



**Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași**  
**Facultatea de Psihologie și Științe ale Educației**  
**Școala Doctorală de Psihologie și Științe ale Educației**

## **REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT**

**Conducător de doctorat: Prof. univ. dr. Nicoleta Laura Popa**

**Student-doctorand: Vered Alboher Agmon**

**Iași, 2023**



**Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași**  
**Facultatea de Psihologie și Științe ale Educației**  
**Școala Doctorală de Psihologie și Științe ale Educației**

## **REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT**

**Contribuția unui program de formare meta-strategic la dezvoltarea  
capacității de raționament analogic în rândul profesorilor de  
biologie**

**Conducător de doctorat: Prof. univ. dr. Nicoleta Laura Popa**

**Student-doctorand: Vered Alboher Agmon**

**Iași, 2023**

## Introducere

Una din nevoile primare ale absolvenților din domeniile științifice, într-o epocă în care cunoștințele sunt disponibile și reactualizate în mod constant, este aceea de a înțelege știința. Cu toate acestea, există un decalaj între fluxul de informații disponibile și capacitatea participanților la procesul de învățare (elevi și profesori) de a le organiza și de a le utiliza în mod eficient pentru a dobândi noi cunoștințe care să garanteze un nivel optim de înțelegere. În mod specific, procesarea conținuturilor și reprezentărilor din domeniul biologiei îi provoacă pe participanții la procesul de învățare să creeze relații semnificative care să stabilească anumite conexiuni între niveluri și în interiorul nivelurilor în cadrul sistemelor complexe pentru a explica principii și concepte științifice generale (Harrison & Treagust, 2006a, 2006b).

Capacitatea de raționament analogic (RA) le permite cursanților să proceseze în manieră eficientă fluxul de informații și să obțină reprezentări coerente în diverse domenii, în special în STEM. Datorită faptului că raționamentul analogic reprezintă o funcție cognitivă executivă, acesta este necesar participanților la procesul de învățare pentru a demonstra un grad mai ridicat de flexibilitate cognitivă în domeniul lor de studiu atunci când rezolvă probleme la un nivel complex (Kalra & Richland, 2022).

Capacitatea de utilizare a raționamentului analogic este legată de patru abilități de RA principale: Analogia, Anomalia, Antinomia și Antiteza (Alexander et al., 2016a, 2016b).

*Analogia* - identificarea unui model de relații similare între diferite reprezentări (cum ar fi procese sau fenomene).

*Antinomia* - identificarea diferențelor rezultate din nepotriviri de proprietăți, sortare și clasificare în categorii, precum și identificarea de elemente ce nu aparțin unei anumite categorii.

*Anomalia* - detectarea unei abateri de la tipar, a unor date anormale sau a unui fenomen anormal.

*Antiteza* - identificarea unor valori contradictorii într-un grafic cu variabile continue sau a unor argumente contradictorii, pro sau contra unor afirmații despre același fenomen.

Implementarea abilităților de raționament analogic prin identificarea modelelor acestora în timpul procesului de învățare permite fuzionarea informațiilor în unități purtătoare de sens. O

înțelegere aprofundată a acestor informații are rolul de a îmbunătăți utilizarea de către cursanți a acestor competențe, conferindu-le un nivel mai bun de înțelegere.

Cercetările au evidențiat o legătură empirică între utilizarea RA în timpul proceselor de achiziție, succesul academic al elevilor și performanța în procesul de învățare, în principal atunci când este măsurată într-un domeniu specific (Alexander, 2019; Dumas, 2018; Gray & Holyoak, 2019).

Cu toate acestea, utilizarea, flexibilitatea și capacitatea de predare a raționamentului analogic nu exclud anumite dificultăți în aplicarea lor pentru rezolvarea problemelor. Participanții la procesul de învățare, inclusiv adulții, au făcut eforturi pentru a identifica relații semnificative între probleme familiare și cele necunoscute, fără utilizarea de indicii (Hough & Gluck, 2019). Aplicarea raționamentului analogic este influențată de experiența anterioară a cursantului într-un anumit domeniu, de raționamentul și de natura sarcinii și de contextul în care se realizează gândirea, de exemplu, învățarea pe bază de colaborare (Boshuizen et al., 2020). În plus, experiențele metacognitive au indicat că factorii externi, inclusiv numărul de încercări dedicate învățării, durata de timp necesară și contextul general, conferă cel mai probabil senzația de dificultate în rezolvarea sarcinilor. Expunerea repetată la o anumită sarcină de lucru în timpul dezvoltării procesului de expertiză îi conferă persoanei care învață sentimentul că se familiarizează cu sarcina respectivă, precum și o mai bună capacitate de analiză și înțelegere a cerințelor sarcinii. Ca urmare, persoana angajată în procesul de învățare va ști cum să își calibreze în mod optim sentimentele legate de dificultatea sarcinii. Aceste sentimente stimulează componentele metacognitive, inclusiv experiențele, cunoștințele și abilitățile metacognitive, deoarece determină un efect de „buclă” în ceea ce privește monitorizarea și controlul. Astfel, atunci când persoanele care se angajează în procesul de învățare experimentează în mod curent sentimente de jenă sau de eșec, acestea pot căuta o altă cale, pot îmbunătăți strategiile de gândire sau pot ajuta la definirea unor noi strategii (Efklides, 2006). Pornind de la aceste aspecte, prezenta cercetare își propune să examineze strategiile dezvoltate de către profesori pentru a depăși dificultățile și sentimentele pe care le experimentează în aplicarea raționamentului analogic la sarcinile din domeniul biologiei.

În plus, studiile evidențiază în mod constant că rezultatele academice se îmbunătățesc pe măsură ce apar mai multe procese metacognitive. O meta-analiză a instruirii bazate pe strategii

metacognitive indică faptul că aceasta are un efect de durată asupra performanțelor academice ale elevilor. Pe termen lung, intervenția bazată pe predarea strategiilor ajută la menținerea și la creșterea performanțelor elevilor chiar și după încheierea cursului. Ca urmare, cursanții păstrează abilitățile de învățare nou dobândite, semnalând că își pot regla învățarea în mod autonom și după încheierea educației formale (De Boer et al., 2018). Astfel, cercetarea noastră examinează efectul unui program de intervenție pentru învățarea abilităților de raționament analogic în vederea aplicării acestora asupra cunoștințelor și înțelegerii performanței profesorilor în domeniul biologiei.

Instruirea explicită care abordează în mod explicit cunoștințele metacognitive implică metode care pun accentul pe construirea cunoștințelor pentru a promova abilitățile de gândire de ordin superior (HOT), precum analiza datelor, înțelegerea conceptelor și a efectelor, și a variabilelor complexe (Ashman et al., 2020). Într-adevăr, numeroase studii indică necesitatea unei formări deliberate explicite în dobândirea de abilități de gândire de ordin superior complexe. Etapele de formare a competențelor includ construirea de cunoștințe meta strategice (MSK). Astfel, instruirea explicită s-a dovedit a fi una dintre cele mai eficiente metode pentru abordarea provocărilor în învățarea și predarea analogiilor în sistemele cu interacțiuni complexe. Un astfel de exemplu sunt situațiile în care cursanților li se cere să identifice elemente comune și să efectueze comparații ale asemănărilor și diferențelor după efectuarea acțiunilor cognitive - encodare, inferență, cartografiere și inferență. (Goel et al., 2011; Lovett & Forbus, 2017).

În cadrul prezentei cercetări am utilizat modelul bazat pe cunoștințe meta-strategice (MSK) de instruire explicită în științe, care s-a dovedit a îmbunătăți abilitățile de gândire științifică de ordin superior în rândul tuturor elevilor, în special al celor cu rezultate slabe (Zohar & Ben David, 2008).

Potrivit lui Flavell (1979), tipurile de cunoștințe MSK - cunoștințe declarative, procedurale și condiționale (a ști pentru ce, cum, când și de ce să folosești abilitățile) sunt descrise ca fiind cele mai eficiente pentru dezvoltarea gândirii cognitive și meta-cognitive a elevilor și pentru promovarea performanței în mediul academic. Cunoștințele meta-strategice încurajează transferul între situații similare prin transmiterea abilităților de gândire și aplicarea lor în contexte diferite pentru rezolvarea problemelor. În plus, conceptualizarea relațiilor dintre soluții, așa cum apare aceasta prin activarea gândirii analogice, a devenit explicită atunci când cursanții s-au angajat și și-au împărtășit soluțiile și procesele. Explicarea și generalizarea

situațiilor similare le-a permis să rezolve problemele într-o manieră mai eficientă, prin promovarea unor relații superioare și utilizarea de acțiuni cognitive precum inferența și cartografierea. Cu toate acestea, transferul depinde de modul în care este dobândită abilitatea și de modul în care elevii adaptează abilitățile pe care le au la structurile existente combinate cu o nouă sarcină (Billing, 2007; Pilegard & Mayer, 2018).

Pe baza literaturii de specialitate, cercetarea noastră pleacă de la premisa că profesorii de științe folosesc în mod explicit acțiuni cognitive cu diverse tipuri de cunoștințe meta-strategice, în scris și în comunicarea orală, promovând performanța lor în ceea ce privește diferitele tipuri de cunoștințe și punerea în aplicare a raționamentului analogic în sarcinile de lucru la disciplina biologie.

Profesorii de științe au multe în comun cu oamenii de știință în ceea ce privește specificitatea domeniului lor și cantitatea de experiență de imersiune de care au nevoie pentru a avansa în învățarea complexă. La fel ca experții în științe, profesorii au nevoie de o arie extinsă de cunoștințe și un nivel profund de înțelegere (Shanahan & Bechtel, 2019). Mai mult decât atât, profesorii de științe cu expertiză în domeniul cunoștințelor cu conținut pedagogic dezvoltă un nivel avansat de conștientizare a strategiilor de gândire și pun în aplicare „pedagogia pentru înțelegere” pentru a preveni însușirea unor cunoștințe incomplet asimilate. Având avantajul unei cunoașteri aprofundate a materiei de studiu (SMK), cadrele didactice, la fel ca experții, pot recunoaște anumite modele semnificative în cadrul informațiilor, le pot structura pe baza unor principii, pot construi rețele complicate de termeni și procese și au capacitatea de a rezolva problemele în mod eficient.

Aprofundarea cunoștințelor și a nivelului de înțelegere în vederea îmbunătățirii performanțelor elevilor au o influență și asupra cunoștințele anterioare. Cercetarea noastră pornește astfel de la premisa că profesorii de biologie cu experiența necesară cărora li se cere să proceseze abilitățile de raționament analogic își pot îmbunătăți performanța și își pot aprofunda cunoștințele și nivelul de înțelegere.

Cu toate acestea, există studii care indică faptul că profesorilor de științe le lipsesc cunoștințele de conținut pedagogic (PCK), cunoștințele declarative (DK) și instrumentele care să prezinte și să proceseze cunoștințele lor disciplinare pentru a lucra la reducerea decalajului dintre nivelul lor de cunoștințe și cel al elevilor lor (Zohar, 2006; Zohar & Barzilai, 2013). Eficacitatea profesorilor în sala de clasă este redusă dacă acestora le lipsește înțelegerea aprofundată a

materiei (Rollnick et al., 2008). Pe de altă parte, atunci când cadrele didactice participă la dezvoltarea profesională axată pe conținut, procesul de învățare al elevilor se îmbunătățește (Yang et al., 2020).

În mod specific, profesorii care predau biologie la clase de liceu au nevoie de cunoștințe și abilități pentru o dezvoltare profesională eficientă pentru a-și îmbunătăți capacitatea de a se adapta și de a face față schimbărilor constante care guvernează activitatea de predare. Astfel, profesorii de biologie ar trebui să dețină cunoștințe care să depășească nivelul fenomenelor sau conceptelor puse în discuție și să fie capabili să explice structura complexă și principiile fundamentale ale disciplinei lor (Rozenszajn & Yarden, 2014a, 2014b). Cu toate acestea, deși profesorilor în activitate li se oferă adesea oportunități de dezvoltare profesională, aceste oportunități nu sunt de obicei axate pe avansarea nivelului de înțelegere al profesorilor la niveluri superioare. Lipsește descrierea modului de gândire al profesorilor, respectiv o perspectivă care să pună accentul pe ceea ce înțeleg profesorii de științe și nu doar pe ceea ce fac (Schneider & Plesman, 2011).

Prin urmare, cercetarea noastră pornește de la premisa că, pentru a determina ce știu și ce trebuie să învețe cadrele didactice în activitate, trebuie să le înțelegem atât nivelul lor de cunoștințe, cât și procesele de gândire. Astfel, prezenta cercetare propune un model de formare profesională bazat pe abilitățile de raționament analogic care se aliază la nevoile specifice ale profesorilor de biologie pentru a promova cunoștințele aprofundate ale acestora și, în consecință, cunoștințele elevilor lor.

Deoarece curriculum-ul este esențial în promovarea cunoștințelor legate de conținut ale profesorilor (Arzi & White, 2008), cercetătorii susțin că manualele de științe, ca material de învățare cheie pentru profesori, pot fi, de asemenea, parte a dezvoltării profesionale a profesorilor și, astfel, pot promova procesul de învățare al acestora (Roseman et al., 2010). Cu toate acestea, promovarea învățării profesorilor prin intermediul manualelor depinde de modul în care au fost concepute aceste manuale și de modul în care fac referință la cunoștințele anterioare ale profesorilor (Ball & Cohen, 1996). În plus, numeroase studii au evidențiat importanța modificării și adaptării manualelor școlare pentru a se alinia la cerințele unei lumi dinamice și la competențele esențiale ale secolului XXI, inclusiv abilitățile de gândire de ordin înalt (HOTs) pe care se pune accentul în programele școlare actuale (Bayrak-Ozmutlu, & Yaylak, 2021; Pratama & Retnawati, 2018; Roseman et al., 2010; Rozi et al., 2021; Trisnayanti et al., 2021; Vojř &

Rusek, 2019). Prin urmare, manualele care reflectă obiectivele curriculum-ului de științe și care pun accentul pe abilitățile de gândire de ordin înalt reprezintă încă un instrument pedagogic de bază, care servește atât profesorilor, cât și elevilor în promovarea procesului de învățare (Sanders & Makotsa, 2016). Cu toate acestea, calitatea manualelor de științe depinde de eficacitatea lor în utilizarea explicită a abilităților de gândire de ordin înalt pentru a oferi explicații clare pentru concepte abstracte și diverse reprezentări verbale, astfel încât să se faciliteze utilizarea lor de către elevi.

Pe baza studiilor existente axate în principal pe analogii de învățare, care ilustrează faptul că aplicarea abilităților de gândire de ordin înalt este esențială pentru învățarea științelor, prezenta cercetare își propune, de asemenea, să examineze modul în care aplicarea abilităților de raționament analogic considerate abilități de gândire de ordin înalt prin identificarea expresiilor abilităților de raționament analogic în manualele de biologie ajută la facilitarea unei înțelegeri științifice, necesară pentru învățarea biologiei.

Așa cum am menționat mai sus, numeroase studii se ocupă de importanța abilităților de gândire de ordin înalt explicite, de analogiile care promovează învățarea și de înțelegerea conținutului manualelor de științe. Cu toate acestea, nu am identificat niciun studiu asupra manualelor școlare care să analizeze toate cele patru abilități de RA; majoritatea studiilor se axează pe analiza analogiei, excluzând celelalte trei abilități, respectiv antinomia, anomalia și antiteza.

În plus, abilitățile de RA sunt studiate în funcție de diferite grupuri demografice, cum ar fi studenții, viitorii profesori sau profesorii care predau deja, în principal din perspectiva analogiilor. Cu toate acestea, niciunul dintre aceste studii nu investighează modul în care profesorii aflați în activitate dobândesc abilități de raționament analogic și nici impactul acestora asupra cunoștințelor lor, în mod specific asupra înțelegerii biologiei.

Prezenta cercetare contribuie la literatura de specialitate, examinând modul în care profesorii care predau biologia în dobândesc în mod explicit toate cele patru abilități legate de raționamentul analogic și impactul pe care acestea îl au asupra cunoștințelor profesorilor și a modului în care înțeleg disciplina pe care o predau.

## **Prezentare generală a studiilor**



Pentru ilustrarea aspectelor evidențiate mai sus, cercetătorul a efectuat trei studii:

Studiul 1 examinează măsura în care abilitățile de raționament analogic apar în conținutul diferitelor reprezentări incluse în trei manuale de științe ale vieții pentru gimnaziu, cu conținut din domeniul biologiei, publicate în Israel. Studiul 2 Partea I (cercetare cantitativă) examinează efectul programului de intervenție destinat profesorilor de biologie asupra învățării abilităților de raționament analogic, exprimat în performanța acestora în aplicarea anumitor tipuri de cunoștințe și a abilităților de RA. Studiul 2 Partea II (cercetare calitativă) examinează dificultățile cu care se confruntă profesorii de biologie și strategiile aplicate de aceștia în asimilarea abilităților de RA în vederea punerii lor în practică.

### **Studiul 1**

Manualele școlare ar trebui să reflecte cerințele programei școlare în conformitate cu obiectivele educației științifice. În consecință, programa școlară actualizată din Israel pune accentul pe aspirația de a pregăti viitorii absolvenți pentru a face față cu succes provocărilor viitoare ale unei societăți dinamice și bogate în cunoaștere prin cultivarea competențelor specifice secolului XXI. Sunt menționate în mod explicit abilitățile de gândire de ordin înalt necesare pentru profilurile absolvenților: compararea, argumentarea inferențelor individuale și orientarea spre cercetare. De asemenea, sunt abordate în mod explicit competențele legate de procesarea informațiilor, precum identificarea și organizarea informațiilor, prelucrarea informațiilor în timp ce sunt examinate în mod critic și acumularea de noi cunoștințe (Eisenberg & Selivansky, 2019). Cu toate acestea, decalajul dintre natura declarativă a acestor obiective din curriculum și conținutul din manualele școlare face cu atât mai acută necesitatea de a analiza manualele de științe și de a evalua calitatea acestora (Devetak & Vogrinc, 2013). Cercetătorii au solicitat asimilarea abilităților de RA în programele școlare și conceperea materialelor de învățare și predare în acord cu aceste obiective, datorită importanței lor pentru învățarea aprofundată (Alexander, 2017).

Având în vedere acest cadru specific, prezentul studiu calitativ încearcă să răspundă la următoarele întrebări de cercetare:

- Care sunt expresiile implicite ale celor patru abilități de RA în reprezentările textuale sau grafice din manualele de biologie utilizate în școlile gimnaziale din Israel?

- Care este expresia explicită a celor patru abilități de RA în reprezentări textuale sau grafice din manualele de biologie utilizate în școlile gimnaziale?
- Care este distribuția celor patru abilități de RA în manualele de biologie?
- Care este prevalența expresiilor implicite și explicite pentru abilitățile de RA?

Datele pentru acest studiu au fost colectate din trei manuale de biologie utilizate pentru clasa a opta de gimnaziu în Israel (Arielli & Yarden, 2013; Bar-Ilan Institute of Integration, 2012; Keynan et al., 2012). Toate cele trei manuale sunt adaptate la programa actualizată și incluse în cea mai recentă programă școlară de știință și tehnologie a Ministerului Israelian al Educației. Aceste manuale sunt aprobate pentru utilizare de către Ministerul Educației și sunt recomandate și utilizate în mod obișnuit în urma procesului de selecție la nivelul școlii. În mod specific, au fost examinate următoarele subiecte pentru clasa a opta: celulele, sistemele de reproducere și de comunicare și ecosistemele. Au fost selectate aceste subiecte deoarece sunt obligatorii în programa școlară a acestei grupe de vârstă și au fost supuse evaluării.

În cadrul acestui studiu am utilizat patru criterii (C1-C4) pentru a analiza conținutul manualelor de științe, pe baza criteriilor din literatura de specialitate referitoare la analogii și abilitățile de gândire de ordin înalt (Devetak & Vogrinc, 2013; Orgill, 2013) adaptate la celelalte abilități de RA. Tipul de abilități de RA (C1) include Analogia; Antinomia; Anomalia; Antiteza. Tipul de text (C2) include text, întrebare sau activitate. Procesul de cartografiere a fiecărei abilități de RA (C3) include trei niveluri, de la cel mai scăzut la cel mai înalt (cartografiere implicită, cartografiere parțială explicită și cartografiere completă). Procesul de cartografiere analogică îi conduce pe cursanți de la relații scăzute la un model analogic de relații de mare similaritate (Gentner, 1983; Gentner & Colhoun, 2010). În conformitate cu literatura de specialitate, cercetătorul a dezvoltat un proces de cartografiere pentru celelalte trei abilități de RA (antinomie, anomalie și antiteză).

Indicația de utilizare a competenței (C4) include instrucțiuni explicite pentru persoana care învață, astfel încât aceasta să știe cum să utilizeze abilitatea de RA. Instrucțiunile pot fi de gândire de nivel inferior (Active LOT) atunci când se utilizează RA sau de gândire de ordin înalt (Active HOT) atunci când se utilizează abilitățile de RA. Cercetătorul a elaborat un indice bazat pe criteriile de analiză a apariției abilităților de RA explicite și a utilizării acestora în respectivele tipuri de texte. Acest indice verificat rezultatele cartografierii (C1), utilizarea (C3) și tipul de text (T1, T2, T3).

## Sumar al rezultatelor derivate din Studiul 1

Expresiile abilităților de RA (analogie, antinomie, anomalie și antiteză) au apărut în toate tipurile de texte, însă într-o distribuție eterogenă. Numărul tuturor tipurilor de texte cu abilități de RA implicite, la diferite niveluri de gândire referitoare la abilitatea utilizată, este semnificativ mai mare (51%) decât numărul tipurilor de texte parțial explicite (34%) sau exprimate explicit în termeni de abilități de RA (14%). Există o frecvență ridicată a întrebărilor referitoare la abilitățile de RA (63%), la toate nivelurile explicite și implicite, care pare să fie semnificativ mai mare decât cea a textelor verbale sau vizuale (29,5%), sau a activităților (7,5%). Dintre textele de tip întrebare, există o frecvență ridicată a întrebărilor antinomice la nivel implicit, care necesită un nivel scăzut de gândire (23%). Numărul tipurilor de texte care presupun un nivel scăzut de gândire (38%) este ușor mai mare decât al celor care presupun cu un nivel de gândire de grad înalt (32%). Tipurile de texte de activitate la cel mai înalt nivel de explicitare și la nivelul de gândire ridicat pentru utilizarea abilităților de RA s-au dovedit a avea cea mai scăzută frecvență dintre toate tipurile de texte analizate (mai puțin de 2%). Indicele de succes al manualelor de biologie reprezintă o combinație de texte explicite pentru abilitățile de RA, respectiv procesul de cartografiere a abilităților de RA, împreună cu instrucțiuni explicite pentru ca elevul să utilizeze orice abilitate de RA atunci când știe să aplice un nivel ridicat de gândire ca în cazul rezolvării problemelor. În manualele analizate în acest studiu au fost identificate texte de tip activitate doar în proporție de 7%, cel mai probabil acestea nefiind suficient de profunde pentru a asigura înțelegerea științifică.

Natura explicită a tuturor celor patru abilități de RA din manualul de biologie are un grad relativ scăzut, comparativ cu prevalența ridicată a abilităților de RA implicite. Expresiile abilităților de RA (analogie, antinomie, anomalie și antiteză) au apărut în toate tipurile de texte, însă într-o distribuție eterogenă, iar antinomiile par să aibă o frecvență mai mare. Manualele de biologie prezintă, în cea mai mare parte, texte de tip întrebare care îi ghidează pe cursanți în utilizarea abilităților de RA la diferite niveluri de gândire (înalt și scăzut), cu o frecvență aproape similară. Doar un procent scăzut și limitat de texte reprezintă activități care necesită abilități de gândire de ordin înalt atunci când se utilizează expresii ale abilităților de RA. Deși cercetătorul și-a propus să elaboreze un index pentru cartografierea manualelor de biologie în ceea ce privește

abilitățile de RA, procesul este încă în stadiu incipient. Criteriile utilizate pentru analiza datelor ar trebui să fie în continuare rafinate și circumscrise mai bine obiectivelor.

## Studiul 2

Profesorii de științe incluși în acest studiu predau biologie la nivel de gimnaziu și liceu (clasele 7-12), au predat biologie timp de cel puțin trei ani și au cel puțin o diplomă de licență (în biologie sau în orice domeniu științific care include studii de biologie). Eșantionul a inclus 45 de profesori voluntari (N=45) care au fost repartizați aleatoriu în două grupuri: un grup de intervenție (N=25) și un grup de control (N=20). Timp de trei luni, profesorii din grupul de intervenție au fost instruiți să utilizeze abilități cu conținut de biologie. S-au administrat teste pre și post-intervenție înainte și după program. În același timp, profesorii din grupul de control care nu au beneficiat de programul de intervenție RA au răspuns la două teste în fiecare dintre cele două etape, pre- și post- intervenție, cu aceeași diferență de trei luni.

Studiul 2 Partea I are ca scop examinarea efectelor programului de intervenție RA asupra cunoștințelor și nivelului de înțelegere în rândul profesorilor de biologie. Astfel, întrebarea de cercetare la care răspunde Studiul 2 Partea I este: Care este contribuția programului de formare RR la cunoștințele și nivelul de înțelegere al profesorilor de biologie?

În cadrul Studiului 2, Partea I, instrumentul utilizat a fost Testul de raționament analogic -TORR (Alexander, 2012), urmărindu-se evaluarea capacității de a identifica modelele de abilități de RA în cadrul stimulilor vizuali și spațiali. În plus față de Testul de Biologie și RR-TOBARR care a fost dezvoltat de cercetător pentru aplicarea abilităților de RA în conținutul de biologie și tipurile de cunoștințe ale aplicațiilor – am utilizat SMK (subject-matter knowledge / cunoștințe legate de subiect), care includ cunoștințe conceptuale și MSK (meta-strategic knowledge / cunoștințe meta-strategice), care includ cunoștințe procedurale, declarative și condiționale.

Ipotezele (H1-H3) au afirmat că aceste aspecte vor înregistra valori mai crescute în urma programului de intervenție.

- H1: Nivelul de aplicare a abilităților de RA generice în cadrul grupului de intervenție va crește în urma programului de intervenție, comparativ cu grupul de control (Alexander, 2019).

- H2: Nivelul de aplicare a abilităților de RA în conținutul disciplinei biologie în cadrul grupului de intervenție va crește în urma programului de intervenție, comparativ cu grupul de control (Alexander, 2019).
- H3: Nivelul de aplicare a cunoștințelor (dimensiuni) va crește în urma programului de intervenție comparativ cu grupul de control (Alexander et al., 2016a, 2016b; Danielson & Sinatra, 2018; Pilegard & Mayer, 2018).

### **Sumar al rezultatelor derivate din Studiul 2 Partea I**

Rezultatele confirmă ipoteza conform căreia performanța legată de abilitățile de RA în rândul profesorilor de biologie - analogie, anomalie, antinomie și antiteză, în TORR și TOBARR, a crescut considerabil în urma programului de intervenție. Prin comparație, nu s-a înregistrat nicio schimbare în grupul de control. În plus, implementarea de către profesorii de biologie a abilităților de RA pentru toate tipurile de cunoștințe - SMK (subject-matter knowledge / cunoștințe legate de subiect), care includ cunoștințe conceptuale și MSK (meta-strategic knowledge / cunoștințe meta-strategice), care includ cunoștințe procedurale, declarative și condiționale, a crescut semnificativ în urma programului de intervenție.

Rezultatele aplicării abilităților de RA pe baza performanței profesorilor din grupul de intervenție din TOBARR au indicat că aproximativ o treime dintre profesori nu au reușit să utilizeze analogia în faza premergătoare. În faza ulterioară, cel mai mare procent de profesori au aplicat post-analogia la cel mai înalt nivel și în ordine descrescătoare: anomalia cu o marjă scăzută, antinomia și antiteza, care a fost cea mai dificil de aplicat. Cu toate acestea, majoritatea profesorilor nu au reușit să aplice în procente foarte mari celelalte competențe în ordine crescătoare - anomalie, antinomie și antiteză. Comparativ cu rezultatele pre și post-test, profesorii au înregistrat progrese semnificative în aplicarea anomaliai și antinomieii, urmate de antiteză, în aplicarea căreia s-a înregistrat un nivel mai scăzut de progres.

### **Studiul 2 Partea a II-a**

Acest studiu examinează contribuția unui program de formare la dezvoltarea abilității de RA în rândul profesorilor de biologie, pe baza examinării a două întrebări de cercetare principale:

- Care sunt principalele dificultăți întâmpinate de profesori în implementarea abilităților de raționament analogic (RA) pentru a procesa conținuturile științifice în Biologie?
- Care sunt strategiile principale aplicate de profesori pentru a face față acestor dificultăți în implementarea abilităților de raționament analogic (RA)?

Intervenția a fost realizată ca cercetare bazată pe acțiune cu profesori de biologie care au folosit modelul explicit de instruire MSK pentru abilitățile de gândire de ordin înalt (Zohar & Ben David, 2008), adaptat pentru acest studiu pentru modelarea utilizării abilităților de RA. Cercetătorul a modelat modul în care cele patru abilități de RA sunt procesate prin intermediul acțiunilor cognitive - encodare, deducție, cartografiere și inferență - care apar în alte studii doar în contextul aplicării cu analogii (Grossnickle et al., 2016). Instrumentele utilizate în cadrul studiului au inclus rezolvarea sarcinilor RA și discuții reflexive folosind metoda de analiză „protocol aloud” (Ericsson, 2017) și metoda interviului cognitiv deschis (Wolcott & Lobczowski, 2021) pentru a dezvălui informații importante referitoare la dificultățile subiective cu care profesorii se confruntă în timpul implementării abilităților de RA și strategiile de adaptare corespunzătoare în timpul rezolvării sarcinilor. Aceste instrumente au fost realizate prin înregistrarea discursurilor profesorilor și a activităților realizate în comun cu perechile de profesori în timpul lucrului în echipă din cadrul intervenției RA.

Prezentăm în continuare rezultate derivate din primele două întrebări de cercetare, referitoare la dificultățile cu care se confruntă profesorii de biologie și strategiile de adaptare utilizate de aceștia în aplicarea abilităților de RA. Patru teme și categorii se bazează pe componentele metacogniției aduse în discuție de Efklides (2006): Sentimentele negative și strategiile de adaptare ale profesorilor cu privire la aplicarea abilităților de RA, Atitudinile negative și strategiile de adaptare ale profesorilor cu privire la aplicarea abilităților de RA; Sentimentele pozitive și strategiile de adaptare ale profesorilor cu privire la aplicarea abilităților de RA; Atitudinile pozitive și strategiile de adaptare ale profesorilor cu privire la aplicarea abilităților de RA.

### **Sumar al rezultatelor derivate din Studiul 2 Partea a II-a**

Studiul 2 Partea a II-a a relevat că toți profesorii au raportat dificultăți în aplicarea abilităților de RA, inclusiv în cartografierea modelelor de abilități de RA și transferul analogic, neînțelegerea și frustrarea cu privire la abilitățile de RA, confuzie în definirea abilităților de RA,

confuzie în distingerea acțiunilor cognitive de utilizat, neîncredere, lipsă de cunoștințe într-o anumită disciplină sau domeniu, reprezentări grafice ale abilităților de RA, în principal antiteză, și preocupări cu privire la predarea preconizată cu abilități de RA.

### **Concluzii comune derivate din Studiul 2 (Partea I și Partea a II-a)**

Rezultatele derivate din Studiul 2 au relevat modele semnificative care demonstrează modul în care strategiile de adaptare ale profesorilor reflectă nivelul lor de cunoștințe. În timpul procesului de învățare dinamică a abilităților de RA, sentimentele și atitudinile majorității profesorilor s-au transformat din negative în pozitive. S-a constatat că majoritatea cadrelor didactice au folosit strategii ineficiente pentru a face față dificultăților legate de aplicarea abilităților în primele etape ale procesului de învățare a abilităților de RA. Cu toate acestea, 52% dintre cadrele didactice cu un nivel de performanță a cunoștințelor mai scăzut și mediu au progresat de la utilizarea strategiilor ineficiente la cele eficiente. Pe măsură ce studiul a progresat, majoritatea au utilizat instrumente de intervenție de sprijin raportate ca strategii eficiente (utilizarea acțiunilor cognitive și a strategiilor de colaborare). 32% dintre cadrele didactice cu un nivel ridicat de performanță a cunoștințelor au dezvoltat strategii personale eficiente. 16% dintre aceștia au demonstrat cele mai înalte niveluri de cunoaștere și de aplicare a abilităților de RA. În schimb, 16% dintre profesorii care au raportat dificultăți din cauza cunoștințelor insuficiente nu au fost capabili să producă strategii pentru a-și depăși dificultățile. Sentimentele acestora (precum lipsa de încredere și de înțelegere) și performanța pe parcursul și în urma procesului de intervenție referitor la abilitățile de RA au rămas relativ neschimbate.

Studiul 2 evidențiază diferențele care reies din exprimarea sentimentelor și atitudinilor cadrelor didactice în ceea ce privește dificultățile pe care le întâmpină în implementarea abilităților de RA și strategiile care îi ajută să facă față acestor dificultăți, în funcție de performanțele lor în materie de cunoștințe. Astfel, răspunsurile profesorilor pot fi încadrate în trei categorii: I. Profesorii cu un nivel insuficient de cunoștințe au utilizat un limbaj mai puțin precis în gândirea lor și s-au concentrat în principal pe lipsa lor de cunoaștere a fenomenelor științifice; au întâmpinat dificultăți în a înțelege modul de utilizare a abilităților de RA pentru a explica fenomenele științifice; nu au fost capabili să dezvolte strategii pentru a depăși dificultățile în identificarea relațiilor superioare pentru cartografierea abilităților; nu au reușit să

ofere elevilor lor strategiile didactice așteptate pentru învățarea abilităților de RA. II. Profesorii cu performanțe mai înalte în materie de cunoștințe au folosit pentru exprimarea dificultăților întâmpinate expresii care au indicat limbajul gândirii. Ca parte a procesului de învățare, aceștia au sugerat strategii adecvate pentru a face față principalei dificultăți de cartografiere a abilităților, însă nu au fost capabili de a le pune în aplicare în faza inițială. Considerăm astfel că această categorie de profesori ar fi putut beneficia mai mult de această strategie și că, prin urmare, strategiile au fost ineficiente în cazul lor. Într-o etapă avansată a procesului de învățare a abilităților de RA, profesorii din această categorie au exprimat sentimente pozitive și atitudini de satisfacție față de progresul înregistrat în depășirea dificultăților de aplicare a abilităților prin menționarea unor strategii eficiente dezvoltate în mod independent. Atitudinile lor au relevat dorința de a experimenta provocări și încurajarea studiului independent și a dezvoltării gândirii, atât pentru ei, cât și pentru elevii lor. Profesorii au știut să explice în detaliu modul în care vor învăța abilitățile împreună cu elevii lor (în principal analogii), în procesul de predare viitor. III. Profesorii cu performanțe de nivel intermediar în materie de cunoștințe au cerut instrucțiuni cu indicii de rezolvare sau exemple de răspunsuri corecte ca strategie eficientă; au folosit în mod constant acțiuni cognitive, care au reprezentat pentru ei instrumente de sprijin în înțelegerea abilităților, în vederea aplicării acestora.

### **Concluzie generală**

Programul de intervenție conceput în cadrul prezentului studiu a îmbunătățit semnificativ performanțele profesorilor de biologie și aplicarea cunoștințelor prin implementarea abilităților de RA. Nivelul tuturor tipurilor de aplicații ale cunoștințelor (SMK (subject-matter knowledge / cunoștințe legate de subiect), care includ cunoștințe conceptuale și MSK (meta-strategic knowledge / cunoștințe meta-strategice), care includ cunoștințe procedurale, declarative și condiționale) a crescut în urma programului de intervenție. Ca urmare, profesorii au fost capabili să cartografieze relațiile de ordin superior între fenomene, să reprezinte mai bine relațiile, să explice mai bine utilizarea abilităților de RA și să justifice când și cum este necesară utilizarea acestora. Astfel, utilizarea abilităților de RA a îmbunătățit cunoștințele profesorilor și le-a aprofundat nivelul de înțelegere.



Nivelul de aplicare a abilităților de RA (analogie, anomalie, antinomie și antiteză) în TORR și TOBARR a crescut în urma programului de intervenție. La cel mai înalt nivel a fost aplicată analogia, urmată de anomalie, antinomie și antiteză în ordine descrescătoare. Utilizarea acțiunilor cognitive (encodare, inferență, cartografiere și inferență) i-a ajutat pe profesori să identifice și să cartografieze relațiile de la nivel scăzut la nivel ridicat. Profesorii care au avut capacitatea de a aplica o anumită abilitate au fost capabili să cartografieze modelul de relații al abilității (relații de asemănare și diferență sau anomalie sau inconsecvențe sau contraste), să identifice problema și să explice principiul științific care stă la baza fenomenului. Astfel, cadrele didactice care au aplicat cel puțin o abilitate RA din TOBARR au demonstrat o înțelegere a fenomenului. Profesorii care au aplicat mai mult de o abilitate RA la același fenomen și-au îmbunătățit scorul general care indică nivelul lor de expertiză. Datorită faptului că identificarea modelului de relații cu RA reprezintă o caracteristică a experților, putem afirma că prezentul studiu indică o tendință de îmbunătățire a expertizei profesorilor.

Învățarea abilităților de RA s-a dovedit a fi un proces dificil pentru toți profesorii. Dificultățile precum confuzia, frustrarea, lipsa de încredere și lipsa de înțelegere a utilizării abilităților caracterizează etapele dobândirii de noi abilități. Principala provocare a fost cartografierea unui model de relații superioare pentru fiecare abilitate RA. În plus, profesorilor le-a fost mai dificil să cartografieze relațiile de ordin superior într-un principiu științific pentru a explica un fenomen decât să identifice aceste relații într-un fenomen fără explicație.

Nivelul de cunoștințe a reprezentat unul dintre factorii semnificativi pentru succesul în aplicarea abilităților de RA. Un nivel insuficient de SMK și MSK este caracteristic profesorilor cu cel mai scăzut nivel de performanță. Cu toate acestea, majoritatea cadrelor didactice cu diferite niveluri de performanță în materie de cunoștințe au înregistrat progrese semnificative în identificarea relațiilor abilităților de RA în vederea aplicării.

Profesorii au creat strategii pentru a face față dificultăților în implementarea abilităților de RA. Profesorii care au elaborat strategii eficiente pentru a depăși dificultățile au avut niveluri ridicate de performanță în materie de cunoștințe. Pe de altă parte, profesorii care au elaborat strategii ineficiente sau care nu au utilizat deloc strategii au avut cele mai scăzute performanțe în materie de cunoștințe. Majoritatea profesorilor cu experiență au dezvoltat strategii care au

depășit în mod eficient dificultățile pe care le-au întâmpinat în timpul intervenției, inclusiv strategii de învățare pe bază de colaborare. Profesorii cu cel mai înalt nivel de performanță a cunoștințelor au dezvoltat strategii eficiente cu caracteristici de învățare independentă, prin: demonstrarea utilizării inteligente a cunoștințelor pentru a localiza exemple relevante; demonstrarea implicării proactive în învățarea cu colegii, respectiv efortul de a puncta perspective diferite și dezacorduri în justificarea identificării abilității adecvate pentru a explica fenomenul. Cadrele didactice cu niveluri mai scăzute de performanță în materie de cunoștințe au utilizat în cea mai mare parte strategii externe mai eficiente, precum medierea, utilizarea continuă a acțiunilor cognitive pentru cartografiere, primirea de răspunsuri rezolvate și sprijin și feedback din partea colegilor în învățarea pe bază de colaborare. Profesorii cu cele mai scăzute niveluri de performanță a cunoștințelor, care au fost în număr extrem de redus, nu au dezvoltat deloc strategii sau au dezvoltat strategii ineficiente, precum concepții eronate. Aceștia nu au dat dovadă de implicare proactivă în învățarea colaborativă și au evitat adesea să participe din teama de a nu face greșeli.

Profesorii au propus strategii de predare așteptate care corespund experienței pe care o au în abordarea dificultăților legate de procesarea abilităților de RA. Astfel, profesorii care au fost deschiși la provocări au făcut un efort mental, au manifestat o atitudine curajoasă și nu au rămas fixați mental pe răspunsul corect, oferind strategii de predare adecvate elevilor lor. De exemplu, desfășurarea anchetei pune accentul pe proces sau alocarea de timp pentru discuții cu elevii despre gândirea meta-strategică axată pe abilități. Acești profesori au explicat în detaliu modul în care ar aplica abilitățile de RA la clasă, cu excepția antitezei. În schimb, profesorii s-au bazat mai mult pe ajutorul extern în abordarea incertitudinii. Proiectând eforturile și strategiile lor asupra elevilor cu dificultăți, profesorii au sugerat anumite instrumente de sprijin sau ajustarea sarcinilor în funcție de abilitățile de gândire ale elevilor.

Modelul explicit de predare meta-strategică a abilităților de RA a contribuit semnificativ la progresul profesorilor. Un model explicit de îndrumare meta-strategică le-a demonstrat profesorilor cum trebuie să utilizeze fiecare abilitate folosind acțiuni cognitive pentru a cartografia relațiile și cerința de a transcrie vocalizarea demersului logic în timpul rezolvării problemelor și de a primi instrucțiuni explicite pentru a identifica fiecare abilitate de RA, prin indicarea denumirii explicite și explicarea momentului, modului și motivului utilizării acesteia.

Cu toate acestea, majoritatea profesorilor au avut dificultăți în cartografierea relațiilor de grad înalt cu abilitățile de RA. Doar jumătate dintre profesori au fost capabili să realizeze cartografierea analogică și, în ordine descrescătoare, a celorlalte abilități. Cartografierea RA și nivelurile parțial explicitate ale abilităților de RA din manualele școlare îngreunează înțelegerea de către profesori a fenomenelor științifice în diverse contexte și transferul acestor competențe către elevi.

O concluzie interesantă în ceea ce privește utilizarea explicită a competențelor se referă la strategiile de predare utilizate de profesori pentru învățarea abilităților de RA care nu au specificată în mod explicit denumirea abilității. Profesorii nu au făcut legătura între denumirea abilității și aplicarea acesteia. Intenția profesorilor a fost de a evita confuziile din definițiile elevilor lor cu privire la diferitele abilități. În manualele școlare, abilitățile de RA sunt prezentate fără a se menționa explicit denumirea acestora. Acest aspect subliniază corelația dintre denumirile explicite ale abilităților care lipsesc din manuale și atitudinea profesorilor cu privire la importanța predării explicite a denumirilor abilităților de RA.

În rândul profesorilor, nivelul de aplicare a antitezei fost cel mai scăzut în comparație cu celelalte competențe din testele TORR și TOBARR. Profesorii au întâmpinat dificultăți în aplicarea antitezei mai mult decât în cazul celorlalte competențe și cu o marjă considerabilă. S-a remarcat o dificultate întâmpinată de profesori în primul rând din punct de vedere grafic în identificarea cauzei relațiilor inverse în cadrul unui fenomen pe un grafic, aceștia străduindu-se să o folosească prin reprezentarea variabilă pe un continuum. În manualele de științe, antiteza a părut mai familiară profesorilor în argumentarea pro și contra, cu o frecvență foarte scăzută. Din manualele incluse în studiu lipsește reprezentarea abilității de antiteză în semnificația sa grafică, cu excepția unui singur grafic care se regăsește doar într-unul dintre cele trei manuale pe care le-am analizat. În calitate de participanți la procesul de învățare, profesorii trebuie să înțeleagă semnificația conceptului și aplicarea antitezei dacă intenționează să aplice respectiva abilitate în activitatea cu elevii lor.

Se remarcă o prevalență ridicată a antinomiilor în manualele școlare, semnificativ diferită față de restul competențelor. Cu toate acestea, doar aproximativ un sfert dintre profesori au fost capabili să cartografieze antinomiile în vederea aplicării lor. Apariția antinomiilor cu o frecvență

mai mare în manualele școlare decât în sfera abilităților indică importanța învățării științelor. Cele mai multe antinomii apar parțial explicit în manualele școlare. Este imperativ ca profesorii care folosesc manualele pentru a sorta conceptele în categorii să dezvolte gândirea antinomică pentru o înțelegere aprofundată, astfel încât să își poată la rândul lor direcționa elevii către sarcinile necesare pentru gândirea antinomică, care reprezintă un indiciu al gândirii și înțelegerii științifice aprofundate.

Concluzia finală care derivă din cercetarea noastră este că profesorii de biologie nu dețin cunoștințele științifice aprofundate necesare și nici un nivel de înțelegere adecvat. Progresul în aplicarea abilităților de RA și a tipurilor de cunoștințe indică faptul că învățarea biologiei cu ajutorul abilităților de RA este esențială pentru dezvoltarea profesională și actualizarea materialelor științifice, respectiv a manualelor școlare, aspect merit să îmbunătățească procesarea informațiilor complexe pentru rezolvarea problemelor. Cu cât profesorii își vor aprofunda mai mult cunoștințele și înțelegerea științifică, cu atât vor demonstra mai multă expertiză și cu atât mai mult vor fi capabili să îi ajute pe elevi să își dezvolte cunoștințele.

Contribuția prezentei cercetări este în primul rând evidentă la nivel local în Israel, studiul nostru examinând modul în care învățarea abilităților de gândire bazate pe RA afectează nivelul de cunoștințe și înțelegere al profesorilor de biologie. Aspectele discutate în prezentul studiu au însă și o dimensiune universală, care se referă la dezvoltarea abilităților de RA caracteristice experților în vederea rezolvării problemelor legate de învățare, care pot fi aplicate la nivelul unor țări sau culturi diferite. Menționăm totodată și efectul universal al dezvoltării profesionale a profesorilor prin aplicarea unei metode meta-strategice asupra tipurilor de cunoștințe deținute de aceștia. Demersul nostru a presupus utilizarea unui test TORR pentru cercetare cantitativă, care reprezintă un instrument utilizat în cercetarea la nivel mondial. Cercetătorul a dezvoltat testul TOBARR, care se referă la conținuturi disciplinare din domeniul biologiei și care poate fi tradus în orice limbă. Manualele de științe examinate în cadrul prezentei cercetări sunt aprobate de Ministerul Educației din Israel și sunt utilizate în mod obișnuit în predarea științelor în școlile gimnaziale din această țară, fiind în același timp concepute pe baza programei școlare a OCDE. Prin urmare, indicele de analiză calitativă dezvoltat pentru a analiza calitatea acestor manuale sub aspectul dezvoltării gândirii are o contribuție universală la analiza manualelor de științe din diferite țări și culturi.

## **Implicații teoretice ale cercetării**

Prezenta cercetare a evidențiat progrese în modul de gândire și nivelul de înțelegere al profesorilor de biologie în ceea ce privește asimilarea tuturor celor patru abilități de RA, nu doar a analogiilor. Cercetarea noastră răspunde nevoii profesorilor de biologie aflați în activitate de a dobândi cunoștințe și abilități profesionale menite să le confere un nivel superior de înțelegere prin dobândirea de abilități de RA care să le permită să explice principiile științifice și să le îmbunătățească astfel procesul de predare; examinarea efectului aplicării cunoștințelor profesorilor de biologie în rezolvarea problemelor pe baza performanțelor lor; dezvoltarea de strategii pentru a face față dificultăților întâmpinate în însușirea abilităților de RA pentru rezolvarea problemelor.

## **Implicații și recomandări metodologice ale cercetării**

Prezenta cercetare răspunde nevoii profesorilor de biologie aflați în activitate de a dobândi cunoștințe și competențe profesionale pentru îmbunătățirea cunoștințelor și a înțelegerii prin asimilarea de abilități de RA care să le faciliteze explicarea principiilor științifice și să contribuie astfel la îmbunătățirea procesului de predare. Recomandăm examinarea efectului aplicării cunoștințelor profesorilor de biologie în rezolvarea problemelor pe baza performanțelor lor. O altă recomandare se referă la dezvoltarea de strategii pentru a face față dificultăților întâmpinate în însușirea abilităților de RA pentru rezolvarea problemelor.

## **Contribuția la domeniul cunoașterii - un nou model**

Cercetătorul a dezvoltat modelul pe baza analizei calitative a datelor raportate de profesori, a atitudinilor și sentimentelor acestora cu privire la dificultățile cu care se confruntă și la strategiile de adaptare pe care le aplică în timpul învățării abilităților de RA, precum și pe baza performanței cantitative a acestora în ceea ce privește tipurile de cunoștințe. În consecință, acest model prezintă două variabile principale: A. Variabila cunoștințelor include tipurile de cunoștințe - cunoștințe de conținut științific în domeniul biologie care includ cunoștințe conceptuale și meta-strategice, la două niveluri - ridicat și scăzut. B. Strategiile utilizate pentru a face față dificultăților sunt împărțite în strategii eficiente și strategii ineficiente. Astfel, cele patru niveluri de cunoștințe și de eficacitate strategică ale profesorilor reprezintă patru profiluri didactice

diferite. Profilul A - profesori care demonstrează un nivel ridicat de cunoștințe și pot dezvolta strategii eficiente. Profilul B - profesori care demonstrează un nivel ridicat de cunoștințe și utilizează strategii ineficiente. Profilul C - profesori care demonstrează un nivel scăzut de cunoștințe și pot dezvolta strategii eficiente. Profilul D - profesori care demonstrează un nivel scăzut de cunoștințe și utilizează strategii ineficiente. Cu toate acestea, în rândul cadrelor didactice examinate în acest studiu, nu a existat nicio caracterizare care să se încadreze în profilul unui nivel ridicat de cunoștințe și al unei strategii ineficiente. Pe baza rezultatelor cercetării putem presupune că majoritatea profesorilor erau capabili să producă strategii eficiente datorită experienței lor în combinație cu furnizarea de metode precum învățarea colaborativă și gândirea cu voce tare, care creează condițiile pentru creșterea nivelului de conștientizare meta-cognitivă a experiențelor de învățare negative și pozitive. Prin urmare, considerăm că este mai potrivit să reprezentăm cadrele didactice pe o scală la extremitățile căreia se situează două profiluri contrastante în ceea ce privește cunoștințele și eficiența strategică și un continuum de cunoștințe și strategii de adaptare cu tendințe de schimbare. Cu toate acestea, împărțirea dihotomică a modelului în patru tipuri de profiluri urmărește să identifice caracteristicile critice ale fiecărui profil în parte, cu scopul de a oferi orientări și abordări adecvate și mai precise pentru elevii cu dificultăți de învățare. Astfel, un cursant cu un anumit profil poate avansa la un alt profil datorită naturii dinamice a dezvoltării în cadrul procesului de învățare.

#### *Direcții viitoare de cercetare*

Chestionarul de evaluare a fost elaborat cu referire la categoria de profesori de biologie aflați în activitate. Acesta poate fi utilizat pentru cercetări ulterioare în cadrul cursurilor de perfecționare profesională destinate profesorilor de biologie sau din alte domenii științifice care pun accentul pe procesele de învățare prin rezolvarea problemelor prin intermediul unor abilități de gândire la nivel înalt, cum ar abilitățile de RA. Studii suplimentare cu profesori aflați în activitate, profesori debutanți și studenți aflați în procesul de formare didactică ar putea extinde numărul și varietatea întrebărilor de evaluare și ar putea rafina indicatorul pentru a-l adapta la contexte specifice de învățare complexă.

## BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- Alexander, P. A. (2012). *The test of relational reasoning*. College Park, MD: Disciplined Reading and Learning Research Laboratory.
- Alexander, P. (2017). Relational reasoning in STEM domains: A foundation for academic development. *Educational Psychology Review*, 29, 1-10.
- Alexander, P. A. (2019). Individual differences in college - age learners: The importance of relational reasoning for learning and assessment in higher education. *British Journal of Educational Psychology*, 89(3), 416-428.
- Alexander, P. A., Dumas, D., Grossnickle, E. M., List, A., & Firetto, C. M. (2016a). Measuring relational reasoning. *The Journal of Experimental Education*, 84(1), 119-151.
- Alexander, P. A., Jablansky, S., Singer, L. M., & Dumas, D. (2016b). Relational reasoning: What we know and why it matters. *Policy Insights from Behavioral and Brain Sciences*, 3(1), 36-44.
- Arielli, M., & Yarden, A. (2013). *Investigating life systems - B*. Weizmann Institute of Science. [Hebrew]
- Arzi, H. J., & White, R. T. (2008). Change in teachers' knowledge of subject matter: A 17 - year longitudinal study. *Science Education*, 92(2), 221-251.
- Ashman, G., Kalyuga, S., & Sweller, J. (2020). Problem-solving or explicit instruction: Which should go first when element interactivity is high? *Educational psychology review*, 32(1), 229–247.
- Ball, D.L., & Cohen, D.K. (1996). Reform by the book: What is—or might be—the role of curriculum materials in teacher learning and instructional reform? *Educational Researcher*, 25(6), 8–14.
- Bar-Ilan Institute of Integration (2012). *Nature of reproduction – From the living cell to the ecological system*. Olamot – World of Science and Technology for Junior High School. [Hebrew]
- Bayrak-Ozmutlu, E., & Yaylak, E. (2021). Analysis of Thinking Skills Targeted for Development by Activities in Life Science Textbooks. *International Online Journal of Educational Sciences*, 13(2).

- Billing, D. (2007). Teaching for transfer of core/key skills in higher education: Cognitive skills. *Higher education*, 53(4), 483–516.
- Boshuizen, H. P., Gruber, H., & Strasser, J. (2020). Knowledge restructuring through case processing: The key to generalise expertise development theory across domains? *Educational Research Review*, 29, 100310.
- Cohen, R., & Yarden, A. (2009). Experienced junior-high-school teachers' PCK in light of a curriculum change: "The cell is to be studied longitudinally". *Research in Science Education*, 39(1), 131-155.
- Danielson, R. W., & Sinatra, G. M. (2017). A relational reasoning approach to text-graphic processing. *Educational Psychology Review*, 29, 55-72.
- De Boer, H., Donker, A. S., Kostons, D. D., & Van der Werf, G. P. (2018). Long-term effects of metacognitive strategy instruction on student academic performance: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 24, 98-115.
- Devetak, I., & Vogrinc, J. (2013). The criteria for evaluating the quality of the science textbooks. In *Critical analysis of science textbooks* (pp. 3–15). Springer.
- Dumas, D. (2018). Relational reasoning and divergent thinking: An examination of the threshold hypothesis with quantile regression. *Contemporary Educational Psychology*, 53, 1–14.
- Efklides, A. (2006). Metacognition and affect: What can metacognitive experiences tell us about the learning process? *Educational research review*, 1(1), 3-14.
- Eisenberg, E., & Selivansky, E. O. (2019). *Adapting Israel's Education System for the Challenges of the 21st Century*. Israel Democracy Institute [Hebrew].
- Ericsson, K. A. (2017). Protocol analysis. *A companion to cognitive science*, 425-432.
- Gentner, D. (1983). Structure - mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7, 155–170.
- Gentner, D., & Colhoun, J. (2010). Analogical processes in human thinking and learning. *Towards a theory of thinking* (pp. 35-48). Springer.
- Goel, A. K., Bras, B., Helms, M., Rugaber, S., Tovey, C., Vattam, S & Yen, J. (2011). Design patterns and cross-domain analogies in biologically inspired sustainable design. *2011 AAAI Spring Symposium Series*.



- Grossnickle, E. M., Dumas, D., Alexander, P. A., & Baggetta, P. (2016). Individual differences in the process of relational reasoning. *Learning and Instruction, 42*, 141-159.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2006a). Teaching and learning with analogies. *Metaphor and analogy in science education* (pp. 11-24). Springer.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2006b). Teaching and learning with analogies: Friend or foe? In P. J. Aubusson, A. G. Harrison, & S. M. Ritchie (Eds.), *Metaphor trend and issues and analogy in science education: Contemporary in science education* (pp. 11-24). Springer.
- Hough, A. R., & Gluck, K. (2019). The understanding problem in cognitive science. *Proceedings of the Seventh Annual Conference on Advances in Cognitive Systems* (pp. 2-5). Cambridge, MA, USA.
- Kalra, P. B., & Richland, L. E. (2022). Relational Reasoning: A Foundation for Higher Cognition Based on Abstraction. *Mind, Brain, and Education, 16*(2), 149-152.
- Keynan, N., Tumani-Minis, S., Kashtan, Y., Reisfeld, S., Gavrieli, Y. (2012). *Life sciences for the 8<sup>th</sup>-grade: Development and writing*. The Center for Educational Technology. [Hebrew]
- Lovett, A., & Forbus, K. (2017). Modeling visual problem solving as analogical reasoning. *Psychological review, 124*(1), 60.
- Orgill, M. (2013). How Effective Is the Use of Analogies in Science Textbooks? In *Critical analysis of science textbooks* (pp. 79–99). Springer.
- Pilegard, C., & Mayer, R. E. (2018). Game over for Tetris as a platform for cognitive skill training. *Contemporary Educational Psychology, 54*, 29-41.
- Pratama, G. S., & Retnawati, H. (2018, September). Urgency of higher order thinking skills (HOTS) content analysis in mathematics textbook. *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1097, No. 1, p. 012147). IOP Publishing.
- Rollnick, M., Bennett, J., Rhemtula, M., Dharsey, N., & Ndlovu, T. (2008). The place of subject-matter knowledge in pedagogical content knowledge: a case study of south African teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. *International Journal of Science Education, 30*(10), 1365–1387.

- Roseman, J. E., Stern, L., & Koppal, M. (2010). A method for analyzing the coherence of high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 47(1), 47-70.
- Rozenszajn, R., & Yarden, A. (2014a). Expansion of biology teachers' pedagogical content knowledge (PCK) during a long-term professional development program. *Research in Science Education*, 44(1), 189-213.
- Rozenszajn, R., & Yarden, A. (2014b). Mathematics and biology teachers' tacit views of the knowledge required for teaching: varying relationships between CK and PCK. *International Journal of STEM Education*, 1(1), 1-12.
- Sanders, M., & Makotsa, D. (2016). The possible influence of curriculum statements and textbooks on misconceptions: The case of evolution. *Education as Change*, 20(1), 1–23.
- Schneider, R. M., & Plasman, K. (2011). Science teacher learning progressions: A review of science teachers' pedagogical content knowledge development. *Review of Educational Research*, 81(4), 530-565.
- Shanahan, M. C., & Bechtel, R. (2020). “We're taking their brilliant minds”: Science teacher expertise, meta - discourse, and the challenges of teacher–scientist collaboration. *Science Education*, 104(2), 354-387.
- Trisnayanti, Y., & Masykuri, M. (2021, March). Profile of Junior High School Science Textbooks: Fulfillment of the Higher order Thinking Skills component. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1842, No. 1, p. 012053). IOP Publishing.
- Vojříř, K., & Rusek, M. (2019). Science education textbook research trends: A systematic literature review. *International Journal of Science Education*, 41(11), 1496-1516.
- Wolcott, M. D., & Lobczowski, N. G. (2021). Using cognitive interviews and think-aloud protocols to understand thought processes. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 13(2), 181–188.
- Yang, R., Porter, A. C., Massey, C. M., Merlino, J. F., & Desimone, L. M. (2020). Curriculum - based teacher professional development in middle school science: A comparison of training focused on cognitive science principles versus content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(4), 536-566.

- Zohar, A. (2006). The nature and development of teachers' meta strategic knowledge in the context of teaching higher order thinking. *The journal of the learning sciences*, 15(3), 331–377.
- Zohar, A., & Barzilai, S. (2013). A review of research on metacognition in science education: Current and future directions. *Studies in Science education*, 49(2), 121-169.
- Zohar, A., & Ben David, A. (2008). Explicit teaching of meta-strategic knowledge in authentic classroom situations. *Metacognition and Learning*, 3(1), 59–82.