun existența unor profile relativ stabile, cercetările recente sugerează că performanța matematică timpurie este mai adecvat înțeleasă ca parte a unor traiectorii dezvoltative sensibile la context, la instruire și la criteriile de clasificare utilizate (Dowker, 2024; Haberstroh & Schulte-Körne, 2022; Jordan et al., 2009).

În acest cadru, competențele numerice timpurii — în special cele informale — pot funcționa atât ca factori de risc, cât și ca factori de protecție, influențând continuitatea sau schimbarea profilurilor de performanță (Toll & Van Luit, 2014). Studiul examinează stabilitatea diagnostică a dificultăților matematice nu ca proprietate fixă, ci ca rezultat al interacțiunii dintre competențele inițiale, dezvoltarea ulterioară și practicile de evaluare școlară.

3.5.2. Obiective

Studiul a urmărit examinarea stabilității diagnostice a dificultăților matematice pe parcursul a trei momente de evaluare și analiza valorii predictive a competențelor numerice timpurii pentru performanța ulterioară. De asemenea, a vizat investigarea rolului mediator al competențelor informale și formale în traiectoriile dezvoltative ale performanței matematice.

3.5.3. Metodologie

Studiul a utilizat un design longitudinal observațional, cu trei momente de evaluare: clasa pregătitoare (T1), clasa a II-a (T2) și clasa a III-a (T3). Eșantionul a inclus 119 copii (60 fete, 59 băieți), clasificați pe baza TEMA-3 în trei profile: dificultăți matematice (DM; $n = 32$), performanță tipică (PT; $n = 77$) și performanță ridicată (PR; $n = 12$).

8 Studiul a fost prezentat în cadrul conferinței internaționale interdisciplinare *Learning And Society*, Eger, Ungaria, 3–5 octombrie 2025, sub titlul: *În labirintul numerelor: factori de risc și factori protectivi în dezvoltarea matematică timpurie – date longitudinale privind dinamica dificultăților matematice*

9 Studiul este trimis spre publicare și este în curs de revizuire.

Kósa, A. (2026). *From diagnostic categories to developmental pathways: Rethinking the stability of mathematical difficulties*. [Manuscript submitted for publication].

La T1 au fost evaluate competențele de numerație timpurie, incluzând dimensiuni informale și formale. La T2 și T3 au fost administrate probe bazate pe curriculum, care au evaluat performanța matematică școlară. Analizele au inclus comparații între grupuri, ANOVA cu măsuri repetate, indici de stabilitate diagnostică (κ), regresii logistice și multinomiale, analize ROC (AUC), modele de mediere și modele de ecuații structurale multigrup.

3.5.4. Rezultate

Performanța matematică a crescut semnificativ de la T1 la T3 în toate grupurile, $F_{(2, 232)} = 95,85, p < 0,001, \eta^2 = 0,23$, menținând în același timp diferențele inițiale dintre profile, fără interacțiune timp $\times$ grup, $F_{(4, 232)} = 0,72, p = 0,58$. Acest tipar indică traiectorii paralele, dar diferențiate, de dezvoltare.

Analizele de stabilitate diagnostică au evidențiat o mobilitate timpurie pronunțată și o consolidare progresivă a clasificărilor odată cu înaintarea în școlaritate (Figura 4). Între T1 și T2, 63% dintre copiii clasificați inițial cu dificultăți matematice au trecut în intervalul de performanță tipică, în timp ce stabilitatea a crescut între T2 și T3, când 76,5% dintre copii și-au menținut clasificarea. Indicii κ au reflectat același tipar: $\kappa = 0,14$ pentru T1→T2, $\kappa = 0,24$ pentru T1→T3 și $\kappa = 0,52$ pentru T2→T3.

Clasificările categoriale timpurii au avut o valoare predictivă limitată, în timp ce modelele continue au demonstrat o putere predictivă mai mare și mai consistentă. În paralel, analizele de mediere au arătat că performanța de la T2 mediază semnificativ relația dintre performanța timpurie și cea ulterioară (efect total $\beta = 0,67, p < 0,001$), susținând existența unor procese de dezvoltare în cascadă.

În ceea ce privește predictorii specifici, abilitățile timpurii de numărare și comparare a numerelor au funcționat ca factori de protecție împotriva dificultăților persistente. Numărarea a rămas predictorul cel mai robust al performanței ulterioare, inclusiv în modelele multivariate și în analizele LASSO, sugerând un rol central al numerației informale în susținerea dezvoltării matematice ulterioare.

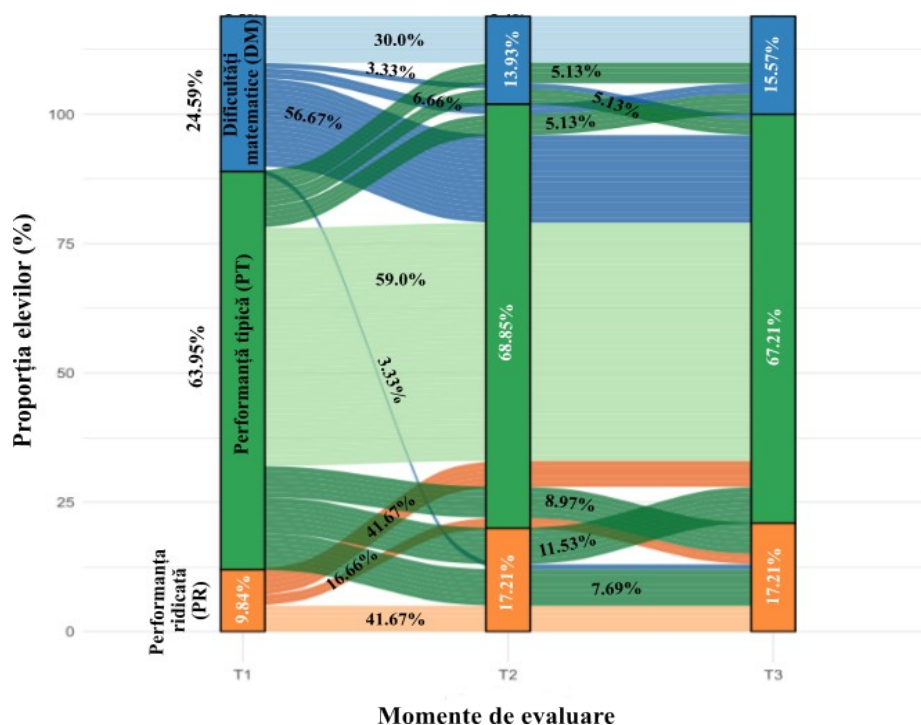


Figura 4

Traectorii longitudinale ale performanței matematice între momentele de evaluare (T1–T3)

Notă. Diagrama ilustrează tranzițiile elevilor între categoriile de performanță matematică (PR – performanță ridicată, PT – performanță tipică, DM – dificultăți matematice) între cele trei momente de evaluare (T1–T3). Lățimea fluxurilor este proporțională cu numărul de elevi care tranzitează între categorii, iar procente indică proporția corespunzătoare la fiecare moment de măsurare.

3.5.5. Concluzii

Rezultatele susțin o interpretare dezvoltativă și dimensională a dificultăților matematice. Categoriile diagnostice apar doar parțial stabile, reflectând atât continuitatea diferențelor individuale, cât și o mobilitate semnificativă în primii ani de școlarizare. Această dinamică sugerează că dificultățile matematice timpurii nu trebuie interpretate exclusiv ca stări fixe, ci ca traectorii susceptibile de reorganizare.

În același timp, studiul arată că numerația informală timpurie, în special numărarea și compararea numerelor, constituie un fundament esențial al dezvoltării matematice și un reper important pentru identificarea timpurie a riscului. În ansamblu, rezultatele susțin necesitatea unor practici de screening și intervenție orientate dezvoltativ, sensibile la variabilitate și la plasticitatea timpurie a învățării matematice.

4. SINTEZA REZULTATELOR ȘI INTEGRAREA CONTRIBUȚIILOR

Ansamblul celor cinci studii oferă o perspectivă integrată asupra dificultăților matematice (DM), conceptualizate ca fenomene dezvoltative emergente, situate la intersecția dintre mecanismele cognitive, organizarea structurală a competențelor și practicile educaționale de evaluare. Rezultatele se articulează într-un cadru coerent, care permite reinterpretarea dificultăților matematice dincolo de abordările tradiționale centrate exclusiv pe nivelul performanței.

La nivel cognitiv, rezultatele meta-analitice indică faptul că deficitul de memorie de lucru — în special componentele executive — constituie vulnerabilități stabile, prezente precoce și persistente de-a lungul dezvoltării timpurii. Integrarea dimensiunii longitudinale și examinarea sistematică a pragurilor diagnostice evidențiază faptul că magnitudinea acestor deficite variază în funcție de criteriile de clasificare utilizate, clarificând astfel o sursă importantă de variabilitate în literatura de specialitate. Aceste rezultate susțin o conceptualizare multifactorială a DM și indică rolul central al mecanismelor de control executiv în dezvoltarea matematică.

La nivel psihometric, validarea instrumentului TEMA-3 în context românesc confirmă predominanța unui factor general al competenței matematice timpurii și oferă un cadru robust pentru evaluarea performanței pe întregul continuum al abilității. Analizele evidențiază o distribuție adecvată a dificultății itemilor și o capacitate bună de discriminare între niveluri apropiate ale performanței, iar precizia crescută a măsurării în zona inferioară a distribuției susține utilizarea instrumentului pentru identificarea riscului educațional. Echivalența între versiunile lingvistice și stabilitatea indicatorilor de fiabilitate permit utilizarea comparabilă a instrumentului în contexte bilingve.

Analizele privind procesele cognitive domain-generale evidențiază o disociere între mecanismele care diferențiază grupurile și cele care explică variația individuală. Deși funcțiile executive și memoria de lucru diferențiază copiii cu performanță scăzută de cei tipici, valoarea lor predictivă în modele multivariate este limitată și selectivă. În același timp, relațiile identificate se dovedesc sensibile la pragurile de clasificare, susținând interpretarea dificultăților matematice ca variații dimensionale ale performanței, dependente de deciziile metodologice.

La nivel structural, analiza de rețea arată că dezvoltarea matematică timpurie este organizată ca un sistem de competențe interdependente. Diferențele dintre copii nu se reflectă doar în nivelul performanței, ci și în modul de integrare a competențelor. Rețelele asociate

DM sunt caracterizate printr-o organizare mai difuză și o diferențiere structurală redusă, sugerând o integrare funcțională suboptimală, mai degrabă decât absența unor competențe specifice. În acest cadru, importanța competențelor timpurii este interpretată în termeni de poziție structurală și conectivitate relativă, iar evoluția acestora indică procese de reorganizare progresivă pe parcursul dezvoltării.

La nivel dezvoltativ, analiza longitudinală evidențiază o stabilitate diagnostică moderată, combinată cu o mobilitate timpurie semnificativă. Clasificările categoriale timpurii au o valoare predictivă limitată, în timp ce modelele continue descriu mai fidel traiectoriile de dezvoltare. Rezultatele indică faptul că performanța matematică evoluează în moduri care reflectă atât nivelul inițial al competențelor, cât și contextul educațional, iar competențele numerice informale — în special numărarea și compararea numerelor — apar ca factori de protecție centrali. Modelele de mediere sugerează procese de dezvoltare în cascadă, în care performanța intermediară mediază relația dintre competențele timpurii și cele ulterioare.

În ansamblu, rezultatele converg spre o conceptualizare a dificultăților matematice ca traiectorii dezvoltative dinamice, modelate de interacțiunea dintre vulnerabilități cognitive, organizarea structurală a competențelor și contextul educațional. Această perspectivă susține depășirea modelelor categoriale rigide și argumentează în favoarea unor abordări dimensionale, orientate spre proces, prevenție și intervenție adaptivă.

5. IMPLICAȚII TEORETICE ȘI PRACTICE

Rezultatele tezei susțin o reconceptualizare a dificultăților matematice ca fenomene dezvoltative emergente, care reflectă interacțiunea dintre procese cognitive, organizarea structurală a competențelor și contextul educațional. La nivel cognitiv, memoria de lucru — în special componentele executive — apare ca vulnerabilitate stabilă, dar dependentă de contextul sarcinilor și de criteriile de clasificare. La nivel structural, diferențele dintre copii se manifestă nu doar în nivelul performanței, ci și în modul de organizare și integrare a competențelor, sugerând că dificultățile matematice pot fi înțelese ca variații în structura sistemului competențial. La nivel dezvoltativ, stabilitatea moderată și mobilitatea observată indică faptul că aceste dificultăți sunt mai adecvat descrise ca traiectorii de evoluție decât ca stări fixe. În ansamblu, rezultatele susțin depășirea dihotomiilor tradiționale (categorial vs. dimensional, domain-general vs. domain-specific) și argumentează în favoarea unei perspective integrate, orientate spre proces.

Din punct de vedere practic, rezultatele evidențiază importanța unei evaluări timpurii flexibile, care combină clasificările categoriale cu indicatori dimensionali ai performanței. Validarea instrumentului utilizat susține necesitatea utilizării unor măsuri standardizate sensibile la zona inferioară a distribuției, relevante pentru identificarea riscului. Rolul memoriei de lucru sugerează adaptarea cerințelor instrucționale la resursele cognitive ale copiilor, prin structurarea sarcinilor și reducerea încărcării cognitive. În același timp, importanța competențelor numerice timpurii — în special numărarea și alfabetizarea numerică — indică necesitatea unor intervenții care susțin integrarea acestora în contexte variate de învățare. Mobilitatea diagnostică observată susține monitorizarea continuă și intervențiile adaptative, orientate spre evoluția individuală. În ansamblu, rezultatele susțin o abordare educațională dezvoltativă, în care evaluarea și intervenția sunt concepute ca procese dinamice, sensibile la variabilitatea și plasticitatea învățării matematice timpurii.

6. LIMITE ALE TEZEI ȘI DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE

Interpretarea rezultatelor trebuie realizată în raport cu anumite limitări metodologice și conceptuale. În primul rând, o parte dintre analize, în special cele bazate pe corelații și rețele, au un caracter descriptiv și nu permit inferențe cauzale. În al doilea rând, rezultatele sunt sensibile la deciziile privind operaționalizarea variabilelor și criteriile de clasificare utilizate, ceea ce afectează compoziția grupurilor și comparabilitatea cu alte studii. În al treilea rând, evaluarea proceselor cognitive și a competențelor matematice se bazează pe sarcini care pot implica simultan mai multe componente cognitive, limitând separarea strictă a mecanismelor implicate. În plus, instrumentul utilizat pentru evaluarea competențelor numerice timpurii prezintă o precizie mai ridicată în zona centrală și inferioară a distribuției, ceea ce poate reduce sensibilitatea pentru nivelurile foarte ridicate de performanță. De asemenea, procesele cognitive domain-generale și competențele matematice domain-specifice au fost analizate în cadre empirice distincte, ceea ce limitează testarea directă a interacțiunilor dintre ele în aceleași modele. În fine, generalizarea rezultatelor trebuie realizată cu prudență, având în vedere particularitățile eșantionului și ale contextului educațional în care au fost colectate datele.

Rezultatele tezei deschid mai multe direcții relevante pentru cercetările viitoare. O primă direcție vizează utilizarea unor designuri longitudinale mai complexe, capabile să clarifice direcționalitatea relațiilor dintre procesele cognitive și performanța matematică. O a doua direcție privește rafinarea evaluării proceselor cognitive prin baterii mai diferențiate și abordări multimethod. De asemenea, integrarea proceselor cognitive domain-generale și a

competențelor matematice domain-specifice în modele analitice unificate ar permite testarea directă a modului în care vulnerabilitățile cognitive susțin organizarea structurală a competențelor numerice. În ceea ce privește dezvoltarea matematică, combinarea analizelor de rețea cu modele latente și abordări bazate pe traiectorii ar putea oferi o înțelegere mai nuanțată a reorganizării competențelor în timp. În plus, examinarea sistematică a factorilor contextuali — lingvistici, educaționali și instituționali — ar putea clarifica variabilitatea observată între studii și ar contribui la adaptarea intervențiilor. În ansamblu, aceste direcții susțin dezvoltarea unor cadre de cercetare capabile să surprindă dificultățile matematice ca procese dinamice, emergente și sensibile la interacțiunea dintre factori cognitivi, structurali și contextuali.

Referințe

- Astle, D. E., & Fletcher-Watson, S. (2020). Beyond the core-deficit hypothesis in developmental disorders. *Current Directions in Psychological Science*, 29(5), 431–437. <https://doi.org/10.1177/0963721420925518>
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01538-2)
- Borsboom, D. (2017). A network theory of mental disorders. *World Psychiatry*, 16(1), 5–13. <https://doi.org/10.1002/wps.20375>
- Borsboom, D., & Cramer, A. O. J. (2013). Network analysis: An integrative approach to the structure of psychopathology. *Annual Review of Clinical Psychology*, 9 (Volume 9, 2013), 91–121. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-050212-185608>
- Cirino, P. T., Fuchs, L. S., Elias, J. T., Powell, S. R., & Schumacher, R. F. (2015). Cognitive and mathematical profiles for different forms of learning difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 48(2), 156–175. <https://doi.org/10.1177/0022219413494239>
- Clark, C. A. C., Sheffield, T. D., Wiebe, S. A., & Espy, K. A. (2013). Longitudinal associations between executive control and developing mathematical competence in preschool boys and girls. *Child Development*, 84(2), 662–677. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2012.01854.x>
- Davis-Kean, P. E., Domina, T., Kuhfeld, M., Ellis, A., & Gershoff, E. T. (2022). It matters how you start: Early numeracy mastery predicts high school math course-taking and college attendance. *Infant and Child Development*, 31(2), e2281. <https://doi.org/10.1002/icd.2281>

- Decarli, G., Sella, F., Lanfranchi, S., Gerotto, G., Gerola, S., Cossu, G., & Zorzi, M. (2023). Severe developmental dyscalculia is characterized by core deficits in both symbolic and nonsymbolic number sense. *Psychological Science*, 34(1), 8–21.
<https://doi.org/10.1177/09567976221097947>
- Dolfi, S., Decarli, G., Lunardon, M., De Filippo De Grazia, M., Gerola, S., Lanfranchi, S., Cossu, G., Sella, F., Testolin, A., & Zorzi, M. (2024). Weaker number sense accounts for impaired numerosity perception in dyscalculia: Behavioral and computational evidence. *Developmental Science*, 27(6), e13538. <https://doi.org/10.1111/desc.13538>
- Dowker, A. (2024). Developmental dyscalculia in relation to individual differences in mathematical abilities. *Children*, 11(6), 623.
<https://doi.org/10.3390/children11060623>
- Duncan, G., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., Pagani, L. S., Feinstein, L., Engel, M., Brooks-Gunn, J., Sexton, H., Duckworth, K., & Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43(6), 1428–1446. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.6.1428>
- Embretson, S. E., & Reise, S. P. (2000). *Item response theory for psychologists* (pp. xi, 371). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Epskamp, S., & Fried, E. I. (2018). A tutorial on regularized partial correlation networks. *Psychological Methods*, 23(4), 617–634. <https://doi.org/10.1037/met0000167>
- Fletcher, J. M., & Miciak, J. (2024). Assessment of specific learning disabilities and intellectual disabilities. *Assessment*, 31(1), 53–74.
<https://doi.org/10.1177/10731911231194992>
- Fried, E. I., & Cramer, A. O. J. (2017). Moving forward: Challenges and directions for psychopathological network theory and methodology. *Perspectives on Psychological Science: A Journal of the Association for Psychological Science*, 12(6), 999–1020.
<https://doi.org/10.1177/1745691617705892>
- Geary, D. C. (2011). Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: A 5-year longitudinal study. *Developmental Psychology*, 47(6), 1539–1552.
<https://doi.org/10.1037/a0025510>
- Geary, D. C. (2013). Early foundations for mathematics learning and their relations to learning disabilities. *Current Directions in Psychological Science*, 22(1), 23–27.
<https://doi.org/10.1177/0963721412469398>
- Ginsburg, H. P., & Baroody, A. J. (2003). *Test of Early Mathematics Ability – Third Edition (TEMA-3)*. Austin, TX: PRO-ED.

- Haberstroh, S., & Schulte-Körne, G. (2022). The cognitive profile of math difficulties: A meta-analysis based on clinical criteria. *Frontiers in Psychology, 13*.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.842391>
- Hu, Q., Liang, Z., Zhou, Y., Feng, S., & Zhang, Q. (2023). The role of working memory updating and capacity in children's mathematical abilities: A developmental cascade model. *The British Journal of Educational Psychology, 93*(3), 676–693.
<https://doi.org/10.1111/bjep.12585>
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. N. (2009). Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology, 45*(3), 850–867. <https://doi.org/10.1037/a0014939>
- Kievit, R. A., Hofman, A. D., & Nation, K. (2019). Mutualistic coupling between vocabulary and reasoning in young children: A replication and extension of the study by Kievit et al. (2017). *Psychological Science, 30*(8), 1245–1252.
<https://doi.org/10.1177/0956797619841265>
- Kroesbergen, E. H., Huijsmans, M. D. E., & Friso-van den Bos, I. (2023). A Meta-analysis on the differences in mathematical and cognitive skills between individuals with and without mathematical learning disabilities. *Review Of Educational Research, 93*(5), 718–755. <https://doi.org/10.3102/00346543221132773>
- Kucian, K., & von Aster, M. (2015). Developmental dyscalculia. *European Journal of Pediatrics, 174*(1), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s00431-014-2455-7>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex 'Frontal Lobe' tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology, 41*(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Morgan, P. L., Farkas, G., Wang, Y., Hillemeier, M. M., Oh, Y., & Maczuga, S. (2019). Executive function deficits in kindergarten predict repeated academic difficulties across elementary school. *Early Childhood Research Quarterly, 46*, 20–32.
<https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.06.009>
- Muñoz, D., Bull, R., Lee, K., & Ruiz, C. (2023). Heterogeneity in children at risk of math learning difficulties. *Child Development, 94*(4), 1033–1048.
<https://doi.org/10.1111/cdev.13918>
- Nelson, G., & Powell, S. R. (2018). A systematic review of longitudinal studies of mathematics difficulty. *Journal of Learning Disabilities, 51*(6), 523–539.
<https://doi.org/10.1177/0022219417714773>

- Outhwaite, L. A., Aunio, P., Leung, J. K. Y., & Van Herwegen, J. (2024). Measuring mathematical skills in early childhood: A systematic review of the psychometric properties of early maths assessments and screeners. *Educational Psychology Review*, 36(4), 110. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09950-6>
- Owen, O., & Reed, L. (2025). *The Role of Early Numeracy Skills in Predicting Long-Term Mathematics Achievement* (SSRN Scholarly Paper 5399006). Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5399006>
- Peng, P., Barnes, M., Wang, C., Wang, W., Li, S., Swanson, H. L., Dardick, W., & Tao, S. (2018). A meta-analysis on the relation between reading and working memory. *Psychological Bulletin*, 144(1), 48–76. <https://doi.org/10.1037/bul0000124>
- Peng, P., & Fuchs, D. (2016). A meta-analysis of working memory deficits in children with learning difficulties: Is there a difference between verbal domain and numerical domain? *Journal of Learning Disabilities*, 49(1), 3–20. <https://doi.org/10.1177/0022219414521667>
- Pennington, B. F. (2006). From single to multiple deficit models of developmental disorders. *Cognition*, 101(2), 385–413. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.04.008>
- Ryoo, J. H., Molfese, V. J., Brown, E. T., Karp, K. S., Welch, G. W., & Bovaird, J. A. (2015). Examining factor structures on the Test of Early Mathematics Ability—3: A longitudinal approach. *Learning and Individual Differences*, 41, 21–29. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.06.003>
- Rittle-Johnson, B., & Schneider, M. (2015). Developing conceptual and procedural knowledge of mathematics. In *The Oxford handbook of numerical cognition* (pp. 1118–1134). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199642342.013.014>
- ten Braak, D., Lenes, R., Purpura, D. J., Schmitt, S. A., & Størksen, I. (2022). Why do early mathematics skills predict later mathematics and reading achievement? The role of executive function. *Journal of Experimental Child Psychology*, 214, 105306. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2021.105306>
- Toll, S. W. M., van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., & van Luit, J. E. H. (2011). Executive functions as predictors of math learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 44(6), 521–532. <https://doi.org/10.1177/0022219410387302>
- Wang, Y., Long, J., & Wang, P. (2024). The prevalence of mathematical difficulties among primary school children in Mainland China: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Public Health*, 11, 1250337. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1250337>