



Implementarea unui program de antrenament metacognitiv în scopul sprijinirii învățării autoreglate în mediile educaționale computerizate

Autor: Ioana Loredana I. MIHALCĂ

Lucrare realizată în cadrul proiectului "Cultura română și modele culturale europene - cercetare, sincronizare, durabilitate", cofinanțat din FONDUL SOCIAL EUROPEAN prin Programul Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane 2007 – 2013, Contract nr. POSDRU/159/1.5/S/136077.

Titlurile și drepturile de proprietate intelectuală și industrială asupra rezultatelor obținute în cadrul stagiului de cercetare postdoctorală aparțin Academiei Române.

* * *

Punctele de vedere exprimate în lucrare aparțin autorului și nu angajează Comisia Europeană și Academia Română, beneficiara proiectului.

DTP, complexul editorial/redacțional, traducerea și corectura aparțin autorului.

Descărcare gratuită pentru uz personal, în scopuri didactice sau științifice.

Reproducerea publică, fie și parțială și pe orice suport, este posibilă numai cu acordul prealabil al Academiei Române.



ISBN 978-973-167-329-5

Cuprins:

SUMAR	5
--------------------	----------

INTRODUCERE.....	
...7	

Capitolul 1

ÎNVĂȚAREA AUTOREGLATĂ - FUNDAMENTARE

TEORETICĂ.....	10
-----------------------	-----------

1.1 Clarificări conceptuale și teorii explicative ale învățării autoreglate	10
--	-----------

1.2 Modelul ciclic al învățării autoreglate (Winne și Hadwin, 1998).12	
---	--

Capitolul 2

METACOGNIȚIA ȘI JUDECĂȚILE METACOGNITIVE ÎN

ÎNVĂȚAREA

AUTOREGLATĂ.....	
...16	

2.1 Modelul metacogniției elaborat de Nelson și Narens (1994).....	16
---	-----------

2.2 Acuratețea judecăților metacognitive.....	19
--	-----------

2.3 Acuratețea judecăților metacognitive, controlul învățării și performanța în învățare.....	22
--	-----------

2.4 Îmbunătățirea acurateții judecăților metacognitive.....	23
--	-----------

Capitolul 3

ACURATEȚEA MONITORIZĂRII ÎN MEDIILE

EDUCAȚIONALE

COMPUTERIZATE.....

27

3.1 Îmbunătățirea acurateții monitorizării în mediile educaționale computerizate.....27

3.2 Acuratețea monitorizării în rezolvarea de probleme din mediile educaționale computerizate..... 30

3.2.1 Exemplele rezolvate, exemplele incomplet rezolvate și problemele incomplete.....Error! Bookmark not defined.

Capitolul 4

EFECTELE TIPULUI DE SUPORT INTRUCȚIONAL ASUPRA ACURATEȚII JUDECĂȚILOR METACOGNITIVE, PATTERNURILOR DE PROCESARE VIZUALĂ ȘI PERFORMANȚEI.....

Error! Bookmark not defined.41

4.1 Studiul 1: Impactul diferențial al suportului instrucțional asupra acurateții judecăților metacognitive și a performanței obținută într- un mediu educațional computerizat.....Error! Bookmark not defined.41

4.1.1 Scop și ipoteze41

4.1.2 Metodă.....43

4.1.3 Rezultate.....48

4.1.4 Discuții.....59

4.2 Studiul 2: Impactul diferențial al suportului instrucțional asupra patternurilor de procesare vizuală și a performanței obținută într-un mediu educațional computerizat.....61

4.2.1 Scop și ipoteze.....61

4.2.2 Metodă.....68

4.2.3 Rezultate.....71

4.2.4 Discuții.....81

Capitolul 5

CONCLUZII FINALE

.....84

BIBLIOGRAFIE

.....98

ANEXE102



UNIUNEA EUROPEANĂ



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI ȘI
CERCETĂRII
ȘTIINȚIFICE

OIPOS DRU



ACADEMIA ROMÂNĂ

Contents

SUMMARY.....

...5

INTRODUCTION.....

7

CHAPTER 1

THEORETICAL

FRAMEWORK.....10

1.1 Conceptual clarifications and self-regulated learning theories10

1.2 Self-regulated learning model (Winne & Hadwin, 1998)12

CHAPTER 2

METACOGNITION AND METACOGNITIVE JUDGMENTS IN SELF-REGULATED LEARNING

.....16

2.1 Nelson & Narens' s (1994) model of metacognition16

2.2 Accuracy of metacognitive judgments.....19

**2.3 Accuracy of metacognitive judgments, control processes and
performance**.....22

2.4 Improving accuracy of metacognitive judgments.....	23
--	----

CHAPTER 3

MONITORING ACCURACY IN COMPUTER-BASED LEARNING ENVIRONMENTS

.....	27
-------	----

3.1 Improving monitoring accuracy in computer-based learning environments	27
--	----

3.2 Monitoring accuracy in problem solving with computer-based learning environments.....	30
--	----

3.2.1 Worked-out examples, incomplete worked-out examples, and completion problems	Error! Bookmark not defined.
---	------------------------------

Chapter 4

EFFECTS OF INSTRUCTIONAL SUPPORT TYPE ON ACCURACY OF METACOGNITIVE JUDGMENTS, ALLOCATION OF VISUAL ATTENTION AND PERFORMANCE.....

.....	Error! Bookmark not defined.41
-------	-----------------------------------

4.1 Study 1: Impact of instructional support type on accuracy of metacognitive judgments and performance in computer-based learning environments	Error! Bookmark not defined.41
--	--------------------------------

4.1.1 Aim and hypotheses	41
--------------------------------	----

4.1.2 Method	43
--------------------	----

4.1.3 Results.....	48
--------------------	----

4.1.4 Discussion	59
------------------------	----

4.2 Study 2: Impact of instructional support type on allocation of visual attention and performance in computer-based learning environments	61
---	----

4.2.1 Aim and hypotheses	61
4.2.2 Method	68
4.2.3 Results	71
4.2.4 Discussion	81
Chapter 5	
FINAL	
CONCLUSIONS	84
REFERENCES	98
ANNEXES	
.....	102

Cuprins:

SUMAR	5
INTRODUCERE	7
Capitolul 1 ÎNVĂȚAREA AUTOREGLATĂ - FUNDAMENTARE TEORETICĂ.....	10
1.1 Clarificări conceptuale și teorii explicative ale învățării autoreglate	10
1.2 Modelul ciclic al învățării autoreglate (Winne și Hadwin, 1998)	12
Capitolul 2 METACOGNIȚIA ȘI JUDECĂȚILE METACOGNITIVE ÎN ÎNVĂȚAREA AUTOREGLATĂ.....	16
2.1 Modelul metacogniției elaborat de Nelson și Narens (1994)	16
2.2 Acuratețea judecăților metacognitive	19
2.3 Acuratețea judecăților metacognitive, controlul învățării și performanța în învățare	22
2.4 Îmbunătățirea acurateții judecăților metacognitive	23
Capitolul 3 ACURATEȚEA MONITORIZĂRII ÎN MEDIILE EDUCAȚIONALE COMPUTERIZATE Error! Bookmark not defined.	
3.1 Îmbunătățirea acurateții monitorizării în mediile educaționale computerizate.....	27
3.2 Acuratețea monitorizării în rezolvarea de probleme din mediile educaționale computerizate	30
3.2.1 Exemplele rezolvate, exemplele incomplet rezolvate și problemele incomplete. Error! Bookmark not defined.	31
Capitolul 4 EFECTELE TIPULUI DE SUPORT INSTRUȚIONAL ASUPRA ACURATEȚII JUDECĂȚILOR METACOGNITIVE, PATERNURILOR DE PROCESARE VIZUALĂ ȘI PERFORMANȚEI.....	41
4.1 Studiul 1: Impactul diferențial al suportului instrucțional asupra acurateții judecăților metacognitive și a performanței obținută într-un mediu educațional computerizat.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.1 Scop și ipoteze	Error! Bookmark not defined.
4.1.2 Metodă	43
4.1.3 Rezultate	48
4.1.4 Discuții	59
4.2 Studiul 2: Impactul diferențial al suportului instrucțional asupra patternurilor de procesare vizuală și a performanței obținută într-un mediu educațional computerizat.....	61
4.2.1 Scop și ipoteze	61

4.2.2 Metodă.....	68
4.2.3 Rezultate	71
4.2.4 Discuții.....	81
Capitolul 5 CONCLUZII FINALE	84
BIBLIOGRAFIE	98
ANEXE	102

SUMAR

Învățarea autoreglată reprezintă una dintre prerechizitele esențiale ale studiului individual, mai ales în contextul dezvoltării rapide a tehnologiei și utilizării acesteia tot mai frecvent în educație (Bannert & Reimann, 2012). Conform teoriilor învățării autoreglate (de ex., Winne & Hadwin, 1998), un rol crucial în reglarea (meta)cognitivă, comportamentală și motivațională în procesul de învățare îl au judecățile metacognitive ale indivizilor. Astfel, abilitatea indivizilor de a emite judecăți metacognitive corecte sau acurate (de ex., evaluarea măsurii în care o anumită informație a fost suficient învățată) are efecte pozitive asupra capacității de control a propriului comportament de învățare prin reglarea efortului investit și a timpului alocat în vederea obținerii unor performanțe superioare (Hadwin & Webster, 2013). Din această perspectivă, lipsa calibrării (engl., calibration) judecăților metacognitive cu performanța reală obținută indică necesitatea reglării comportamentului de învățare (de ex., creșterea timpului alocat învățării; Metcalfe, 2009). Date fiind cercetările care demonstrează că majoritatea indivizilor au abilități scăzute de evaluare corectă a modulului de învățare (Graesser & McNamara, 2010), se impune implementarea unor strategii de dezvoltare a acestor abilități în vederea sporirii învățării autoreglate și obținerii unor performanțe superioare.

În acest context, scopul lucrării de față a fost acela de a implementa diferite tipuri de suport instrucțional (pe un continuum de la suport sporit până la lipsa suportului) în cadrul unui mediu educațional computerizat pentru sporirea acurateții judecăților metacognitive (judecăți despre dificultatea percepută și efortul mental investit) în relație cu performanța obținută la teste. De asemenea, un alt obiectiv al lucrării a fost acela de a investiga impactul pe care aceste tipuri de suport instrucțional (mai exact, exemple incomplet rezolvate, probleme incomplete și probleme convenționale) îl au asupra mișcărilor oculare ale indivizilor (utilizând tehnologia eye tracking) ca rezultat al diferențelor inter-individuale, respectiv a nivelului lor de cunoștințe anterioare în domeniul geneticii. Rezultatele au indicat că studenții cu o bază scăzută de cunoștințe anterioare obțin o performanță mai bună în posttest în cazul rezolvării unor probleme incomplete, în timp ce studenții cu o bază sporită de cunoștințe anterioare beneficiază mai mult de pe urma problemelor convenționale. În plus, exemplele incomplet rezolvate induc o supraestimare a performanței (o iluzie a înțelegerii), în timp ce problemele incomplete și cele convenționale nu determină nici subestimarea, nici supraestimarea performanței. Aceste rezultate indică faptul că problemele incomplete pot fi utilizate pentru a spori acuratețea judecăților metacognitive a studenților.

În fine, rezultatele privind alocarea atenției vizuale au indicat că existența unor diferențe semnificative în ceea ce privește numărul și durata fixațiilor oculare între cele trei condiții

experimentale ca o funcție a exersării (a rezolvării celor cinci probleme de genetică din training). Rezultatele obținute sugerează faptul că cele trei tipuri de suport instrucțional afectează în mod diferit alocarea atenției vizuale a studenților în procesul de rezolvare a problemelor. Mai mult, timpul de procesare al problemelor relevat de mișcările oculare a corelat pozitiv cu performanța și încărcarea cognitivă experimentată în training, indicând faptul că alocarea atenției vizuale este relaționată cu procesarea strategică în timpul rezolvării problemelor. Combinarea datelor obținute cu ajutorul tehnologiei eye tracking cu performanța obținută de studenți în rezolvarea problemelor oferă o perspectivă comprehensivă asupra proceselor cognitive care stau la baza rezolvării de probleme.

INTRODUCERE

Odată cu dezvoltarea calculatoarelor personale (PC-urilor) la mijlocul anilor '70 și cu apariția internetului (în anul 1989, răspândire după anul 1995), s-a înregistrat o explozie tehnologică fără precedent, cu implicații majore asupra tuturor domeniilor activității umane. PC-urile au ajuns astăzi la performanțe incredibile în ciuda faptului că sunt rezultatul a numai câtorva decenii de progres științific, transformând societatea modernă într-una informatizată și impunând o adaptare continuă și o învățare permanentă din partea indivizilor.

Dezvoltarea rapidă a tehnologiei pune „presiuni” și asupra domeniului educațional din perspectiva a cel puțin două cerințe esențiale. În primul rând, este nevoie, mai mult ca niciodată, ca sistemul de învățământ să îi „doteze” pe subiecți cu abilități și cunoștințe necesare pentru a face față schimbărilor rapide care au avut (și încă au) loc în toate domeniile activității umane. În al doilea rând, sursele de informare (conținutul instrucțional) trebuie să fie ușor de accesat, creat, modificat și să fie disponibile *oricând* și *oriunde* doresc subiecții, astfel încât aceștia să poată achiziționa abilități de învățare autoreglată. Învățarea autoreglată reprezintă una dintre prerechizitele esențiale ale studiului individual, întrucât presupune capacitatea indivizilor (elevi/studenți) de a exercita control motivațional, metacognitiv și comportamental asupra propriei învățări (Zimmerman, 1989).

Conform teoriilor învățării autoreglate (de ex., Winne & Hadwin, 1998), un rol crucial în reglarea (meta)cognitivă, comportamentală și motivațională în procesul de învățare îl au judecățile metacognitive ale indivizilor. Astfel, abilitatea indivizilor de a emite judecăți metacognitive corecte sau acurate (de ex., evaluarea măsurii în care o anumită informație a fost suficient învățată) are efecte pozitive asupra capacității de control a propriului comportament de învățare prin reglarea efortului investit și a timpului alocat în vederea obținerii unor performanțe superioare (Hadwin & Webster, 2013). Din această perspectivă, lipsa calibrării (engl., calibration) judecăților metacognitive (de ex., judecăți referitoare la progresul în învățare) cu performanța reală obținută indică necesitatea reglării comportamentului de învățare (de ex., creșterea timpului alocat învățării; Metcalfe, 2009). Date fiind cercetările care demonstrează că majoritatea indivizilor au abilități scăzute de evaluare corectă a modulului de învățare (Graesser & McNamara, 2010), se impune implementarea unor strategii de dezvoltare a acestor abilități în vederea sporirii învățării autoreglate și obținerii unor performanțe superioare.

Lucrarea de față reprezintă un prim pas în acest sens. Mai exact, scopul lucrării a fost acela de a implementa diferite tipuri de suport instrucțional (pe un continuum de la suport sporit până la lipsa suportului) în cadrul unui mediu educațional computerizat pentru sporirea acurateții monitorizării și a calibrării judecăților metacognitive cu performanța obținută la teste. De

asemenea, un alt obiectiv al lucrării a fost acela de a investiga impactul diferitelor tipuri de suport instrucțional asupra acurateții judecăților metacognitive și asupra mișcărilor oculare ale indivizilor (utilizând tehnologia eye tracking) ca rezultat al diferențelor inter-individuale, mai exact a nivelului lor de expertiză în domeniul geneticii.

Lucrarea este structurată pe cinci capitole, primele trei capitole fiind dedicate fundamentării teoretice, următorul capitol cuprinde cele două studii empirice întreprinse, iar ultimul capitol prezintă concluziile finale ale lucrării.

În primul capitol, pe lângă clarificările conceptuale operate și descrierea succintă a modelelor teoretice recente ale învățării autoreglate este analizat în detaliu modelul învățării autoreglate a lui Winne și Hadwin (1998), unul dintre cele mai influente modele care subliniază natura ciclică a autoreglării.

În capitolul 2 este trecut în revistă modelul metacogniției elaborat de Nelson și Narens (1994) și sunt clarificate aspectele referitoare la rolul metacogniției și a acurateții monitorizării în învățarea autoreglată. De asemenea, în acest capitol este dezbătut și rolul implementării unor strategii de dezvoltare a abilităților de monitorizare corectă a învățării, în particular și a abilităților de învățare autoreglată, în general.

Capitolul 3 se focalizează pe aspectele relevante referitoare la acuratețea monitorizării în mediile educaționale computerizate și pe modalitățile de sprijinire a acestuia. Acuratețea monitorizării este în mod deosebit importantă în contextul învățării cu ajutorul mediilor educaționale computerizate, întrucât ele pot fi “suprasolicitante” chiar și pentru indivizii cu un nivel sporit de expertiză, necesitând capacitatea de a integra simultan mai multe surse de informare (text, diagrame, etc.) sau de a utiliza în mod eficace un control sporit asupra instruirii.

Capitolul 4 cuprinde două studii al căror scop a fost examinarea influenței pe care tipul de suport instrucțional îl are asupra acurateții judecăților metacognitive, mai exact a calibrării lor cu performanța obținută la teste, precum și asupra patternurilor de procesare vizuală în cazul învățării cu diferite tipuri de suport instrucțional. În mod specific, primul studiu compară în termeni de judecăți metacognitive (inclusiv acuratețea acestor judecăți), performanță și timp petrecut în învățare trei tipuri de suport instrucțional: exemple rezolvate incomplet (engl., incomplete worked-out examples), probleme incomplete (engl., completion problems) și probleme convenționale (engl., conventional problems). Al doilea studiu a vizat investigarea diferențelor dintre cele trei tipuri de suport instrucțional în ceea ce privește alocarea resurselor atenționale în timpul procesării problemelor prezentate spre rezolvare în mediul educațional computerizat. În acest sens, s-a recurs la înregistrarea mișcărilor oculare ale studenților cu ajutorul tehnologiei eye tracking.

În capitolul 5 dedicat concluziilor finale, se prezintă o imagine de ansamblu asupra rezultatelor din studiile empirice realizate în lucrarea de față, iar implicațiile acestora sunt discutate din perspectiva designului instrucțional și a “provocărilor” diferite pe care designul mediilor computerizate le impune din perspectiva învățării autoreglate comparativ cu materialele tradiționale (de Bruin & Van Gog, 2012).

Capitolul 1

ÎNVĂȚAREA AUTOREGLATĂ - FUNDAMENTARE TEORETICĂ

1.1 Clarificări conceptuale și teorii explicative ale învățării autoreglate

În orice situație de învățare, indivizii trebuie să facă față solicitărilor și conflictelor de ordin cognitiv și emoțional ce emerg, dar și influenței factorilor existenți în mediul în care are loc învățarea. Cu alte cuvinte, indivizii trebuie să posede capacitatea de autoreglare a proceselor cognitive, motivaționale și emoționale pentru ca învățarea să se producă (Boekaerts, 1996; Boekaerts, Pintrich, & Zeidner, 2000; Schunk & Zimmerman, 1994; Winne & Hadwin, 1998). Literatura de specialitate consacrată diferențelor individuale apărute în performanța academică a indicat că un rol definitoriu în obținerea de rezultate pozitive în învățare îl are capacitatea indivizilor de a se implica în activități de autoreglare a proceselor cognitive, motivaționale și emoționale (Järvenoja & Järvelä, 2005). Zimmerman (1989) a definit capacitatea de autoreglare ca măsura în care indivizii sunt participanți activi din punct de vedere (meta)cognitiv, motivațional și comportamental la propriul proces de învățare. Altfel spus, indivizii ce au o capacitate sporită de autoreglare sunt conștienți nu doar de cerințele sau solicitările impuse de sarcini, ci și de propriile nevoi ceea ce facilitează emergența unor experiențe de învățare optime. Utilizarea unor strategii cognitive și metacognitive eficiente, monitorizarea progresului în procesul de învățare, managementul timpului și al factorilor din mediu reprezintă activități frecvent realizate de subiecții cu o capacitate sporită de autoreglare în scopul atingerii obiectivelor propuse sau prestabilite (e.g., Schunk, 1989; Weinstein & Mayer, 1986; Zimmerman, 1989).

Deși au fost elaborate diverse modele teoretice ale învățării autoreglate (de ex., Pintrich, 2000; Winne & Perry, 2000; Zimmerman, 2001), o asumție comună tuturor acestor modele este aceea că indivizii cu abilități autoreglatorii se implică activ în propriul proces de învățare. Mai exact, indivizii cu abilități autoreglatorii sunt văzuți cel mai adesea ca participanți autonomi, predispuși spre reflecție și eficienți în procesul de învățare ca urmare a faptului că posedă strategiile cognitive și motivaționale necesare pentru înțelegerea, direcționarea și controlarea acestui proces (Paris & Winograd, 1990; Pintrich, 1999; Schunk & Zimmerman, 1994). Cu alte cuvinte, acești indivizi se caracterizează prin deținerea unui arsenal de strategii cognitive - pentru a căror utilizare este necesară achiziționarea de noi abilități metacognitive, dar și a unor credințe și strategii motivaționale adaptive care susțin implicarea în sarcini în ciuda solicitărilor suplimentare sau a prezenței unor distractori.

În încercarea de a investiga rolul pe care abilitățile metacognitive, credințele și strategiile motivaționale ale indivizilor îl au în inițierea și menținerea schimbărilor de la nivelul procesului de autoreglare a învățării, Cleary și Zimmerman (2001) și Kitsantas și Zimmerman (2002; apud Zimmerman, 2008) au elaborat o metodologie de microanaliză a învățării autoreglate desfășurată în trei faze succesive: înainte (faza de planificare), în timpul (faza de învățare) și după învățare (faza de reflectare). Asumsiile de bază ale acestui model numit modelul ciclic al învățării autoreglate (Zimmerman, 2008) vizează existența unei corelații semnificative între variabilele specifice celor trei faze ale învățării autoreglate, dar și a unor relații cauzale între procesele specifice învățării autoreglate din cadrul celor trei faze. Cu alte cuvinte, interacțiunea dintre factorii personali, comportamentali și de mediu care are loc în cele trei faze ale autoreglării reprezintă un proces ciclic întrucât acești factori se modifică în timpul învățării și trebuie monitorizați continuu. Datele experimentale obținute de Zimmerman și colaboratorii săi susțin asumsiile teoretice ale modelului. Înainte de a trece în revistă datele experimentale obținute de acești autori, se impune precizarea variabilelor caracteristice fiecăreia dintre cele trei faze ale învățării autoreglate. De exemplu, în faza de planificare pot fi exprimate de către indivizi o serie de credințe motivaționale cu rol crucial în procesul de autoreglare a învățării, respectiv credințe referitoare la autoeficacitate, expectanțe legate de performanța ulterioară, interes manifestat față de sarcini, credințe relative la valoarea sarcinilor, orientare spre scop. În plus, această fază cuprinde și două procese autoreglatorii cheie ce presupun stabilirea scopurilor și planificarea strategiilor necesare atingerii scopurilor propuse. Relativ la această fază, datele experimentale obținute de Zimmerman și Bandura (1994) au arătat că sentimentul de autoeficacitate este corelat pozitiv cu standardele stabilite de indivizi în ceea ce privește rezultatele așteptate și cu performanța obținută de ei în mod real. Ulterior, Zimmerman și Kitsantas (1997) au indicat că între strategiile implicate de indivizi în realizarea sarcinilor (de ex., focalizarea atenției, autoinstruirea, etc.), rezultatele monitorizării procesului de învățare (de ex., monitorizare metacognitivă) și evaluările specifice fazei de reflectare (de ex., atribuire cauzale ale rezultatelor obținute, sentimentul de satisfacție) există relații cauzale.

În fine, Zimmerman și Kitsantas (1999) au indicat că sentimentul de satisfacție – relativ la performanța obținută - manifestat de indivizi în faza de reflectare reprezintă un predictor pentru manifestarea credințelor motivaționale specifice fazei de planificare, esențiale în susținerea efortului depus de indivizi pentru dezvoltarea unor abilități specifice domeniului, și anume: sentimentul de autoeficacitate, interesul manifestat față de sarcini și valoarea atribuită sarcinilor. Pe baza acestor date experimentale, autorii au inferat că utilizarea de către indivizi a unor procese autoreglatorii de calitate contribuie la sporirea motivației de implicare în sesiuni suplimentare de învățare. De altfel, acest aspect a fost evidențiat și de studiile care au comparat

novicii cu experții (Cleary & Zimmerman, 2001; Kitsantas & Zimmerman, 2002, apud Zimmerman, 2008) și care au indicat că experții utilizează în mod extensiv procesele de autoreglare a învățării și manifestă preponderent credințe motivaționale pozitive.

1.2 Modelul ciclic al învățării autoreglate (Winne și Hadwin, 1998)

În lucrarea de față vom prezenta în detaliu modelul învățării autoreglate elaborat de Winne și Hadwin's (1998) ce prezintă un cadru teoretic comprehensiv încadrat în perspectiva procesării informației. Modelele procesării informației se axează pe identificarea proceselor cognitive implicate în învățarea autoreglată, respectiv definirea sarcinii, stabilirea scopurilor și a planului de lucru, precum și a proceselor metacognitive folosite în rezolvarea unor sarcini specifice sau generale (Greene & Azevedo, 2007). Am ales acest model ca fundamentare teoretică a întregului demers experimental al lucrării de față din următoarele motive: (a) modelul se focalizează pe aspectele cognitive și metacognitive ale învățării autoreglate permițând analiza detaliată a modului în care aceste aspecte interacționează, (b) întrucât acest model postulează ca și procese esențiale ale învățării autoreglate **monitorizarea** și **controlul**, permite explicarea modului în care schimbările dintr-o fază a învățării se repercutează asupra celorlalte faze ale procesului de învățare și (c) explică natura ciclică a învățării autoreglate (pentru detalii, vezi Greene & Azevedo, 2007).

Potrivit acestui model, procesul de învățare se desfășoară sub forma unor etape ciclice: (1) etapa de definire sau percepere a sarcinilor, (2) etapa de planificare și stabilire a scopurilor, (3) etapa de implementare a strategiilor cognitive sau metacognitive pentru atingerea scopurilor, și (4) etapa de control și reglare metacognitivă a aspectelor legate de sine, sarcină și context. Winne și Hadwin (1998) au descris aceste etape utilizând acronimul COPES ce indică interacțiunea dintre condiții (C), operații (O), produse (P), evaluare (E) și standarde (S). Toate aceste aspecte nu sunt altceva decât fațete ale sarcinilor pe care indivizii trebuie să le rezolve în timpul procesului de învățare (Winne, 1997). Mai exact, condițiile (C) reprezintă atât factorii personali cognitivi (de ex., baza de cunoștințe anterioare, credințele și motivația indivizilor), cât și caracteristicile sarcinilor (de ex., timpul alocat rezolvării sarcinilor, dificultatea sarcinilor) ce pot afecta modul în care indivizii rezolvă sau se raportează la sarcini. Operațiile (O) se referă la procesele și strategiile cognitive pe care indivizii le utilizează în rezolvarea sarcinilor de învățare precum monitorizarea, elaborarea sau repetarea materialului de învățat. Produsele (P) sunt conceptualizate în modelul lui Winne și Hadwin (1998) prin două niveluri diferite și anume: (1) un nivel cognitiv în care produsele se referă la înțelegerea sarcinilor de învățare sau așa-numitul „profil” curent al sarcinii și (2) un nivel comportamental în care sunt vizate produsele

„observabile“ precum performanța obținută de indivizi. De exemplu, în faza de definire sau percepere a sarcinilor un student poate să perceapă cerința de a citi un capitol despre un anumit topic ca fiind o sarcină ușoară ce nu implică procesare de adâncime și ca urmare nu va petrece prea mult timp în această sarcină, focalizându-se doar pe conceptele importante. Standardele (S) vizează criteriile pe care indivizii le consideră a fi optime ca și stări finale ale procesului de învățare și care se constituie în reper pentru compararea produselor. Un exemplu de standard poate fi reprezentat de performanța obținută anterior în sarcini similare. Când indivizii compară produsele obținute cu standardele sunt generate evaluări (E) cognitive care oferă feedback despre discrepanțele existente între standardele stabilite și „profilul“ sau calitatea produselor. În cazul în care există o discrepanță mare între standardele stabilite (de ex., „Ar trebui să termin de citit acest capitol în 30 de minute“) și calitatea produselor obținute (de ex., au fost necesare 60 de minute pentru citirea capitolului), indivizii trebuie să facă modificări la nivelul condițiilor, standardelor, produselor sau al tuturor aspectelor menționate.

Indivizii compară produsele cu standardele cu ajutorul **monitorizării** care împreună cu **controlul metacognitiv** reprezintă aspecte centrale ale învățării autoreglate conform asumpțiilor modelului elaborat de Winne și Hadwin (1998; vezi Greene & Azevedo, 2007). Monitorizarea a fost definită ca „atenția voluntară acordată unor aspecte ale comportamentului unui individ“ (Schunk, 1991, p. 267), fiind considerată o componentă esențială în reglarea cu succes a propriului proces de învățare. Dat fiind că monitorizarea implică evaluarea de către indivizi a progresului înregistrat în atingerea scopurilor, acest proces influențează maniera în care indivizii abordează sarcinile de învățare (Winne, 1996; Winne & Hadwin, 1998). În mod similar cu **modelul metacogniției** elaborat de Nelson și Narens (1994), modelul autoreglării în patru faze (Winne & Hadwin, 1998) distinge între *nivelul obiectiv* și cel *metacognitiv al informației*. Nivelul obiectiv al informației se referă la produsele operațiilor cognitive precum înțelegerea sau perceperea sarcinilor, iar nivelul metacognitiv al informației include două aspecte și anume: (1) meta-standardele ce se constituie ca bază a monitorizării metacognitive (sau modelul învățării) și (2) operațiile cognitive care aplicate schimbă nivelul obiectiv al informației sau *controlul metacognitiv*. Astfel, la nivel metacognitiv are loc reflecția asupra nivelului obiectiv al cogniției prin monitorizare și modificarea cogniției prin control (Bannert & Mengelkamp, 2013). Ca urmare, dacă procesele cognitive sunt implicate în rezolvarea unor sarcini, rolul metacognițiilor ca și reflecții ale acestor procese (de ex., „a ști cum să înveți“) este de a selecta cele mai eficace strategii cognitive și a regla funcționarea lor pentru obținerea de performanțe superioare. Cu alte cuvinte, conform modelului lui Winne și Hadwin (1998) există două tipuri de monitorizare: *monitorizarea cognitivă* și *monitorizarea metacognitivă*. De exemplu, dacă un individ se află în etapa a treia a învățării, respectiv în etapa de implementare a strategiilor (meta)cognitive pentru

atingerea scopurilor, putem spune că utilizează *monitorizarea cognitivă* în situația în care este implicat în realizarea corespondenței dintre textul unei probleme și pașii necesari rezolvării acestei probleme. Pentru ca monitorizarea să fie realizată la nivel metacognitiv, individul trebuie să utilizeze standarde metacognitive de comparare a textului sau datelor problemei cu pașii necesari rezolvării problemei precum reflectarea asupra modului în care pașii prezentați reflectă principiile domeniului sau timpul necesar studierii lor în mod adecvat.

Modelul elaborat de Winne și Hadwin (1998) susține că monitorizarea este esențială pentru o învățare eficientă în așa fel încât indivizii care își reglează frecvent procesul de învățare este mai probabil să obțină performanțe superioare în învățare comparativ cu cei care nu își reglează frecvent învățarea (vezi și Bandura, 1997; Butler & Winne, 1995; Winne, 1996). În ciuda asumpțiilor teoretice referitoare la efectele pozitive ale autoreglării asupra performanței, studiile empirice au evidențiat că majoritatea indivizilor au abilități autoreglatorii scăzute (vezi, Schunk & Zimmerman, 2006). Chiar și indivizii (studenții) care au performanțe superioare experimentează dificultăți în ceea ce privește autoreglarea procesului de învățare cu impact negativ asupra progresului în învățare (Lajoie & Azevedo, 2006). În plus, Winne (2001) a demonstrat că în cazul prezentării unor sarcini dificile care supraîncarcă sistemul cognitiv al indivizilor, comportamentul de autoreglare a învățării descrește semnificativ și se înregistrează o preferință a acestora de a utiliza mai frecvent monitorizarea cognitivă în detrimentul celei metacognitive. Mai exact, în cazul rezolvării unor sarcini dificile pentru care indivizii nu posedă cunoștințe anterioare cea mai mare parte a resurselor cognitive sunt implicate în procesarea informației furnizată de aceste sarcini, rămânând foarte puține resurse cognitive (date fiind limitările memoriei de lucru a indivizilor) pentru procesarea metacognitivă. Cu alte cuvinte, dacă indivizii cu o bază scăzută de cunoștințe anterioare se focalizează pe autoreglarea propriei învățări atunci nu mai sunt capabili să proceseze corect informația furnizată.

După cum menționam anterior, cealaltă componentă esențială conform modelului elaborat de Winne și Hadwin (1998) este controlul metacognitiv ce implică ajustările făcute în cazul existenței unor discrepanțe mari între standardele stabilite și produsele obținute. Controlul metacognitiv a fost conceptualizat atât ca și schimbările survenite în modul de înțelegere a sarcinilor (de ex., „sarcina aceasta nu este așa ușoară precum am crezut inițial“), cât și ca schimbările survenite în aplicarea strategiilor de învățare (de ex., „renunț la rezolvarea acestei sarcini pentru că este prea dificilă pentru mine“) sau în ordinea implementării acestor strategii (de ex., „prima dată voi încerca să înțeleg pașii necesari pentru a rezolva această problemă, doar apoi voi încerca să aflu soluția corectă“). Cercetările întreprinse în acest sens au indicat că abilitatea de reglare a comportamentelor de învățare este un indicator al succesului în învățare întrucât în acest fel indivizii creează noi modele mentale (Azevedo & Cromley, 2004), alocă mai

mult timp pentru studierea sarcinilor problematice (Nelson, Dunlosky, Graf, & Narens, 1994) sau celor care se află în zona proximei dezvoltări (Metcalf, 2002; Metcalf & Kornell, 2005). În plus, Winne și Jamieson-Noel (2002) au observat că indivizii investesc mai puțin efort mental în rezolvarea sarcinilor dificile pentru ei, dar investesc mai mult efort pentru rezolvarea unor sarcini mai simple. Explicația autorilor pentru acest comportament de învățare care este contrar așteptărilor, întrucât efortul depus ar trebui să fie mai mare în sarcinile mai dificile, este aceea că indivizii evită studierea sarcinilor ce sunt percepute ca fiind prea dificil de rezolvat în timpul alocat. În general, studiile au concluzionat că deciziile privind timpul alocat studierii unor sarcini este influențat atât de caracteristicile cognitive ale indivizilor (de ex., bază de cunoștințe anterioare, credințe epistemologice, etc.), cât și de caracteristicile sarcinilor de învățare (de ex., nivelul de dificultate a sarcinilor; vezi Azevedo & Cromley, 2004).

Capitolul 2

METACOGNIȚIA ȘI JUDECĂȚILE METACOGNITIVE ÎN ÎNVĂȚAREA AUTOREGLATĂ

2.1 Modelul metacogniției elaborat de Nelson și Narens (1994)

Metacogniția constituie una dintre componentele esențiale ale sistemului cognitiv uman. Nivelul cognitiv nu poate fi pe deplin înțeles în absența unei bune reprezentări a funcționării metacognitive, respectiv a *cunoștințelor* (mai mult sau mai puțin explicite) pe care le avem despre modul în care funcționează mecanismele și procesele mentale (de ex., memorarea, înțelegerea, atenția, raționamentul, rezolvarea de probleme, etc.). În anul 1976, Flavell care este considerat părintele acestui concept definea metacogniția ca fiind „cunoștințele pe care un individ le are despre propriile procese cognitive, despre produsele lor și despre tot ce se leagă de acestea, de exemplu caracteristicile relevante pentru învățare ale sarcinilor. Metacogniția se referă, printre altele, la monitorizarea activă, la reglarea și organizarea acestor procese cognitive în relație cu obiectele pe care le reprezintă, de obicei pentru a servi unui scop sau obiectiv concret (Flavell, 1976, p. 232).

De-a lungul timpului au fost elaborate o serie de modele ale metacogniției care au încercat să pună în evidență complexitatea și dificultatea formării și funcționării metacogniției în cadrul activității de învățare autoreglată. Dintre modelele existente în literatura de specialitate, în lucrarea de față ne focalizăm pe **modelul metacogniției elaborat de Nelson și Narens (1994)** întrucât este unul dintre cele mai influente modele în domeniul metacogniției.

După cum am precizat anterior, modelul metacogniției elaborat de Nelson și Narens (1994) distinge între *nivelul obiectiv* și cel *metacognitiv al informației*. Conform acestui model, nivelul metacognitiv primește informații (și ca urmare se updatează) de la nivelul obiectiv prin intermediul **monitorizării metacognitive** (vezi, Dunlosky, Rawson, & Hacker, 2002). Monitorizarea se referă la procesul de supraveghere și verificare a calității activității de învățare prin raportare la scopurile stabilite. De exemplu, în timpul procesului de învățare indivizii monitorizează performanța obținută și o compară cu nivelul dorit al performanței. Dacă între cele două există o discrepanță, indivizii vor continua să studieze până când această discrepanță se reduce la zero. Cu alte cuvinte, indivizii vor înceta să învețe când performanța obținută se suprapune sau depășește nivelul dorit al performanței (Thiede, Anderson, & Theriault, 2003). În timpul **controlului metacognitiv**, nivelul metacognitiv informează nivelul obiectiv al informației astfel încât fie o nouă acțiune este inițiată (de ex., indivizii recitesc părțile mai dificil de înțeles),

acțiunile deja începute sunt continuate sau, din contră sunt încheiate (de ex., indivizii decid să termine învățarea).

Nelson (1996) a identificat patru componente ale monitorizării metacognitive și anume: (1) *judecăți de estimare a dificultății în învățare* (estimarea performanței la sarcinile următoare; engl., ease of learning judgments - EOL), (2) *judecăți de evaluare a progresului în învățare* (engl., judgements of learning - JOL), (3) *judecăți de evaluare a gradului de cunoaștere a răspunsului* (engl., feeling of knowing - FOK), și (4) *judecăți de încredere în răspunsul dat* (de exemplu, încrederea în performanța obținută după rezolvarea sarcinilor sau retrospectiv; engl., confidence judgments - CJ). Judecățile de estimare a dificultății în învățare (EOLs) au loc înaintea perioadei de învățare și sunt concretizate prin estimări ale dificultății în învățarea unui specific conținut sau informații (de ex., „Cât de ușor crezi că vei învăța conținuturile listate mai jos?”; Thiede et al., 2003; vezi și Burkett & Azevedo, 2012). Judecățile EOL pot fi considerate un indicator al nivelului de dificultate al sarcinilor care conform studiilor influențează controlul sau reglarea învățării. De exemplu, indivizii pot compensa faptul că nu înțeleg sarcinile datorită nivelului sporit de dificultate al acestora prin alocarea unui timp suplimentar (Thiede et al., 2003).

Judecățile de evaluare a progresului în învățare (JOLs) sunt definite ca evaluări care au loc în timpul și după procesul de învățare și care se constituie în predicții despre performanța la un test ulterior ce măsoară cunoștințele referitoare la itemii studiați (mai exact, conținutul studiat în cadrul procesului de învățare; Nelson & Narens, 1994). Aceste judecăți sunt de obicei măsurate prin gradul de încredere a individului că itemii studiați vor fi reamintiți/recunoscuți ulterior (de ex., „Cât de sigur ești că îți vei aminti acest item în următoarele zece minute?”; vezi Meeter & Nelson, 2003). Studiile au indicat că indivizii utilizează judecățile de evaluare a progresului în învățare (JOLs) pentru a decide ce anume să studieze și pentru cât timp (Townsend & Heit, 2011). Unii cercetători consideră judecățile de evaluare a progresului în învățare ca fiind cele mai reprezentative pentru monitorizarea metacognitivă, întrucât ele reflectă conștientizarea de către indivizi a propriilor procese cognitive (a propriei capacități de înțelegere sau a performanței obținută; vezi Hadwin & Webster, 2013).

Două modele au fost utilizate de către cercetători pentru a explica relația dintre JOLs și alocarea timpului pentru învățare conceptualizat prin două dimensiuni și anume: *ordinea și tipul itemilor* aleși pentru a fi învățați, respectiv *timpul petrecut pentru învățarea acestor itemi* (Metcalf & Finn, 2008). Primul model numit **zona proximală de învățare** (engl., region-of-proximal learning model; Metcalf & Kornell, 2005) susține că în timpul învățării indivizii elimină/neglijează itemii cu care sunt familiari, iar dintre itemii necunoscuți îi învață mai întâi pe cei mai ușori. Conform acestui model, indivizii continuă să studieze anumiți itemi atâta timp cât

percep că învățarea acestora merită (mai exact, percep că se produce învățarea). Cu alte cuvinte, indivizii utilizează judecățile de evaluare a progresului în învățare (dacă mai învață sau nu ceva) ca și regulă de stopare a învățării. Cel de-al doilea model numit **modelul reducerii discrepanțelor** (engl., model of discrepancy-reduction; Thiede & Dunlosky, 1999) postulează că indivizii aleg să învețe prima dată itemii mai dificili, acordându-le cel mai mult timp întrucât acești itemi „conțin” discrepanțele cele mai mari între nivelul actual al învățării și nivelul dorit al învățării (vezi Townsend & Heit, 2011). Cercetările recente au indicat că, în general, indivizii aleg să învețe itemii necunoscuți, și dintre aceștia pe cei mai ușori, în detrimentul itemilor dificili, confirmând astfel asumțiile modelului reducerii discrepanțelor (Dunlosky & Thiede, 2004; Kornell & Metcalfe, 2006; Metcalfe & Kornell, 2003).

Judecățile de evaluarea a gradului de cunoaștere a răspunsului (FOKs) sunt exprimate prin aprecierea măsurii în care un conținut care este pe moment uitat (nu poate fi reactualizat momentan) va fi reactualizat/recuperat din memorie ulterior (Metcalfe, Schwartz, & Joaquim, 1993). Cu alte cuvinte, în acest caz indivizii își evaluează abilitatea de a furniza răspunsul corect în cadrul unui test, chiar dacă într-un moment specific al procesului de învățare nu pot accesa acel răspuns din memorie. Există dovezi empirice că judecățile de evaluare a gradului de cunoaștere a răspunsului sunt corelate cu strategiile utilizate de indivizi pentru a răspunde la întrebări, mai exact un nivel sporit al acestor judecăți se reflectă în acordarea unui timp mai îndelungat pentru găsirea/reactualizarea răspunsului (vezi Reder & Ritter, 1992).

În ceea ce privește judecățile de încredere în răspunsul dat (CJs), acestea vizează gradul de încredere al indivizilor în completarea cu succes a unor sarcini de învățare (Hadwin & Webster, 2013). Acest tip de judecăți pot fi măsurate fie ca și predicții (*monitorizare prospectivă* care are loc înaintea rezolvării unei sarcini de învățare, de exemplu, „Cât de sigur ești că vei rezolva corect sarcina următoare?”; Nelson & Dunlosky, 1991), fie ca și postdicții (*monitorizare retrospectivă* care are loc după rezolvarea sarcinii de învățare sau judecăți retrospective de încredere în răspunsul dat, de exemplu, „Cât de sigur ești că ai rezolvat corect această sarcină?”; Dinsmore & Parkinson, 2013). Studiile au relevat că judecățile retrospective de încredere în răspunsul dat (RCJs) influențează judecățile de estimare a dificultății în învățare (EOLs), precum și alegerea strategiilor de învățare (de ex., Dunlosky & Bjork, 2008; Dunlosky & Metcalfe, 2009). Trebuie menționat că toate aceste judecăți metacognitive pot fi realizate fie la *nivel global* (judecăți referitoare la toți itemii unui test) sau la *nivel local* (judecăți referitoare la un singur item sau o singură întrebare; vezi Hadwin & Webster, 2013).

După cum am menționat anterior, judecățile metacognitive (monitorizarea metacognitivă) sunt foarte importante, întrucât ele influențează deciziile privind *ce anume* trebuie învățat și *pentru cât timp* (mai exact, controlul sau reglarea învățării; Dunlosky & Rawson, 2012). Winne

(2001) consideră monitorizarea metacognitivă ca fiind “pivotal pe care învățarea autoreglată se sprijină”, întrucât aceasta implică o evaluare a nivelului de înțelegere și a progresului spre atingerea scopurilor care are efecte asupra modului în care indivizii abordează sarcinile de învățare și fac schimbări adaptative în procesul de învățare (vezi și Winne & Hadwin, 1998). Oricum, o reglare efectivă a învățării are loc doar în cazul în care judecățile metacognitive ale indivizilor sunt corecte, deoarece „percepția performanței este cea care influențează deciziile privind activitățile de învățare, nu realitatea” (Dunning, Johnson, Ehrlinger, & Kruger, 2003, p. 86). Cu alte cuvinte, când indivizii nu sunt capabili să își monitorizeze propria performanță în mod corect, atunci nu pot controla în mod eficace procesul de învățare (de exemplu, nu alocă suficient timp și efort mental în învățare; Dunlosky, Hertzog, Kennedy, & Thiede, 2005). Cercetarea în domeniul metacogniției a relevat că în general indivizii sunt înacurați în ceea ce privește judecățile metacognitive făcute în timpul învățării (de exemplu, Finn & Metcalfe, 2008; Koriat, Sheffer, & Ma’ayan, 2002). În cele ce urmează vom recurge la o prezentare a datelor experimentale privind acuratețea judecăților metacognitive și a efectelor acestora asupra reglării învățării și a performanței obținută.

2.2 Acuratețea judecăților metacognitive

Acuratețea monitorizării sau a judecăților metacognitive reprezintă un aspect crucial al învățării autoreglate, întrucât pe baza rezultatelor monitorizării se iau decizii privind ajustarea strategiilor utilizate sau a dozării timpului și efortului investit în învățare (Alexander, 2013). De exemplu, dacă monitorizarea este incorectă, timpul alocat învățării este scurtat, în sensul în care indivizii decid că nu este necesar să persiste în rezolvarea sarcinilor un timp mai îndelungat (vezi, Son & Kornell, 2008).

Din punct de vedere teoretic, se consideră că indivizii sunt capabili să monitorizeze, să controleze sau regleze în mod corect propriul proces de învățare (Lee, Lim, & Grabowski, 2010). Această asumție teoretică nu a fost însă confirmată de datele empirice. Mai exact, dovezile empirice au relevat că majoritatea indivizilor au abilități scăzute de monitorizare corectă (Graesser & McNamara, 2010). S-a demonstrat că în special novicii într-un domeniu (indivizii cu o bază scăzută de cunoștințe anterioare) au abilități scăzute de evaluare corectă a modului de învățare ceea ce rezultă în luarea unor decizii greșite privind ce trebuie învățat și pentru cât timp cu rezultate negative asupra performanței obținute (Koriat, 2012; Dunning et al., 2003; Ehrlinger, Johnson, Banner, Dunning, & Kruger, 2008).

Acuratețea judecăților metacognitive a fost conceptualizată în moduri diferite în literatura de specialitate, respectiv ca **acuratețe a monitorizării** (Nelson & Dunlosky, 1991), **calibrare**

(Stone, 2000) sau **bias al judecăților** (Schraw, 2009; Schraw & Roedel, 1994). Nelson (1984, 1996) a subliniat necesitatea de a distinge între **acuratețea relativă** (așa-numita *rezoluție sau discriminare*) și **acuratețea absolută** a judecăților metacognitive (așa-numita *calibrare*). Cercetările au indicat că nu există o corelație între cele două tipuri de acuratețe, ceea ce ar putea indica faptul că ele reprezintă procese metacognitive distincte (Hacker, Bol, & Keener, 2008). În ciuda faptului că este utilă măsurarea ambelor tipuri de acuratețe, studiile recente s-au focalizat mai mult pe acuratețea absolută decât pe cea relativă, întrucât acuratețea absolută furnizează informații utile despre măsura în care anumiți itemi sunt învățați și necesitatea studierii lor pentru un timp mai îndelungat (de Bruin & Van Gog, 2012).

Acuratețea relativă se referă la gradul de asociere între judecățile metacognitive și performanța obținută în cadrul rezolvării unor sarcini multiple (mai exact este vorba de corelații intrasubiecți între cele două variabile), indicând acuratețea cu care indivizii discriminează itemii mai bine învățați față de cei mai puțin bine învățați (Nelson, 1996). Cu alte cuvinte, acuratețea relativă măsoară abilitatea indivizilor de a prezice probabilitatea obținerii unei performanțe superioare în cazul unui item/unei sarcini comparativ cu un alt item/altă sarcină (de exemplu, predicția că itemul A va fi mai bine învățat ca și itemul B, ca urmare itemul A va fi recuperat din memorie la un test ulterior, în timp ce itemul B nu; Meeter & Nelson, 2003). Cercetătorii din acest domeniu au propus diferite modalități de măsurare a acurateții relative, dar cea mai frecvent utilizată metodă de măsurare este reprezentată de corelația Gama (mai exact, coeficientul de corelație Goodman-Kruskal Gama pentru date ordinale; pentru mai multe detalii, vezi Nelson, 1996). Coeficientul de corelația Gama permite determinarea asocierii/relației dintre judecățile metacognitive și performanța obținută, cu valori cuprinse între -1 și $+1$. Valorile pozitive apropiate de $+1$ indică o acuratețe relativă superioară.

Spre deosebire de acuratețea relativă, acuratețea absolută sau calibrarea indică discrepanța dintre judecățile metacognitive ale indivizilor (ori valoarea absolută a scorurilor ce reflectă judecățile metacognitive referitoare la propria învățare) și performanța reală obținută (Alexander, 2013), fiind calculată ca diferența dintre judecățile metacognitive și performanța obiectivă obținută. Gradul de corespondență dintre judecățile metacognitive și performanța obiectivă obținută indică fie o calitate bună a calibrării, fie o calitate scăzută a calibrării. Mai exact, dacă indivizii își estimează performanța ca fiind bună (judecăți metacognitive despre propria performanță) și într-adevăr performanța măsurată obiectiv confirmă această estimare, atunci se poate afirma că indivizii sunt bine calibrați. O calitate scăzută a calibrării este indicată atât de supraevaluarea performanței (supraapreciere; engl., *overconfidence*), caz în care scorurile corespunzătoare judecăților metacognitive sunt mai mari decât performanța obținută, cât și de subevaluarea performanței (subapreciere; engl., *underconfidence*), caz în care reversul

este valabil (vezi Schraw, 2009). În literatura de specialitate sunt menționate mai multe modalități de măsurare a acurateței absolute, dar cea mai frecvent întâlnită metodă de măsurare este calcularea *biasului*. Biasul indică măsura în care indivizii se supra sau subestimează când emit judecăți metacognitive referitoare la propria învățare (Yates, 1990). De obicei, biasul se calculează ca diferența dintre judecățile metacognitive (percepția asupra propriei performanțe) și performanța reală obținută. Când valorile biasului sunt pozitive indivizii se supraestimează, iar când valorile biasului sunt negative aceștia se subestimează. De exemplu, când indivizii prezic că vor rezolva corect o anumită sarcină în proporție de 60% și, într-adevăr performanța obiectivă confirmă că ei au rezolvat corect sarcina respectivă în proporție de 60%, atunci biasul este egal cu zero, deci nu există bias (cu alte cuvinte, indivizii sunt bine calibrați). Când însă indivizii rezolvă corect o sarcină în proporție de 40%, însă prezic că vor rezolva corect această sarcină în proporție de 60%, atunci ei se supraestimează, iar când rezolvă corect aceeași sarcină în proporție de 70%, atunci se subestimează.

Cercetările privind acuratețea absolută au indicat că, în general, calitatea calibrării este scăzută, foarte puțini indivizi fiind capabili de o calibrare perfectă în care scorurile judecăților metacognitive sunt egale cu performanța obținută (lipsa biasului; Bjorkman, 1992). Acest tip de acuratețe este influențat de cel puțin trei variabile și anume: *caracteristicile sarcinilor* (de ex., nivelul de dificultate sau lungimea sarcinilor), *constrângerile externe impuse asupra procesării* (de ex., feedback, instruire explicită), *caracteristicile indivizilor* (de ex., nivelul de expertiză sau baza de cunoștințe anterioare; Nietfeld & Schraw, 2002).

În ceea ce privește caracteristicile sarcinilor, există dovezi empirice că supraestimarea este mai frecvent întâlnită decât subestimarea și că indivizii se supraapreciază în cazul rezolvării unor sarcini dificile, în timp ce se subapreciază în sarcinile ușoare (Keren, 1991; Schraw & Roedel, 1994). De exemplu, Schraw și Roedel (1994) au demonstrat, utilizând biasul ca metodă de măsurare a acurateții absolute, că supraevaluarea performanței crește o dată cu nivelul de dificultate a sarcinilor. Keren (1991) a afirmat că existența corelației pozitive între supraestimarea performanței de către indivizi și dificultatea sarcinilor poate fi interpretată după cum urmează: cu cât dificultatea sarcinilor este mai sporită, cu atât este mai mare dificultatea indivizilor de a prezice probabilitatea apariției unui rezultat (de ex., dacă un item va fi sau nu reactualizat/recuperat din memorie). Burson, Larrick și Klayman (2006) au demonstrat că sarcinile dificile descresc acuratețea judecăților metacognitive atât în cazul indivizilor cu o performanță sporită, cât și a celor cu o performanță scăzută. În plus, acești autori au indicat că indivizii cu o performanță sporită își supraestimează performanța (cu alte cuvinte sunt mai inacurați) mai mult decât indivizii cu o performanță scăzută (vezi Kruger & Dunning, 2002, pentru informații despre ipoteza “începător-inconștient”; engl., “unskilled-unware hypothesis”).

2.3 Acuratețea judecăților metacognitive, controlul învățării și performanța în învățare

Întrucât din perspectivă educațională performanța obținută în învățare este cea mai importantă, se impune înțelegerea modului în care acuratețea judecăților metacognitive influențează procesul de control sau reglare a învățării, respectiv rezultatele obținute în învățare (performanța în învățare).

După cum am menționat anterior, acuratețea cu care indivizii își evaluează propria performanță sau înțelegere este considerată ca fiind foarte importantă pentru controlul învățării, întrucât modul de reglare a învățării influențează performanța obținută (Townsend & Heit, 2011). Mai exact, când indivizii se supraapreciază există o mai mare probabilitate ca aceștia să încheie învățarea prematur (alocă mai puțin timp decât ar fi necesar ca învățarea să se producă) întrucât consideră eronat că ei stăpânesc materialul studiat, ceea ce influențează negativ performanța obținută (Dunlosky & Rawson, 2012; Hacker et al., 2008). Studiile focalizate pe relația dintre acuratețea judecăților metacognitive și performanța obținută furnizează dovezi ale faptului că într-adevăr supraestimarea performanței cauzează o încheiere prematură a procesului de învățare cu efecte negative asupra performanței (de ex., Dunlosky & Rawson, 2012). În plus, există dovezi empirice că indivizii care se supraapreciază nu apelează la măsuri de remediere a performanței și nu evaluează cu atenție răspunsurile oferite în cadrul testelor (Hacker et al., 2008). De exemplu, în studiul lor Dunlosky și Rawson (2012) au prezentat studenților definiții ale unor termeni (cuvinte) urmate de teste de reactualizare bazate pe amorse (engl., cued-recall tests) și au cerut acestora să evalueze calitatea răspunsurilor oferite la testele respective. După ce studenții au judecat răspunsurile lor ca fiind corecte sau incorecte, definiția corectă a cuvântului a fost prezentată pentru a fi restudiată. Rezultatele studiului au indicat că studenții care au apreciat răspunsurile lor incorecte ca fiind corecte, cu alte cuvinte studenții care s-au supraestimat, au prezentat o performanță mai scăzută în ceea ce privește memorarea, întrucât au terminat învățarea înainte ca definițiile cuvintelor să fie reținute. Oricum, cel de-al doilea experiment inclus în studiul lui Dunlosky și Rawson (2012) a relevat faptul că studenții care au emis judecăți metacognitive corecte nu doar au petrecut mai mult timp să studieze cuvintele prezentate, ci au și procesat definițiile acestor cuvinte mai profund. Sumarizând, rezultatele acestui studiu au indicat că acuratețea judecăților cognitive este o prerechizită pentru învățarea eficientă și memorarea durabilă.

Focalizându-se pe acuratețea relativă, nu pe acuratețea absolută, studiul condus de Thiede și colaboratorii (2003) a indicat că acuratețea judecăților privind înțelegerea unui text are efecte asupra abilității studenților de a-și regla comportamentul de învățare. Mai exact, studenții care și-

au monitorizat capacitatea de înțelegere a textului în mod corect au ales mai frecvent să restudieze textele mai puțin înțelese, ceea ce a rezultat în creșterea performanței la testul de evaluare. Prin urmare, se poate afirma că studiul lui Thiede și colaboratorii (2003) se constituie într-un exemplu a modului în care acuratețea metacognitivă ghidează procesul de învățare a studenților și rezidă într-o performanță sporită.

Pe baza rezultatelor din studiile empirice prezentate mai sus (pentru un review detaliat al unor studii similare, vezi Hacker et al., 2008), se poate concluziona că abilitatea indivizilor de a-și monitoriza corect propriile procese cognitive reprezintă o strategie metacognitivă efektivă ce rezidă într-o performanță sporită prin efectele pozitive pe care le are asupra procesului de autoreglare a învățării (de ex., asupra alocării timpului pentru învățare). Relația dintre acuratețea monitorizării metacognitive și controlul învățării, respectiv performanța obținută în învățare poate fi sumarizată astfel: “învățarea este invers proporțională cu biasul calibrării și direct proporțională cu acuratețea calibrării” (Winne, 2004, p. 476).

2.4 Îmbunătățirea acurateții judecăților metacognitive

Date fiind cercetările care demonstrează că doar o monitorizare corectă a propriei performanțe are efecte benefice asupra învățării autoreglate (Griffin, Wiley, & Salas, 2013) și că majoritatea indivizilor au abilități scăzute de monitorizare corectă (Graesser & McNamara, 2010), o întrebare esențială la care cercetătorii din domeniu au încercat să afle răspuns este dacă acuratețea judecăților metacognitive poate fi îmbunătățită și dacă această îmbunătățire rezidă în “câștiguri” în ceea ce privește eficacitatea învățării (performanță sporită). Răspunsul la această întrebare este foarte important pentru practica educațională întrucât înțelegerea relației dintre monitorizare, procesele de reglare a învățării și performanța obținută contribuie la proiectarea unor materiale sau intervenții instrucționale efective.

Acuratețea monitorizării poate fi îmbunătățită în mai multe moduri. De exemplu, în încercarea de a îmbunătăți acuratețea judecăților metacognitive, Nelson și Dunlosky (1991) au utilizat metoda **decalării judecăților de evaluare a progresului în învățare** (engl., delayed-JOLs). Autorii au demonstrat că decalarea judecăților de evaluare a progresului în învățare chiar și cu 30 de secunde contribuie la sporirea acurateței cu care aceste judecăți prezic performanța la testul de reactualizare. Cu alte cuvinte, acuratețea monitorizării este mai sporită când între perioada de învățare și solicitarea judecăților de evaluare a progresului în învățare există un decalaj comparativ cu situația în care aceste judecăți de evaluare a progresului în învățare sunt făcute imediat după perioada de studiu. Trebuie menționat că în acest studiu a fost măsurată acuratețea relativă a judecăților de evaluare a progresului în învățare care indică abilitatea indivizilor de a discrimina între itemii pentru care există o mai mare probabilitate să fie

recunoscuți și itemii pentru care există o mică probabilitate să fie recunoscuți (vezi și Burkett & Azevedo, 2012).

Într-un studiu ulterior, Nelson și Dunlosky (1992) au investigat măsura în care efectul decalării judecăților de evaluare a progresului în învățare (JOLs) poate fi replicat când se măsoară acuratețea absolută sau calibrarea în locul acurateții relative. Rezultatele au indicat că decalarea judecăților de evaluare a progresului în învățare rezidă într-o acuratețe absolută mai sporită decât situația în care un astfel de decalaj nu există. În plus, rezultatele acestui studiu au indicat că tipul de amorsă folosit pentru a face aceste judecăți de evaluare a progresului în învățare este foarte important. Mai specific, s-a demonstrat că decalarea judecăților de evaluare a progresului în învățare sporește într-o măsură mai mare acuratețea (acuratețea absolută) cu care este prezisă performanța la un test de reactualizare ulterior când judecățile sunt bazate pe prezentarea unor amorse “singulare” (engl., cue-alone, de exemplu, când din perechea stimul-răspuns “castel-cetate” este prezentat doar cuvântul-stimul “castel”) decât atunci când aceste judecăți sunt bazate pe prezentarea perechii stimul/amorsă – răspuns.

În studiul realizat de Mazzoni și Nelson (1993) s-a demonstrat că tipul de codare a informației afectează acuratețea cu care judecățile de evaluare a progresului în învățare prezic performanța la testul de reactualizare. Mai specific, rezultatele obținute au indicat că judecățile de evaluare a progresului în învățare prezic cu mai multă acuratețe performanța la un test de reactualizare ulterior când răspunsurile sunt generate în mod activ în procesul de învățare decât atunci când acestea sunt citite în mod pasiv. În plus, rezultatele studiului au relevat faptul că atunci când studenții furnizează judecăți de evaluare a progresului în învățare globale pentru întreaga listă de cuvinte, supraestimarea este redusă comparativ cu situația în care aceste judecăți sunt făcute pentru fiecare cuvânt în parte (JOLs locale). Altfel spus, în cadrul acestui studiu judecățile globale s-au dovedit a fi mai corecte decât judecățile locale.

O altă metodă de îmbunătățire a acurateții monitorizării este **practicarea unor sarcini/itemi**. De menționat că rezultatele studiilor privind efectele practicării sau trainingului asupra acurateții monitorizării sunt contradictorii. Astfel, unele studii au demonstrat că practicarea sarcinilor afectează pozitiv acuratețea judecăților metacognitive (ex., Nietfeld, Cao, & Osborne, 2006; Thiede et al., 2003), în timp ce altele au indicat că îmbunătățirea acurateții judecăților metacognitive este dificil de realizat prin această metodă (ex., Nietfeld & Schraw, 2002; vezi și Hacker et al., 2008). De exemplu, Nietfeld și colaboratorii (2006) au investigat impactul unei intervenții constând în exerciții de monitorizare și oferire de feedback asupra acurateții calibrării, autoeficacității (încrederii în succesul avut) și performanței obținută de elevii de liceu. Exercițiile de monitorizare au constatat în evaluarea de către elevi a procesului de învățare (JOLs) și pregătirea lor pentru fiecare curs, precum și reflectarea asupra acurateții judecăților de evaluare a

progresului în învățare, concomitent cu primirea unui feedback referitor la acuratețea calibrării în judecarea performanței obținută la examenele finale. Rezultatele au indicat că acest tip de intervenție constând din exerciții de monitorizare și oferire de feedback asupra acurateții calibrării îmbunătățește atât acuratețea absolută a judecăților de evaluare a progresului în învățare, cât și performanța obținută de elevi la examenele finale. Dunlosky și Rawson (2012) au criticat designul acestui studiu, afirmând că intervenția aplicată reprezintă un factor de confuzie (engl., confounder) asociat cu caracteristicile clasei care s-a aflat în grupul de control versus grupul experimental. Ca urmare, este posibil ca rezultatele pozitive obținute în studiul realizat de Nietfeld și colaboratorii (2006) să fie explicate de alte variabile decât cele incluse în studiu. Oricum, aceste rezultate sunt similare cu cele obținute anterior de Hacker, Bol, Horgan, și Rakow (2000), conform cărora combinarea feedback-ului cu practicarea și instruirea furnizată în cadrul cursurilor are efecte benefice asupra acurateții monitorizării și performanței. Mai specific, rezultatele au indicat că acuratețea absolută (calibrarea) a judecăților măsurate atât ca predicții, cât și ca postdicții sporește cu timpul ca urmare a practicării, dar numai în cazul studenților cu performanțe superioare.

În studiul realizat de Koriati (1997), s-a demonstrat că practicarea afectează negativ calibrarea, sporind subestimarea performanței (așa-numitul efect al subestimării ca urmare a practicării; engl., underconfidence-with-practice effect), însă îmbunătățește acuratețea relativă, respectiv judecățile referitoare la care itemi sunt mai bine învățați versus cei care sunt mai puțin bine învățați. Conform acestui autor, îmbunătățirea acurateții relative odată cu practicarea apare pentru că amorsele judecăților de evaluare a progresului în învățare se schimbă de la cele bazate pe factori interni (de ex., caracteristici ale itemilor precum dificultatea percepută a acestora) la cele mnemonice referitoare la studiul anumitor itemi (de ex., fluența procesării). Din contră, în studiul realizat de Maki și Serra (1992) s-a demonstrat că practicarea cu ajutorul testelor are un efect mic asupra acurateții relative și numai în cazul în care întrebările testelor utilizate pentru practicare sunt identice cu întrebările testelor finale.

După cum menționam anterior, unii cercetători au demonstrat că acuratețea absolută a judecăților tinde să fie stabilă în ciuda practicării și furnizării unui feedback. De exemplu, Bol și Hacker (2001) examinând efectul practicării cu ajutorul testelor asupra calibrării și a performanței obținute au indicat că practicarea a rezultat în predicții și postdicții (monitorizare prospectivă și retrospectivă) mai puțin accurate, precum și performanțe mai scăzute la examenul de la mijlocul semestrului. În plus, s-a demonstrat că acuratețea calibrării nu s-a îmbunătățit de la examenul de la mijlocul semestrului până la cel de la finalul semestrului și că studenții cu performanțe superioare au judecăți metacognitive mai accurate decât cei cu performanțe scăzute.

Nietfeld, Cao, și Osborne (2005) au indicat că acuratețea monitorizării (calibrarea) nu s-a îmbunătățit de-a lungul celor patru examene deși studenții au putut revizui rezultatele obținute și evaluările subiective ale judecăților de încredere în răspunsul dat (engl., confidence judgments). Mai mult, judecățile de încredere în răspunsul dat măsurate la nivel global s-au dovedit a fi mai corecte decât cele măsurate la nivel local, însă performanța studenților a fost influențată semnificativ doar de acuratețea judecăților de încredere în răspunsul dat măsurate la nivel local. Concluzia autorilor a fost aceea că susținerea automonitorizării nu este suficientă pentru a se produce o îmbunătățire a acurateții monitorizării, chiar și atunci când se utilizează practicarea.

Pe baza dovezilor empirice trecute în revistă în acest subcapitol, se poate concluziona că îmbunătățirea acurateții monitorizării nu este o sarcină ușoară, fiind necesare intervenții intensive și explicite care ar trebui să includă practicarea și oferirea feedback-ului (vezi Nietfeld et al., 2005).

Capitolul 3

ACURATEȚEA MONITORIZĂRII ÎN MEDIILE EDUCAȚIONALE COMPUTERIZATE

3.1 Îmbunătățirea acurateții monitorizării în mediile educaționale computerizate

Învățarea cu ajutorul unui mediu educațional computerizat complex solicită într-o mai mare măsură capacitatea indivizilor de a-și regla procesul de învățare, aceștia fiind nevoiți să ia decizii despre ce trebuie să învețe, cum să învețe, cât timp să petreacă pentru studierea materialului prezentat, cum și când să acceseze alte materiale instructionale (ex., glosar) și să determine dacă au înțeles sau nu materialul furnizat (Azevedo & Cromley, 2004). Mai specific, indivizii trebuie să analizeze procesul de învățare în care sunt implicați, să stabilească scopuri semnificative pentru propriul proces de învățare, să determine strategiile utile pentru atingerea scopurilor propuse, să evalueze măsura în care strategiile selectate sunt utile în atingerea scopurilor și să evalueze urgența înțelegerii materialului studiat. În plus, indivizii trebuie să posede capacitatea de modificare a scopurilor, strategiilor utilizate și a efortului depus în raport cu schimbarea factorilor contextuali (Pintrich 2000; Winne 2001; Zimmerman 2000, 2001).

Așadar, autoreglarea învățării într-un mediu computerizat complex presupune construirea activă a înțelegerii conceptelor specifice domeniului vizat prin utilizarea unor strategii cognitive, reglarea și monitorizarea anumitor aspecte ale cogniției, comportamentului și motivației, precum și modificarea comportamentului, dacă este necesar, în vederea atingerii scopurilor (Pintrich, 2000). Azevedo și colaboratorii (Azevedo, Moos, Greene, Winters, & Cromley, 2008) au indicat că majoritatea indivizilor întâmpină dificultăți în reglarea propriului proces de învățare în condițiile utilizării unor medii educaționale computerizate complexe ceea ce afectează negativ performanța acestora. Cu alte cuvinte, pentru ca indivizii să poată beneficia de mediile educaționale computerizate furnizate, aceștia trebuie să fie capabili să își monitorizeze propriile procese cognitive și să își regleze/adapteze strategiile și comportamentul de învățare (Azevedo & Witherspoon, 2009). Achiziționarea abilităților de monitorizare și control cognitiv sau metacognitiv reprezintă un proces complex și nu se poate realiza doar printr-o învățare incidentală (Hadwin & Winne, 2001).

Prin urmare, date fiind cercetările care demonstrează că doar o monitorizare corectă a propriei performanțe are efecte benefice asupra efectivității învățării autoreglate (Griffin, Wiley, & Salas, 2013) și că majoritatea indivizilor au abilități scăzute de monitorizare corectă (Graesser

& McNamara, 2010) este necesară implementarea unor prompteri (engl., prompts) sau furnizarea de feedback metacognitiv pentru îmbunătățirea acurateții monitorizării. Aceasta este în mod special important pentru învățarea cu ajutorul mediilor educaționale computerizate, având în vedere utilizarea tot mai frecventă a unor astfel de medii în practica educațională și caracteristicile pe care le au și care pot influența acuratețea monitorizării și învățarea autoreglată în mod diferit față de materialele prezentate în mod tradițional (de Bruin & Van Gog, 2012). Azevedo și Witherspoon (2009) au afirmat că indivizii nu pot utiliza în mod efectiv resursele furnizate de mediile educaționale computerizate dacă nu sunt capabili să își monitorizeze și evalueze corect propria performanță sau să își regleze procesele cognitive/de învățare pentru atingerea scopurilor stabilite. De exemplu, când indivizii au control asupra propriei instruirii, mai exact când pot alege să rezolve ce probleme doresc să rezolve, ei trebuie să fie capabili să aleagă acele probleme care contribuie la sporirea cunoștințelor. În acest scop, indivizii trebuie să fie capabili să estimeze timpul necesar rezolvării unei probleme pentru a aloca un timp suficient procesului de rezolvare astfel încât învățarea să se producă și să decidă când să solicite ajutor pentru a rezolva problemele sau să persiste în a rezolva aceste probleme fără niciun ajutor (Roll, Alevan, & Azevedo et al., 2007).

În plus, există dovezi empirice care evidențiază faptul că abilitățile de învățare autoreglată ale indivizilor (monitorizare și control metacognitiv) sunt rar încurajate de tutorii umani (de ex., profesori) întrucât aceștia au abilități limitate de a detecta deficitele pe care indivizii le au în ceea ce privește acuratețea monitorizării și de a adapta cantitatea de suport/prompting metacognitiv la nevoile individuale ale acestora (Graesser & McNamara, 2010). În acest context, prompterii (sau suportul) metacognitivi implementați în mediile educaționale computerizate pot fi utilizați în mod eficace pentru a îmbunătăți abilitățile autoregatorii ale tuturor indivizilor, dar în special a celor cu abilități scăzute de monitorizare (cu judecăți metacognitive incorecte).

Chiar dacă cercetătorii din domeniul designului instrucțional afirmă că mediile educaționale computerizate contribuie la achiziționarea sau îmbunătățirea abilităților metacognitive ale utilizatorilor, majoritatea acestor medii se focalizează pe sprijinirea sau dezvoltarea unor cunoștințe declarative sau procedurale specifice unor domenii științifice (Gama, 2004). Având în vedere că doar monitorizarea corectă a proceselor cognitive permite o autoreglare efectivă a învățării (Griffin, Wiley, & Salas, 2013), este necesară proiectarea unor medii educaționale care să vizeze dezvoltarea abilităților metacognitive esențiale pentru achiziționarea competențelor de învățare autoreglată (Azevedo, Johnson, Chauncey, & Burkett, 2010), nu doar a celor cognitive (de ex., achiziționarea de cunoștințe procedurale).

După cum menționam anterior, îmbunătățirea acurateții monitorizării și a controlului

abilităților metacognitive în cadrul mediilor educaționale computerizate este un proces complex și provocator, întrucât presupune mai mult decât implementarea unor activități de învățare. Pentru achiziționarea unor abilități de evaluare corectă a propriei competențe (judecări metacognitive corecte), mediile computerizate educaționale trebuie să încorporeze „programe de antrenament” sau training care să sprijine utilizarea de strategii metacognitive adecvate (Gama, 2004). O modalitate de îmbunătățire a abilităților de monitorizare corectă ce s-a dovedit a fi promițătoare constă în utilizarea de **prompteri metacognitivi** (engl., metacognitive prompts). În general prompterii metacognitivi presupun direcționarea atenției indivizilor pe înțelegerea și reflectarea asupra propriilor cogniții/gânduri și a modului de învățare (Bannert & Mengelkamp, 2013).

Conform unor cercetători (ex., Azevedo & Hadwin, 2005; Bannert & Reimann, 2012) prompterii metacognitivi trebuie să solicite indivizilor să reflecteze în mod explicit asupra propriei învățări, să monitorizeze și să își ajusteze propriul proces de învățare. În acest fel, prompterii metacognitivi pot stimula indivizii să își activeze propriul repertoriu de cunoștințe și strategii metacognitive în timpul procesului de învățare, ceea ce contribuie la o înțelegere mai profundă a materialului de studiat (o învățare semnificativă) și ca urmare îmbunătățește performanța obținută. În ciuda acestor beneficii pe care prompterii metacognitivi le au asupra învățării, există puține dovezi empirice care să indice în ce măsură prompterii metacognitivi implementați în mediile educaționale computerizate sporesc învățarea autoreglată prin angajarea indivizilor în comportamente metacognitive (de exemplu, monitorizare corectă a propriei învățări) și dacă într-adevăr implementarea acestora îmbunătățește performanța. În plus, deși există câteva încercări de încorporare a trainingurilor metacognitive în cadrul mediilor educaționale computerizate, majoritatea acestor încercări s-au limitat la utilizarea autochestionării sau a reflectării asupra sarcinilor de învățare ca variantă de training (vezi Gama, 2004). De exemplu, Kramarski și Gutman (2005) au demonstrat că sprijinirea studenților în timpul rezolvării unor probleme de matematică din cadrul mediilor educaționale computerizate cu ajutorul unui training metacognitiv conceptualizat prin autochestionare a sporit utilizarea proceselor autoreglatorii (mai exact, automonitorizarea și utilizarea strategiilor metacognitive) și a îmbunătățit performanța obținută. Rezultatele obținute în acest studiu susțin ideea că autochestionarea este utilă pentru studenți, mai ales pentru cei care nu sunt capabili să activeze în mod spontan anumite strategii cognitive și metacognitive în timpul procesului de învățare. Oricum, autochestionarea ca și modalitate de prompting metacognitiv nu este suficientă pentru a promova conștientizarea de către indivizi a nivelului de cunoștințe pe care îl posedă și, ca urmare, pentru a spori acuratețea monitorizării (vezi Gama, 2004).

Sumarizând, deși există numeroase cercetări consacrate naturii și dezvoltării proceselor

metacognitive în relația cu procesul de învățare autoreglată în general și cu acuratețea monitorizării în particular (Alexander, 2013), foarte puține dintre ele s-au focalizat pe implementarea și investigarea unor intervenții instrucționale care să sporească acuratețea monitorizării și învățarea autoreglată în mediile educaționale computerizate. Ca urmare, o întrebare de cercetare ce trebuie adresată în studii ulterioare, întrucât nu s-a oferit încă un răspuns “concret” se referă la tipul de intervenții instrucționale care trebuie implementate în cadrul mediilor computerizate pentru a clarifica o serie de aspecte conceptuale precum *ce anume*, *când* și *cum pot* fi modelate procesele metacognitive în astfel de medii (cf., Azevedo et al., 2010).

3.2 Acuratețea monitorizării în rezolvarea de probleme din mediile educaționale computerizate

În procesul de rezolvare a problemelor, pe lângă procesarea trăsăturilor specifice acestor probleme (de exemplu, cât de dificilă sau ușoară este o problemă comparativ cu alta), indivizii fac o serie de evaluări despre ei înșiși în raport cu solicitările pe care procesarea problemelor o impune asupra sistemului cognitiv al acestora (de ex., cât timp și cât efort este necesar pentru rezolvarea problemelor; vezi Efklides, 2001, 2006). Efklides (2001) consideră aceste judecăți ca fiind experiențe metacognitive întrucât reflectă conștientizarea de către indivizi a cunoștințelor specifice problemelor (dificultatea acestora), precum și răspunsurile la cerințele de procesare a problemelor (de ex., judecăți de evaluarea a gradului de înțelegere, judecăți privind dificultatea problemelor, estimări ale efortului mental investit, judecăți de încredere în răspunsul dat). Aceste judecăți metacognitive sunt utilizate pentru a informa procesele de control (reglarea procesului de învățare), respectiv reglarea efortului investit penru rezolvarea problemelor, alocarea unui timp de studiu corespunzător și adaptarea strategiilor de învățare (vezi Alexander, 2013). De exemplu, indivizii pot decide să nu mai investească efort sau să nu mai aloce timp pentru rezolvarea unor probleme, întrucât consideră că le-au înțeles (iluzia înțelegerii; engl., *illusions of understanding*) sau le consideră că fiind foarte ușoare (cf., iluzia dificultății, vezi Efklides, 2006). După cum am precizat și anterior, cercetarea consacrată relației dintre acuratețea judecăților metacognitive și performanța obținută în rezolvarea problemelor a demonstrat că supraestimarea performanței cauzează terminarea prematură a procesului de rezolvare cu efecte negative asupra performanței (vezi Dunlosky & Rawson, 2012). Unele studii au indicat că sporirea acurateții judecăților metacognitive contribuie la îmbunătățirea performanței prin alocarea unui timp mai îndelungat studiului (Dunlosky & Rawson, 2012; Kornell & Metcalfe, 2006; Thiede, Anderson, & Theriault, 2003). În plus, s-a demonstrat că indivizii care beneficiază de suport sau training au judecăți metacognitive mai corecte decât cei care nu beneficiază de un astfel de suport (de ex.,

Nietfeld et al., 2006). Tipul de suport instrucțional oferit a fost conceptualizat în moduri diferite în literatura de specialitate, fie ca exemple rezolvate și probleme incomplete (Van Merriënboer & Paas, 1989; Van Merriënboer, Kirschner, & Kester, 2003; Renkl, 1997; Renkl & Atkinson, 2003), fie ca prompteri conceptuali, procedurali sau metacognitivi (Azevedo & Hadwin, 2005; Bannert & Reimann, 2012). În lucrarea de față, focalizarea va fi pe primul tip de suport instrucțional, respectiv exemple rezolvate și probleme incomplete în comparație cu rezolvarea unor probleme tradiționale. Majoritatea studiilor care au examinat efectele exemplilor rezolvate și a problemelor incomplete s-au focalizat pe relația dintre natura autoexplicațiilor (de ex., autoexplicarea pașilor rezolvați sau anticiparea soluțiilor chiar și în cazul furnizării pașilor necesari aflării soluției finale; pentru mai multe detalii despre efectul autoexplicațiilor, vezi Chi, 2000) și performanța obținută (Wittwer & Renkl, 2010). Trebuie menționat că autoexplicațiile reprezintă o fațetă distinctă a metacogniției care nu este relaționată cu judecățile metacognitive (Efklides, 2006). Un singur studiu din literatura parcursă de noi, mai exact studiul realizat de Baars, Visser, Van Gog, de Bruin și Paas (2013), a investigat efectul pe care exemplele incomplet rezolvate îl are asupra acurateții judecăților metacognitive și a performanței obținută la testul de evaluare. Înainte de a prezenta rezultatele obținute în acest studiu, vom descrie în detaliu fiecare tip de suport instrucțional.

3.2.1 Exemplele rezolvate, exemplele incomplet rezolvate și problemele incomplete

Un rol important în achiziționarea de cunoștințe cu ajutorul mediilor educaționale computerizate în domenii precum matematică sau științe îl are formarea schemelor cognitive referitoare la procesul de rezolvare (mai exact, reprezentări ale diferitelor categorii de probleme împreună cu procedurile de rezolvare corespunzătoare, VanLehn, 1989; vezi și Sweller, Van Merriënboer, & Paas, 1998). Achiziționarea unor astfel de scheme este facilitată de utilizarea exemplilor rezolvate, mai ales în stadiul inițial de achiziție a abilităților de rezolvare a problemelor, deci când indivizii sunt începători sau novici (Van Gog, Kester, & Paas, 2011). În achiziționarea unor cunoștințe în procesul de rezolvare, o strategie efektivă este aceea a unui continuum al suportului instrucțional ce variază de la exemple rezolvate la probleme convenționale, incluzând ca și tipuri intermediare de suport exemplele incomplet rezolvate și problemele incomplete.

Exemplele rezolvate (engl., worked-out examples) prezintă indivizilor datele problemei, cerințele problemei și etapele necesare pentru aflarea soluției finale. Spre deosebire de problemele convenționale (probleme tradiționale care nu prezintă pașii/etapele necesari aflării soluției finale), studierea exemplilor rezolvate orientează atenția indivizilor pe datele problemei

și pe pașii parcurși pentru aflarea soluției finale ceea ce le permite să găsească soluții cu un nivel ridicat de generalitate și să achiziționeze noi scheme cognitive (Van Merriënboer et al., 2006). După cum menționam anterior, studierea exemplelor rezolvate este mai eficace decât rezolvarea problemelor convenționale, mai ales în stadiul inițial de achiziție a abilităților de rezolvare a problemelor (Sweller, Van Merriënboer, & Paas, 1998). Explicația constă în faptul că rezolvarea unei probleme în mod tradițional necesită căutarea soluțiilor prin analiza mijloace-scopuri ceea ce încarcă memoria de lucru a indivizilor, în timp ce studierea unui exemplu rezolvat reduce încărcarea memoriei de lucru, deoarece căutarea soluțiilor este limitată. În acest ultim caz, după cum am mai precizat, atenția indivizilor (a resurselor cognitive) este direcționată pe relațiile existente între etapele necesare aflării soluției finale ceea ce contribuie la achiziționarea schemelor referitoare la modul de rezolvare a problemelor (Sweller et al., 1998). Așadar, *efectul exemplelor rezolvate* (Cooper & Sweller, 1987) este explicat prin faptul că studierea exemplelor rezolvate elimină analiza mijloace-scopuri și nu impune o încărcare cognitivă asupra memoriei de lucru a indivizilor la fel de mare ca și în cazul rezolvării problemelor convenționale.

Încărcarea cognitivă se referă la resursele mentale (sau ale memoriei de lucru) investite de indivizi pentru a rezolva o problemă (Sweller & Chandler, 1994) și este conceptualizată prin două dimensiuni: *dificultatea percepută a sarcinilor* și *efortul mental investit* (Paas, Tuovinen, Tabbers, & Van Gerven, 2003; Paas & Van Merriënboer, 1994). Dificultatea percepută a sarcinilor reflectă cerințele sarcinilor, mai exact interactivitatea unităților informaționale sau a elementelor ca indicator al complexității sarcinilor (Van Gog & Paas, 2008, vezi și Kalyuga, Chandler, & Sweller, 1999). Când rezolvă o problemă/sarcină, indivizii evaluează cerințele acesteia (de ex., efortul necesar pentru a rezolva problema) și, în consecință, investesc un anumit efort mental. Ca urmare, efortul mental investit poate fi considerat o funcție a dificultății percepute a sarcinilor și vizează resursele cognitive de care dispun indivizii în mod real și pe care aceștia le implică în rezolvarea problemelor (Paas et al., 2003). S-a demonstrat că efortul mental investit este influențat într-o mare măsură de dificultatea percepută a sarcinilor (Efklides, 2006), mai exact o dificultate sporită a sarcinilor rezidă într-o investiție mai mare a efortului mental (Tuovinen, Plass, & Leutner, 2003). Trebuie menționat însă că nu întotdeauna există o relație pozitivă între dificultatea percepută a sarcinilor și efortul mental investit, întrucât indivizii pot decide să investească puțin efort mental în rezolvarea sarcinilor chiar dacă le percep ca fiind dificile (cf., Van Gog & Paas, 2008). Lipsa unei corelații pozitive între cele două constructe apare mai frecvent la niveluri superioare de dificultate a sarcinilor. Mai exact, când indivizii percep sarcinile ca fiind extrem de dificile atunci nu au încredere în abilitatea lor de a rezolva aceste sarcini și, ca urmare, nu sunt motivați să investească efort mental în procesul de rezolvare

(Bandura, 1989; Paas, Tuovinen, Van Merriënboer, & Darabi, 2005; Pintrich & Schrauben, 1992).

Revenind la efectul exemplelor rezolvate trebuie menționat că studierea exemplelor rezolvate orientează atenția indivizilor pe informațiile relevante pentru construirea schemelor cognitive referitoare la rezolvarea problemelor, mai specific pe trăsăturile structurale ale problemelor care sunt definitorii pentru identificarea categoriei din care fac parte aceste probleme, precum și pe explicarea procedurilor de aflare a soluțiilor specifice unei categorii de probleme (Sweller et al., 1998).

Unul dintre dezavantajele majore ale exemplelor rezolvate este acela că nu îi “obligă” pe utilizatori să le studieze cu atenție, motiv pentru care adesea designerii instrucționali apelează la o combinație a acestora cu problemele convenționale (Sweller et al., 1989). Studiile au indicat că experții (indivizii cu o bază superioară de cunoștințe) procesează și chiar “interpretează” exemplele rezolvate, în timp ce novicii (indivizii cu o bază scăzută de cunoștințe) studiază cu atenție exemplele rezolvate doar atunci când nu știu rezolva problemele convenționale (Chi, Bassok, Lewis, Reimann, & Glaser, 1989; Lefevre & Dixon, 1986). „Punctul de pornire” al acestor cercetări a fost reprezentat de concluziile referitoare la faptul că simpla expunere a utilizatorilor la exemple rezolvate nu produce automat înțelegere sau învățare semnificativă, întrucât majoritatea utilizatorilor nu utilizează în mod eficace resursele cognitive „eliberate” ca urmare a studierii unor exemple rezolvate și nici nu generează autoexplicații productive în acest caz (vezi Renkl, 1997).

Autoexplicațiile nu sunt altceva decât afirmații sau elaborări referitoare la procesele de monitorizare și la strategiile cognitive utilizate pentru rafinarea comprehensiunii materialului instrucțional (Chi, Bassok, Lewis, Reimann, & Glaser, 1989; Pirolli & Recker, 1994; Renkl, 1997). Studiul realizat de Chi și colaboratorii (1989) a indicat că autoexplicarea este o metodă eficace ce contribuie la îmbunătățirea abilității indivizilor de a rezolva probleme (probleme de fizică). Conform acestor autori, generarea spontană a explicațiilor în timpul studierii unor exemple rezolvate susține achiziția abilităților de rezolvare a problemelor chiar dacă nu presupune nici codarea directă a materialului instrucțional, nici dezvoltarea progresivă a abilităților anterior formate. Asumția de bază în studiul lui Chi et al. (1989) a fost aceea că indivizii eșuează adesea în înțelegerea soluțiilor oferite de exemplele rezolvate (chiar dacă multe studii au demonstrat eficacitatea exemplelor rezolvate), deoarece acestea nu oferă de cele mai multe ori specificații clare referitoare la motivul pentru care este efectuat fiecare pas necesar aflării soluției finale sau la consecințele pe care le are fiecare pas rezolvat. Ca urmare, pentru ca indivizii să înțeleagă soluțiile oferite de exemplele rezolvate, trebuie să genereze propriile explicații privind condițiile și consecințele rezolvării fiecărui pas necesar aflării soluției finale.

Rezultatele studiului, ce confirmă ipoteza unui *efect al autoexplicațiilor*, au indicat că indivizii cu succes în rezolvarea problemelor (au rezolvat corect 82% dintre problemele posttestului) sunt de fapt cei care au generat în mod spontan un număr mai mare de autoexplicații în timpul studierii exemplelor rezolvate (15.3 explicații per exemplu), în timp ce indivizii cu un succes mai scăzut în rezolvarea problemelor (au răspuns corect în medie la 46% dintre întrebările posttestului) sunt cei care au generat mai puține explicații (doar 2.8 explicații per exemplu).

Inițial, Chi și colaboratorii (1989) au postulat că efectul autoexplicațiilor presupune preponderent generare de inferențe de către indivizi. Mai specific, prin autoexplicare, indivizii nu fac altceva decât să infereze informații care nu sunt prezentate explicit în textul problemei sau în pașii necesari aflării soluției (vezi și Chi, 1997). Ulterior însă, datorită unor inconsistențe între perspectiva propusă de acești autori și datele obținute în literatura consacrată efectului autoexplicațiilor, Chi (2000) a revizuit asumptiile inițiale sugerând că efectul autoexplicării este un proces dual care implică atât generarea de inferențe, cât și remediarea/îmbunătățirea modelelor mentale ale indivizilor. În ceea ce privește remediarea/îmbunătățirea modelelor mentale, asumptia de bază este aceea că indivizii se implică în procesul de autoexplicare doar dacă percep o divergență între propriile reprezentări mentale și modelele ce rezidă din textul problemei sau din pașii necesari aflării soluției. Conform lui Chi (2000), această nouă perspectivă extinde asumptia generării de inferențe cu observația că fiecare individ posedă un model mental naiv care e unic din mai multe perspective și, în consecință, fiecare individ își construiește propriile explicații în concordanță cu acest model mental (vezi Atkinson, Renkl, & Merrill, 2003).

Pe lângă faptul că au replicat rezultatele obținute de Chi et al. (1989) în cazul altui domeniu (programare), Pirolli și Recker (1994) au realizat o analiză mai detaliată a diferențelor individuale ce pot apărea la nivelul generării de autoexplicații și care depășesc simpla distincție indivizi „buni” (cu performanțe superioare) – indivizi „slabi” (cu performanțe scăzute). Analiza realizată a relevat faptul că relația dintre generarea de autoexplicații și învățare este mult mai subtilă decât s-ar crede la prima vedere. Asumptia de la care au pornit autorii în studiul lor a fost aceea că prezența (absența) unei corelații între autoexplicațiile generate și performanța în învățare poate fi un indicator al (a) capacității indivizilor de a genera autoexplicații sau a bazei lor de cunoștințe anterioare, (b) dorinței lor de a genera autoexplicații, (c) respectării instrucțiunilor de a gândi/explica cu voce tare; (d) abilității de a verbaliza autoexplicațiile (mai exact, a abilității de codare și recodare a explicațiilor). Rezultatele experimentale au confirmat ipoteza că indivizii capabili să verbalizeze autoexplicațiile generate obțin rezultate mai bune în învățare. Totodată, s-a constatat că abilitatea indivizilor de a verbaliza explicațiile generate sau nivelul de înțelegere s-a manifestat și pentru alte materiale instrucționale în afara acelor în care

indivizii erau „obligati” să explice cu voce tare, mai exact în cazul exemplelor rezolvate studiate. Mai mult, s-a observat că există mai multe modalități în care indivizii pot aborda sarcinile de învățare nu doar prin generarea de autoexplicații. O altă modalitate constă în reflectarea asupra soluțiilor oferite de probleme ceea ce contribuie la sporirea cunoștințelor declarative ale subiecților și la achiziționarea abilităților specifice domeniului respectiv. Per ansamblu, datele experimentale oferite de Pirolli și Recker (1994) argumentează că indivizii trebuie să genereze explicații adecvate pentru ca învățarea să fie eficace, dar nu toți indivizii posedă abilitățile necesare pentru a elabora explicații suficient de precise.

Tot în aceeași direcție se înscriu și rezultatele obținute de Renkl (1997), care a constatat că nu toți indivizii cu succes generează autoexplicații corelate pozitiv cu performanța în învățare. Astfel, au fost identificate, cu ajutorul analizei de clusteri, două tipuri de indivizi cu succes în învățare: (a) indivizii ale căror autoexplicații sunt focalizate pe principiile specifice domeniului studiat și pe combinarea scop-operatori; (b) indivizii ce realizează raționamente anticipative, mai exact anticipează pașii necesari aflării soluției finale. Indivizii din ultima categorie tind să își fundamenteze autoexplicațiile pe anticiparea pasului următor din succesiunea de pași necesari aflării soluției finale și pe determinarea suprapunerii dintre pasul prezis de ei și pasul furnizat de program. De fapt, acești indivizi sunt cei care posedă o bază sporită de cunoștințe anterioare ce poate fi folosită în procesul de învățare. Pe de altă parte, indivizii care își bazează explicațiile pe principiile specifice domeniului tind să rezolve cerințele problemelor prin articularea scopului urmărit și aplicarea operatorilor, în timp ce elaborează/reflectează asupra principiilor vizate de exemplele rezolvate. Spre deosebire de cei care fac raționamente anticipative, indivizii care își bazează explicațiile pe principiile specifice domeniului posedă puține cunoștințe anterioare. Cu alte cuvinte, rezultatele obținute de Renkl (1997) sugerează că pentru indivizii cu puține cunoștințe anterioare este funcțională generarea de explicații bazate pe principiile specifice domeniului, în timp ce pentru indivizii cu o bază sporită de cunoștințe anterioare este utilă încurajarea/stimularea raționamentelor anticipative.

Pe lângă cele două categorii de indivizi cu succes în procesul de învățare, autorul a identificat și două categorii de indivizi care nu au succes în învățare, respectiv indivizii pasivi și cei superficiali în ceea ce privește explicațiile oferite. În cazul acestor indivizi, performanțele scăzute obținute sunt rezultatul nivelului de implicare redus în activități de autoexplicare, respectiv a timpului insuficient petrecut în examinarea exemplelor rezolvate (la cei superficiali). S-a constatat că indivizii superficiali se caracterizează printr-o capacitate scăzută de conștientizare a dificultăților întâmpinate în învățare și a problemelor de comprehensiune, sub acest aspect asemănându-se cu indivizii fără succes în învățare descriși de Chi și colaboratorii (1989).

O constatare importantă a studiului lui Renkl (1997) a fost aceea că majoritatea indivizilor fac parte din categoria celor cu puțin succes în învățare, respectiv a celor care generează puține autoexplicații. Dată fiind această stare de fapt, în opinia autorului se impune găsirea și utilizarea unor metode instrucționale care să sporească activitățile de autoexplicare și implicit performanța în învățare a indivizilor.

Pentru a rezolva această „problemă” (autoexplicațiile sunt arareori generate în mod spontan de indivizi), unii cercetători au propus includerea în mediile educaționale computerizate a unor strategii de susținere sau stimulare a elaborărilor cognitive și autoexplicațiilor. De exemplu, Van Merriënboer și Krammer (1990) au propus fie prezentarea unor **exemple incomplet rezolvate** (exemple lacunare care să nu prezinte soluția finală; vezi și Renkl & Atkinson, 2003), fie utilizarea unor **probleme incomplete** (engl., completion problems).

Stark (1999; apud Renkl, 2002) a investigat măsura în care inserarea unor *spații „lacunare/libere”* în cadrul exemplelor rezolvate (exemple incomplet rezolvate) îi determină pe indivizi să anticipeze următorul pas necesar aflării soluției și îmbunătățește astfel performanța în învățare. Asumția de bază a fost aceea că prin inserarea unor spații „lacunare/libere”, indivizii sunt stimulați să proceseze exemplele rezolvate în mod activ. În plus, prin „forțarea” indivizilor de a anticipa pașii următori, învățarea cu ajutorul exemplelor rezolvate dobândește caracterul activ, specific rezolvării independente a problemelor ceea ce facilitează achiziționarea unor cunoștințe metacognitive referitoare la abilitatea lor de a rezolva probleme. Achiziționarea acestor cunoștințe metacognitive ar trebui să reducă semnificativ frecvent întâlnita „iluzie a înțelegerii” ce apare în cazul studierii exemplelor rezolvate și care se concretizează prin neaprofundarea acestora, absolut esențială pentru îmbunătățirea performanței în învățare (vezi și Chi et al., 1989; Pirolli & Recker, 1994). Totodată, prin inserarea spațiilor „lacunare/libere” în exemplele rezolvate, indivizii sunt pregătiți să facă ceea ce se așteaptă de fapt de la ei: să rezolve probleme (să genereze singuri pașii necesari aflării soluției). Rezultatele obținute au indicat că utilizarea exemplelor incomplete sporește performanța în cazul rezolvării unor probleme ce prezintă aceeași structură, dar trăsături de suprafață diferite (test de transfer proximal) și a unor probleme cu trăsături structurale diferite, dar trăsături de suprafață similare (test de transfer mediu). Mai mult, exemplele incomplete au contribuit la sporirea performanței în sarcinile de compunere în care indivizilor li s-a cerut să compună o problemă cu o anumită structură (anumite trăsături structurale) și la problemele de transfer distal (cu trăsături de suprafață și structurale diferite), dar această creștere a performanței nu a fost statistic semnificativă. Interacțiunea aptitudini-intervenții instrucționale nu a fost semnificativă în acest studiu, ceea ce înseamnă că, spre deosebire de rezultatele experimentului realizat de Renkl et al. (1998), efectele exemplelor incomplete s-au manifestat independent de prerechizitele cognitive ale utilizatorilor.

Analiza protocoalelor cu autoexplicațiile generate de indivizii cuprinși în studiul lui Stark (1999; apud Renkl, 2002) a indicat că exemplele incomplete sporesc semnificativ calitatea autoexplicațiilor. În ciuda acestui fapt, autoexplicațiile generate de indivizii care au studiat exemple incomplete nu au fost nici pe departe optime. Acest rezultat a fost explicat, în mod similar studiilor anterior descrise, prin apariția unor probleme de comprehensiune ce nu au putut fi depășite de indivizi și care au determinat generarea de autoexplicații incorecte. Ca urmare, autorul a concluzionat că prezentarea unor exemple incomplete nu este suficientă pentru ca subiecții să genereze autoexplicații de calitate, fiind necesară și utilizarea altor metode de îmbunătățire a calității și corectitudinii autoexplicațiilor. De exemplu, Renkl (1999) a afirmat că pentru a îmbunătăți învățarea cu ajutorul exemplelor incomplete se impune utilizarea unor metode eficiente ce presupun combinarea autoexplicațiilor furnizate de subiecți cu explicațiile oferite de tutori sau diverși agenți, respectiv așa-numitele *explicații instrucționale*. Oricum, nu există suficiente dovezi empirice referitoare la efectul exemplelor incomplet rezolvate asupra numărului și calității autoexplicațiilor, și foarte puține studii (Baars et al., 2013) privind efectul acestui tip de suport instrucțional asupra judecăților metacognitive și acurateții acestora.

În studiul realizat de Baars și colaboratorii (2013), a fost investigat în ce măsură completarea unor spații lacunare în cadrul exemplelor rezolvate (exemplu incomplet rezolvat) contribuie la sporirea acurateții *judecăților de evaluare a progresului în învățare* (JOL) comparativ cu studierea unor exemple rezolvate de către elevi cu vârsta de 14-15 ani. Rezultatele obținute au indicat că exemplele incomplet rezolvate rezidă în subestimarea performanței ulterioare de către elevi, semnificativ mai mult decât exemplele complet rezolvate. Cu alte cuvinte, completarea unor spații lacunare în cadrul exemplelor rezolvate diminuează încrederea elevilor în performanța obținută la un test ulterior comparativ cu studierea exemplelor rezolvate, în ciuda faptului că performanța reală obținută la test nu a diferit semnificativ între cele două condiții experimentale. Explicația oferită de autori privind subestimarea performanței în cazul exemplelor incomplet rezolvate a fost aceea că elevii care au completat spațiile lacunare ale exemplelor rezolvate și-au bazat, cel mai probabil, judecățile metacognitive pe *sentimentul disfluenței* (engl., disfluency) sau *al eșecului* (engl., feelings of failure) în rezolvarea pașilor necesari aflării soluției finale, mai degrabă decât pe sentimentul că au învățat ceva per ansamblu din exemplul prezentat. Oricum, lipsa supraestimării performanței de către elevi (care s-a dovedit în studiile anterioare a fi problematică pentru reglarea procesului de învățare) nu s-a concretizat într-o mai bună reglare a învățării în acest studiu.

Spre deosebire de exemplele incomplet rezolvate, *problemele incomplete* prezintă indivizilor starea inițială, starea finală a problemelor și o soluție parțială ce urmează a fi completată (Sweller et al., 1998). Cu alte cuvinte, problemele incomplete furnizează utilizatorilor

doar o soluție parțială care urmează a fi completată de aceștia (mai specific, sunt furnizați doar câțiva pași necesari pentru aflarea soluției finale, iar restul pașilor trebuie completați de utilizatori). Și în acest caz, suportul oferit îi ajută pe utilizatori să își focalizeze atenția pe pașii relevanți în aflarea soluției, ceea ce ușurează procesul de completare a celorlalți pași.

Problemele incomplete fac legătura între exemplele incomplet rezolvate și problemele convenționale (rezolvate prin analiza mijloace-scopuri) în continuumul suportului instrucțional, beneficiind de punctele tari ale ambelor strategii instrucționale. Mai exact, la fel ca și exemplele incomplet rezolvate, problemele incomplete contribuie la descreșterea încărcării cognitive, doar că în plus îi determină pe indivizi să studieze cu atenție pașii furnizați (sau soluția parțial oferită), pentru a putea afla soluția finală. Altfel spus, atenția utilizatorilor este focalizată pe procese esențiale pentru învățare, sporind astfel încărcarea cognitivă relevantă și îmbunătățind abilitățile de rezolvare a problemelor și performanța la testele de transfer (Renkel & Atkinson, 2003; Van Merriënboer, Schuurman, de Croock, & Paas, 2002). *Efectul problemelor incomplete* se referă la faptul că, spre deosebire de problemele convenționale, problemele incomplete contribuie la descreșterea încărcării cognitive, facilitează construirea schemelor cognitive și susțin obținerea unei performanțe sporite la testele de transfer (Sweller et al., 1998).

Mai multe studii au indicat că problemele incomplete sunt mai eficace atât comparativ cu exemplele complet rezolvate, cât și comparativ cu problemele convenționale în facilitarea transferului cunoștințelor în situații similare sau diferite de învățare (Renkl, 2002; Stark, 1999; Van Merriënboer & de Croock, 1992; Renkl & Atkinson, 2003). În plus, s-a afirmat, însă fără o dovadă empirică, faptul că problemele incomplete la fel ca și exemplele incomplet rezolvate reduc așa-numita iluzie a înțelegerii, întrucât indivizii trebuie să rezolve singuri anumiți pași necesari aflării soluției finale ceea ce contribuie la o procesare de profunzime a problemelor. Scopul lucrării de față este de a furniza dovezi empirice pentru această asumție.

În ceea ce privește *problemele convenționale*, se furnizează utilizatorilor doar datele și cerința problemei, aceștia urmând să completeze singuri toți pașii necesari aflării soluției. Când utilizatorii sunt capabili să realizeze sarcini convenționale în mod independent, la standardele prespecificate, pot trece la următoarea clasă de sarcini care are un nivel sporit de dificultate (Van Merriënboer et al., 2006). În cazul indivizilor cu un nivel sporit de expertiză, problemele convenționale facilitează generarea de soluții creative, întrucât aceștia posedă cunoștințele necesare pentru abordarea problemelor lipsite de suport instrucțional. În cazul utilizatorilor novici însă, lipsa cunoștințelor relevante și necesitatea aplicării unor strategii solicitante din punct de vedere cognitiv pentru a rezolva probleme convenționale sporesc încărcarea cognitivă și împiedică învățarea. Pentru prevenirea încărcării cognitive se impune trecerea graduală de la exemple rezolvate la probleme incomplete și, în final, la probleme convenționale odată cu

creșterea nivelului de expertiză al utilizatorilor (Van Merriënboer, 1997). Această strategie este cunoscută sub numele de *strategia de completare a problemelor* (Van Merriënboer, 1997; vezi și Van Merriënboer & de Croock, 1992). Mai multe studii au indicat efectele pozitive pe care această strategie, numită *strategia de completare a problemelor*, le are asupra învățării (Renkl & Atkinson, 2003; Van Merriënboer & de Croock, 1992).

Sumarizând, în ciuda faptului că beneficiile *exemplilor rezolvate* utilizate ca și suport instrucțional în procesul de rezolvare a problemelor au fost indicate de numeroase studii (de ex., Atkinson, Derry, Renkl, & Wortham, 2000; Renkl & Atkinson, 2003), s-au relevat și unele dezavantaje ale acestora, unul dintre ele fiind acela că exemplele rezolvate rezidă în supraestimarea performanței (Baars et al., 2013). În mod specific, studiul realizat de Baars și colaboratorii (2013) a demonstrat că exemplele rezolvate induc *iluzia înțelegerii* (engl., *illusions of understanding*) cu efecte negative asupra reglării procesului de învățare. Întrucât *iluzia înțelegerii* poate apărea ca un rezultat al judecăților incorecte sau inacurate referitoare la fluența procesării cognitive a sarcinilor (de ex., un sentiment al dificultății, engl. *feelings of difficulty*; Efklides, 2006), o întrebare importantă este *în ce măsură și cum anume* poate fi îmbunătățită acuratețea acestor judecăți.

Scopul lucrării de față a fost acela de a investiga dacă *exemplele incomplet rezolvate* (în care sunt furnizați aproape toți pașii necesari pentru aflarea soluției finale, excepție făcând soluția finală în sine) și *problemele incomplete* (în care sunt furnizați doar câțiva pași necesari pentru aflarea soluției finale, iar restul pașilor trebuie completați de utilizatori) reprezintă o modalitate promițătoare de a diminua *iluzia înțelegerii* cauzată de studierea unor exemple complet rezolvate. Mai specific, focalizarea principală a lucrării de față a fost pe examinarea efectelor pe care exemplele incomplet rezolvate și problemele incomplete le au asupra judecăților de estimare a dificultății sarcinilor (dificultatea percepută a sarcinilor) și a celor de estimare a efortului mental investit, precum și asupra performanței obținută într-un mediu educațional computerizat comparativ cu rezolvarea unor probleme convenționale, proces care poate fi acompaniat de erori sistematice de supra-sau subestimare a performanței (vezi detalii în Capitolul 4.1).

De asemenea, în lucrarea de față s-a întreprins o analiză „de finețe” a modului în care indivizii procesează perceptual problemele de genetică prezentate spre rezolvare în mediul educațional computerizat. Mai exact, al doilea studiu al lucrării de față a vizat investigarea diferențelor dintre cele trei tipuri de suport instrucțional (exemple incomplet rezolvate, probleme incomplete versus probleme convenționale) în ceea ce privește alocarea resursele atenționale în timpul procesării problemelor prezentate spre rezolvare. În acest sens, s-a recurs la înregistrarea mișcărilor oculare ale studenților cu ajutorul tehnologiei *eye tracking* (vezi detalii în Capitolul 4.2). Combinarea datelor obținute cu ajutorul tehnologiei *eye tracking* cu performanța obținută de

studenți în rezolvarea problemelor oferă o perspectivă comprehensivă asupra proceselor cognitive care stau la baza învățării, mai exact a rezolvării de probleme (cf., Van Gog, Paas, & Van Merriënboer, 2005).

EFECTELE TIPULUI DE SUPORT INSTRUȚIONAL ASUPRA ACURATEȚII JUDECĂȚILOR METACOGNITIVE, PATERNURILOR DE PROCESARE VIZUALĂ ȘI PERFORMANȚEI

4.1 Studiul 1: Impactul diferențial al suportului instrucțional asupra acurateții judecăților metacognitive și a performanței obținută într-un mediu educațional computerizat

4.1.1 Scop și ipoteze

Scopul studiului de față a fost acela de a investiga efectele pe care *exemplele incomplet rezolvate* (în care sunt furnizați aproape toți pașii necesari pentru aflarea soluției finale, excepție făcând soluția finală în sine) și *problemele incomplete* (în care sunt furnizați doar câțiva pași necesari pentru aflarea soluției finale, iar restul pașilor trebuie completați de utilizatori) le au asupra judecăților metacognitive ce denotă estimări ale dificultății sarcinilor (mai exact, dificultatea percepută a sarcinilor) și estimări ale efortului mental investit, asupra acurateții acestor judecăți metacognitive, precum și asupra performanței obținută comparativ cu rezolvarea unor probleme convenționale într-un mediu educațional computerizat. În plus, în acest studiu a fost investigat în ce măsură impactul celor trei tipuri de suport instrucțional asupra judecăților metacognitive și performanței obținută de studenți este moderată de baza lor de cunoștințe anterioare.

În ceea ce privește tipul de suport instrucțional, prezicem că toate cele trei tipuri de suport instrucțional vor contribui la creșterea performanței de la pretest la posttest (câștiguri cognitive), precum și la diminuarea încărcării cognitive (de ex., investirea unui efort mental mai scăzut) între cele două teste. Mai mult, ne așteptăm ca exemplele incomplet rezolvate și problemele incomplete să contribuie la reducerea încărcării cognitive experimentată de studenți în timpul fazei de învățare (faza de training), fapt relevat de estimări scăzute privind dificultatea sarcinilor și efortul mental investit. Ca urmare a unei încărcări cognitive reduse în cele două condiții menționate anterior, este de așteptat ca studenții să obțină o performanță sporită în faza de testare comparativ cu situația în care trebuie să rezolve probleme convenționale, mai ales în cazul în care studenții posedă un nivel sporit de cunoștințe anterioare (vezi mai jos).

Pe lângă ipoteza referitoare la efectele diferitelor tipuri de suport instrucțional asupra încărcării cognitive, respectiv asupra dificultății percepute a sarcinilor și efortului mental investit, o altă ipoteză vizează supra- și subestimarea performanței obținută în training (mai exact,

diferența dintre judecățile metacognitive și performanța obținută în training). Ne așteptăm ca exemplele incomplet rezolvate să fie percepute ca fiind mai ușoare și necesitând investirea unui efort mental mai scăzut decât problemele incomplete și cele convenționale. Este însă posibil ca estimările studenților privind dificultatea sarcinilor și efortul mental necesar să nu reflecte dificultatea „reală” a exemplelor incomplet rezolvate, întrucât conceptele care trebuie înțelese în acest caz sunt similare cu cele din cadrul problemelor incomplete și a celor convenționale. Cu alte cuvinte, exemplele incomplet rezolvate pot fi percepute de studenți ca fiind mai ușoare decât celelalte tipuri de suport instrucțional, însă este posibil ca în realitate ele să nu difere semnificativ din perspectiva nivelului de dificultate. Pentru înțelegerea mai clară a celor afirmate mai sus, se impune oferirea unui exemplu: în cazul studierii exemplelor incomplet rezolvate studenții „explorează” fiecare pas necesar aflării soluției finale concomitent cu estimarea pasului respectiv ca fiind ușor (întrucât majoritatea pașilor sunt completați de computer) și a faptului că pot înțelege acest pas fără a investi prea mult efort mental. Ca urmare, în momentul completării soluției finale (ultimului pas care nu este completat de computer) studenții sunt încrezători în răspunsul oferit, întrucât sunt convinși că au înțeles pașii anteriori. În realitate, este posibil ca studenții să nu fi înțeles complet sau corect pașii anteriori soluției finale și, în consecință, pot selecta un răspuns greșit. Cu alte cuvinte, exemplele incomplet rezolvate utilizate în acest studiu pot determina o supraestimare a performanței, respectiv o iluzie a înțelegerii.

În ceea ce privește efectul moderator al bazei de cunoștințe anterioare, este foarte probabil ca studenții cu un nivel sporit de cunoștințe anterioare să beneficieze mai puțin de pe urma studierii exemplelor incomplet rezolvate în comparație cu rezolvarea problemelor convenționale. Din contră, ne așteptăm ca studenții cu o bază scăzută de cunoștințe anterioare să beneficieze mai mult de pe urma studierii exemplelor incomplet rezolvate comparativ cu problemele convenționale, întrucât primul tip de suport instrucțional este probabil să fie perceput ca fiind mai ușor și necesitând investirea unui efort mental mai scăzut. În cazul în care un *efect inversat al expertizei* (Kalyuga, Ayers, Chandler, & Sweller, 2003) ar apărea, atunci studenții cu un nivel sporit de cunoștințe anterioare ar beneficia mai mult de pe urma rezolvării problemelor convenționale decât de pe urma studierii exemplelor incomplet rezolvate, în timp ce pentru studenții cu un nivel scăzut de cunoștințe anterioare reversul ar fi valabil. În situația în care un efect inversat al expertizei nu s-ar aplica în acest studiu, atunci studenții cu un nivel sporit de cunoștințe anterioare ar beneficia mai mult de pe urma studierii exemplelor incomplet rezolvate decât de pe urma rezolvării problemelor convenționale.

De asemenea, prezicem că studenții cu un nivel sporit de cunoștințe anterioare vor face judecăți de estimare a dificultății sarcinilor și a efortului mental investit mai corecte în raport cu performanța obținută în faza de învățare (training) comparativ cu studenții cu un nivel scăzut de

cunoștințe anterioare, întrucât aceștia din urmă este mai probabil să își supraestimeze performanța.

4.1.2 Metodă

4.1.2.1 Participanți

La acest experiment au participat 67 de studenți de la o universitate din Germania. Vârsta medie a participanților a fost 22.79 ($AS = 2.66$), iar repartizarea pe sexe a fost următoarea: 55 fete și 12 băieți. Toți studenții aveau cel puțin cunoștințe de bază despre legile Mendeliene, deoarece au fost expuși la acest subiect anterior în liceu. Ereditatea mendeliană (de ex., *legile mendeliene ale eredității*: a. legea purității gameților, b. legea segregării independente a perechilor de caractere, *determinism cromozomal al sexelor* și *genetică umană*: boli ereditare, clasificare și exemple) face parte din curriculum-ul obligatoriu în gimnaziu (acesta reprezintă învățământul secundar în Germania).

Toți participanții au fost repartizați aleator în una dintre cele trei condiții experimentale ale studiului: exemple incomplet rezolvate ($n = 23$), probleme incomplete ($n = 22$) și probleme convenționale ($n = 22$). Fiecare participant a fost recompensat cu puncte credit necesare stagiului de practică pentru participarea la studiu.

4.1.2.2 Materiale

Mediul educațional computerizat. Mediul educațional computerizat dezvoltat pentru studiul de față este o aplicație Web scrisă în limbajul de programare PHP. Baza de date MySQL la care este conectată aplicația conține toate materialele de învățare folosite, precum și interacțiunile utilizatorilor cu sistemul, respectiv: scorurile obținute de participanți la pretest, training și posttest; dificultatea percepută a sarcinilor și efortul mental investit în fiecare dintre fazele anterior menționate; timpul petrecut (în minute) în fiecare dintre fazele experimentului. Tot în această bază de date sunt incluse și introducerea prezentată utilizatorilor în scopul reamintirii conceptelor genetice de bază, pretestul, posttestul, scalele de evaluare subiectivă a efortului mental investit și a dificultății percepute a sarcinilor, glosarul ce conține explicația termenilor utilizați în mediul computerizat.

Sarcinile de învățare. În faza de *training*, utilizatorii au primit spre rezolvare **cinci probleme de genetică** referitoare la mecanismele de transmitere a caracterelor ereditare conforme cu legile mendeliene ale eredității (Mendel, 1985). Aceste cinci probleme au un nivel diferit de suport instrucțional operaționalizat prin numărul de pași completați de programul computerizat în funcție de cele trei condiții experimentale. Mai exact, nivelul de suport oferit utilizatorilor s-a concretizat în: (1) *exemple incomplet rezolvate* (suport sporit) ce conțin aproape toți pașii necesari pentru aflarea soluției finale (sunt completați de către program patru pași din totalul de cinci pași necesari pentru aflarea soluției finale, utilizatorii fiind nevoiți să completeze

doar ultimul pas ce conținea soluția finală); (2) *probleme incomplete* (suport scăzut) ce furnizează doar câțiva dintre pașii necesari aflării soluției finale (mai exact, trei pași din totalul de cinci pași necesari aflării soluției sunt completați) și (3) *probleme convenționale* pentru care nu se furnizează niciun suport instrucțional, utilizatorii fiind nevoiți să completeze singuri toți pașii necesari aflării soluției (vezi Figura 4.1 și Figura 4.2 care prezintă screenshot-uri cu două probleme de genetică din mediul computerizat cu un nivel sporit de suport, respectiv niciun suport). Trebuie menționat că exemplele incomplet rezolvate, problemele incomplete și problemele convenționale folosite în acest experiment au fost astfel structurate încât să evidențieze subscopurile atât prin izolarea vizuală a pașilor necesari aflării soluției finale, cât și prin etichetarea lor (pentru mai multe detalii, vezi *modelul învățării prin evidențierea subscopurilor*; engl., sub-goal learning model, Catrambone, 1994, 1996). Ca urmare, tipul de suport instrucțional oferit în lucrarea de față nu este unul tradițional, ci bazat pe sub-scopuri (cf., Atkinson, 2002).

După cum menționam anterior, *suportul instrucțional* s-a concretizat prin furnizarea mai multor pași a căror rezolvare permitea aflarea soluției finale a problemelor și care au presupus: (a) determinarea genotipului părinților din prima generație pornind de la datele problemei; (b) completarea diagramei lui Punnett pentru a deduce genotipul copiilor din combinarea genotipurilor pe care le au părinții; (c) inducerea genotipurilor pe care le au părinții pornind de la genotipurile copiilor prin completarea diagramei lui Punnett; (d) realizarea pedigree-ului sau a arborelui genealogic pentru generațiile menționate în problemă și (e) stabilirea raportului de segregare genotipică și fenotipică a descendenților sau a genotipului părinților din prima sau a doua generație (vezi Anexa 1).

În toate cele trei condiții experimentale, problemele de genetică din training au fost ordonate de la simplu spre complex corespunzând cu *cinci niveluri de dificultate*. Cele cinci niveluri de dificultate ale problemelor au fost stabilite împreună cu un expert în domeniu (un profesor de genetică de la universitatea din Germania unde s-a realizat experimentul) pe baza următoarelor caracteristici: număr de generații luate în discuție (două sau trei generații), număr de soluții posibile (una sau două soluții), tip de raționament folosit pentru aflarea soluției finale (raționament inductiv și/sau raționament deductiv). Astfel, în *primul nivel de dificultate*, sarcinile conțin două generații, o singură soluție posibilă și un raționament deductiv; *nivelul doi de dificultate* conține sarcini cu trei generații, o singură soluție posibilă și un raționament deductiv; *nivelul trei de dificultate* conține sarcini cu două generații, două soluții posibile și un raționament inductiv; în *nivelul patru de dificultate*, sarcinile conțin trei generații, două soluții posibile corecte și ambele tipuri de raționament, deductiv și inductiv; iar în *nivelul cinci de dificultate*, sarcinile conțin trei generații, două soluții posibile și două raționamente inductive.

Introducerea prezentată participanților conține concepte genetice de bază necesare pentru rezolvarea problemelor și anume: *gene dominante, gene recesive, genotip, fenotip, locus, alele, homozigot, heterozigot, cromozomi, legile mendeliene*, etc. În plus, în cadrul introducerii participanții au putut studia o problemă de genetică rezolvată complet de către programul computerizat (exemple complet rezolvate; vezi Anexa 2).

4.1.2.3 Instrumente

Pretestul este identic cu *posttestul* și conține șapte întrebări cu variante multiple de răspuns, de fiecare dată o singură variantă fiind corectă dintre cele patru posibile. Punctajul maxim care se putea obține la aceste două teste a fost de 7 puncte, pentru fiecare răspuns corect acordându-se câte un punct. Problemele incluse în pretest și posttest diferă de cele incluse în faza de training, atât în ceea ce privește trăsăturile de suprafață surprinse (de ex., caracteristicile care se transmit mendelian de la o generație la alta: *culoarea părului, forma capului*, etc.), cât și prin faptul că nu conțin pașii necesari aflării soluției finale, fiind necesară rezolvarea acestora pe plan mental (vezi Anexa 3). Consistența internă (coeficientul α Cronbach) a pretestului și posttestului a fost .60 și .64, respectiv. Trebuie menționat că acest coeficient a fost calculat pentru pretest pe baza a 66 participanți, iar pentru posttest pe baza a 65 participanți.

Scalele de evaluare a dificultății percepute a sarcinilor și a efortului mental investit. Dificultatea percepută a sarcinilor și efortul mental investit au fost măsurate pentru fiecare problemă în toate cele trei faze ale experimentului (pretest, training, posttest) pe baza unei scale Likert cu 5 trepte, care subîntinde variante de răspuns de la „foarte puțin” la „foarte mult”. Scala de evaluare a dificultății percepute a sarcinilor a conținut următorul item „Cât de dificilă a fost pentru tine rezolvarea acestei probleme?” (cf., Ayres, 2006), iar cea de evaluare a efortului mental a conținut următorul item „Cât efort mental ai investit pentru rezolvarea acestei probleme?” (cf. Paas, 1992). Aceste scale de evaluare sunt utilizate frecvent în cercetarea din domeniul psihologiei educaționale, dată fiind validitatea lor ridicată (vezi Paas, Tuovinen, Tabbers, & Van Gerven, 2003).

Computerbasierte Lernumgebung zum Lernen der Genetik

tests6
Logout

Glossar Allgemeine Informationen

Das Gen für Kurzköpfigkeit (brachycephal - B) ist bei Menschen, im Gegensatz zu dem Gen für Langköpfigkeit (dolichocephal - b), dominant. Ein kurzköpfiger Mann heiratet eine Frau, die heterozygot für Kurzköpfigkeit ist und sie bekommen vier Kinder. Finden Sie den Genotyp und den Phänotyp (und den prozentualen Anteil) der Nachkommen!

Es sind die meisten Schritte, die zur Lösung dieser Aufgabe benötigt werden, vom Computer vorgegeben. Analysieren Sie diese sorgfältig und füllen Sie den letzten Schritt aus.

1. Schritt

Finden Sie den Genotyp der Eltern heraus.

☐ Vater - Bb, Mutter - BB;
☒ Vater - Bb, Mutter - Bb;
☐ Vater - bb, Mutter - BB;
☐ Vater - BB, Mutter - bb;

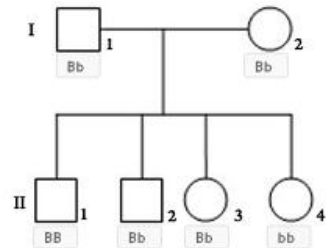
2. Schritt

Legen Sie das Punnett Quadrat für die Überkreuzung der Eltern an und ergänzen Sie die Tabelle mit den Kindern.

	B	b
B	BB	Bb
b	Bb	bb

3. Schritt

Legen Sie einen Stammbaum für zwei Generationen an.



4. Schritt

Finden Sie den Genotyp (und den prozentualen Anteil) der Nachkommen heraus.

☐ 50% Bb und 50% bb;
☒ 25% BB, 50% Bb und 25% bb;
☐ 100% BB;
☐ 100% bb;

5. Schritt

Finden Sie den Phänotyp (und den prozentualen Anteil) der Nachkommen heraus.

☐ 75% kurzköpfig und 25% langköpfig;
☐ 100% langköpfig;
☐ 50% kurzköpfig und 50% langköpfig;
☐ 100% kurzköpfig;

Weiter

Figura 4.1. Screenshot al unui exemplu incomplet rezolvat din mediul educațional computerizat în care patru din cei cinci pași necesari aflării soluției finale sunt completați de program

Computerbasierte Lernumgebung zum Lernen der Genetik

[Glossar](#) [Allgemeine Informationen](#) tests6
[Logout](#)

Eine Frau, die homozygot dominant für rotes Haar ist, bekommt Kinder mit einem Mann, der homozygot rezessiv für blondes Haar ist. Wenn R für das dominante Gen steht, das rotes Haar verursacht und r als Allel für die rezessive Eigenschaft des blonden Haares, mit welchem Genotyp und Phänotyp (und prozentualen Anteil) ist bei den Kindern zu rechnen?

Nur einige Schritte, die zur Lösung der Aufgabe benötigt werden, sind vom Computer vorgegeben. Analysieren Sie diese sorgfältig und füllen Sie die verbleibenden Schritte aus.

1. Schritt

Finden Sie den Genotyp der Eltern heraus.

☐ Mutter - RR , Vater - Rr ;
☐ Mutter - rr , Vater - Rr ;
☐ Mutter - RR , Vater - RR ;
☒ Mutter - RR , Vater - rr ;

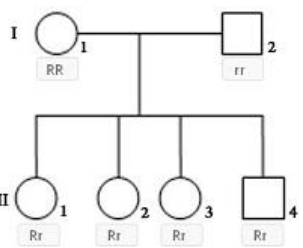
2. Schritt

Legen Sie das Punnett Quadrat für die Kreuzung der Eltern an und ergänzen Sie die Tabelle mit den Kindern.

3. Schritt

Legen Sie einen Stammbaum für zwei Generationen an.



4. Schritt

Finden Sie den Genotyp (und den prozentualen Anteil) der Nachkommen heraus.

☐ 50% Rr und 50% rr ;
☐ 100% Rr ;
☐ 25% RR , 50% Rr und 25% rr ;
☐ 50% RR und 50% Rr ;

5. Schritt

Finden Sie den Phänotyp (und den prozentualen Anteil) der Nachkommen heraus.

☐ 75% rotes Haar und 25% blondes Haar;
☐ 100% blondes Haar;
☐ 50% rotes Haar und 50% blondes Haar;
☐ 100% rotes Haar;

[Weiter](#)

Figura 4.2. Screenshot al unei probleme convenționale din mediul educațional computerizat în care niciunul dintre cei cinci pași necesari aflării soluției finale nu sunt completați de program (primul pas a fost completat de utilizator)

4.1.2.4 Procedură

Experimentul a fost realizat în sesiuni individuale. La început, toți participanții au completat pretestul, apoi au citit introducerea pentru a se familiariza cu conceptele genetice de bază, după care au început rezolvarea problemelor din faza de training. Pe tot parcursul trainingului, participanții au putut accesa introducerea și glosarul prezentate sub formă de link. Nivelul de suport al problemelor prezentate în training a depins de condiția experimentală în care se aflau utilizatorii. Participanților nu li s-a permis să rezolve incomplet pașii necesari pentru aflarea soluției finale și, de asemenea, au fost obligați să evalueze subiectiv, după fiecare problemă, dificultatea percepută a sarcinilor și efortul mental investit pe o scală de la 1 la 5 (adaptată după Paas, 1992) înainte de a trece la următoarea problemă din training. Având în vedere că participanții aveau acces la următoarea problemă din training doar după ce o rezolvau pe cea anterioară, în toate condițiile experimentale puteau apărea diferențe în ceea ce privește timpul necesar completării trainingului ca urmare a ritmului individual de rezolvare a problemelor. Pentru a limita aceste diferențe s-a impus o limită de timp de 10 minute pentru fiecare problemă din training. În faza de training, mișcările oculare ale participanților au fost înregistrate, dar aceste date vor fi prezentate doar în Studiul 2 (vezi Capitolul 4.2).

Imediat după finalizarea trainingului, participanții au primit spre rezolvare posttestul. La fel ca în faza de training, participanții au evaluat pe o scală de la 1 la 5 dificultatea percepută a sarcinilor și efortul mental investit pentru fiecare problemă rezolvată în faza de posttest. Experimentul a durat maxim două ore, timpul petrecut de utilizatori în fiecare parte a acestuia fiind înregistrat de programul computerizat.

4.1.3 Rezultate

Pentru toate analizele statistice pragul de semnificație setat a fost .05. Ca mărime a efectului pentru analiza de varianță (ANOVA) a fost raportat indicele *partial eta squared* (η_p^2), valorile acestui indice fiind interpretate astfel: efect scăzut = .01, efect mediu = .06 și efect puternic = .14 (Cohen, 1988). În toate fazele experimentului, performanța a fost calculată ca procentaj de răspunsuri corecte (numărul itemilor rezolvați corect împărțit la numărul total de itemi). Întrucât un participant nu a completat un item în pretest, procentajul de răspunsuri corecte în cazul pretestului pentru acest participant a fost calculat pe baza a șase itemi. În mod similar, procentajul corect în cazul posttestului a fost calculat pentru doi participanți pe baza a șase itemi.

Înainte de a analiza datele obținute, am verificat în ce măsură datele obținute în cele trei condiții experimentale urmează o distribuție normală. Testul Kolmogorov-Smirnov a indicat că performanța obținută în pretest și cea obținută în posttest, precum și scorurile obținute la scalele de evaluare a dificultății percepute a sarcinilor și a efortului mental investit sunt normal

distribuite în toate cele trei condiții experimentale. Pentru a testa ipoteza referitoare la efectul moderator al bazei de cunoștințe anterioare, s-a folosit analiza de regresie urmând procedurile sugerate de Cohen, Cohen, West și Aiken (2003).

4.1.3.1 Diferențe între condițiile experimentale înainte de training

Pentru analiza diferențelor dintre cele trei condiții experimentale (exemple incomplet rezolvate, probleme incomplete și probleme convenționale) înainte de faza de training, s-a folosit analiza multivariată de varianță (MANOVA). Variabilele dependente sunt reprezentate de performanța, dificultatea percepută a sarcinilor și efortul mental investit de participanți în faza de pretest. Testul Box M nu a indicat violarea asumției de echivalență a matricilor de covarianță. Analiza de multivarianță (MANOVA) nu a relevat diferențe semnificative între condițiile experimentale în ceea ce privește performanța, dificultatea percepută a sarcinilor și efortul mental investit de utilizatori în faza de pretest, Pillai's trace, $V = .064$, $F(6, 126) = .696$, $p = .653$. Prin urmare, validitatea internă a studiului nu este „amenințată“ întrucât nu există diferențe semnificative între cele trei condiții înainte de training. Tabelul 1 prezintă mediile și abaterile standard ale variabilelor dependente măsurate în faza de pretest, training și posttest pentru fiecare dintre cele trei condiții experimentale.

4.1.3.2 Diferențe între condițiile experimentale în faza de training

Pentru analiza diferențelor dintre cele trei condiții experimentale în ceea ce privește dificultatea percepută a sarcinilor, efortul mental investit și timpul petrecut în faza de training, s-a folosit analiza multivariată de varianță (MANOVA). Testul Box M nu a indicat violarea asumției de echivalență a matricilor de covarianță. Rezultatele au indicat un efect semnificativ al tipului de control instrucțional asupra variabilelor dependente, Pillai's trace, $V = .48$, $F(6, 126) = 6.55$, $p < .001$, $\eta^2 = .24$. Testele univariate întreprinse separat pentru fiecare variabilă dependentă nu au relevat efecte semnificative ale tipului de control instrucțional asupra dificultății percepute a sarcinilor, $F(2, 64) = 2.23$, $p = .116$, sau a efortului mental investit, $F(2, 64) = 2.49$, $p = .091$, însă au relevat un efect semnificativ asupra timpului petrecut în training, $F(2, 64) = 26.50$, $p < .001$, $\eta^2 = .45$. Ca urmare, încărcarea cognitivă măsurată prin dificultatea percepută a sarcinilor și efortul mental investit nu a fost redusă în mod semnificativ de exemplele incomplet rezolvate sau de problemele incomplete, ceea ce este contrar predicțiilor făcute.

Tabelul 4.1

Mediile (M) și abaterile standard (AS) ale variabilelor dependente măsurate în pretest, training și posttest pentru cele trei condiții experimentale

	IWE		CMP		CVP	
	$(n = 23)$		$(n = 22)$		$(n = 22)$	
	M	AS	M	AS	M	AS
Pretest						
Performanță	.64	.25	.62	.30	.60	.22
Dif. percepută	.59	.19	.67	.15	.66	.20
Efort mental	.55	.19	.58	.18	.61	.16
Training						
Timp	10:36	3:18	19:55	5:45	19:10	5:44
Dif. percepută	.57	.16	.65	.13	.63	.13
Efort mental	.59	.16	.68	.16	.68	.13
Post-test						
Performanță	.86	.16	.86	.19	.81	.24
Dif. percepută	.41	.20	.42	.13	.45	.15
Efort mental	.49	.25	.48	.19	.54	.18

Notă. IWE = exemple incomplet rezolvate, CMP = probleme incomplete, CVP = probleme

convenționale, Dif. = dificultate. Timpul în minute și secunde, performanța calculată ca procentaj

corect, dificultatea percepută a sarcinilor și efortul mental au valori ce variază de la 0 la 1.

Comparațiile post-hoc cu testul Games-Howell (acesta este un test post-hoc pentru varianțe inegale între grupuri) au relevat că studenții ce beneficiază de exemple incomplet rezolvate petrec semnificativ mai puțin timp în training comparativ cu studenții ce beneficiază de probleme convenționale ($p < .001$), dar și decât cei care beneficiază de probleme incomplete ($p < .001$). Nu există însă diferențe semnificative între problemele incomplete și cele convenționale în ceea ce privește timpul petrecut în training ($p = .959$). După cum se poate observa în Tabelul 4.1,

studenții au învățat aproape de două ori mai rapid cu ajutorul exemplelor rezolvate incomplet decât cu ajutorul problemelor incomplete sau a celor convenționale.

Pentru testarea ipotezei referitoare la existența unor diferențe semnificative între cele trei condiții în ceea ce privește supra-sau subestimarea performanței din training, am calculat *biasul* ca măsură a acurateții judecăților metacognitive într-o modalitate diferită decât este calculat în mod tipic. După cum am menționat anterior, *biasul* este calculat ca și diferența dintre judecățile metacognitive și performanța obținută de indivizi. În acest studiu însă, *biasul* a fost calculat în mod diferit, întrucât a inclus judecăți metacognitive referitoare la dificultatea percepută a sarcinilor și la efortul mental investit. Mai specific, pentru a obține un *bias* egal cu zero care indică lipsa *biasului* (acuratețe perfectă a judecăților), dificultatea percepută a sarcinilor trebuie să fie scăzută, iar performanța obținută trebuie să fie sporită (reversul este de asemenea posibil). Calcularea *biasului* utilizând judecățile referitoare la efortul mental investit în locul judecăților privind dificultatea percepută a sarcinilor are la bază aceleași asumptions. În plus, pentru că scorurile obținute la scalele de evaluare a dificultății percepute a sarcinilor și a efortului mental investit sunt diferite de scorurile obținute în training (performanța din training; măsurătorile se bazează pe scale diferite, vezi Dunlosky & Metcalfe, 2009), am utilizat o altă modalitate de calculare a *biasului*. Mai exact, am realizat două analize de regresie având ca variabile dependente scorurile inversate ale dificultății percepute a sarcinilor și ale efortului mental investit, iar ca predictori condițiile experimentale (exemple incomplet rezolvate, probleme incomplete și probleme convenționale) și performanța obținută în training (pentru o procedură similară, vezi Paik & Schraw, 2013). Asumpția de bază este aceea că judecățile indivizilor sunt corecte dacă evaluările subiective ale dificultății sarcinilor și ale efortului mental investit sunt egale cu performanța obținută. Pentru a evita fenomenul de multicolinearitate, scorurile din training (performanța obținută) au fost centrate urmând procedura și recomandările propuse de Aiken și West (1991). Aceste scoruri centrate au fost incluse în analizele de regresie împreună cu un contrast de forma: $2/3$ (exemple incomplet rezolvate), $-1/3$ (probleme incomplete) și $-1/3$ (probleme convenționale) pentru a investiga în ce măsură exemplele incomplet rezolvate creează o iluzie a înțelegerii comparativ cu celelalte două condiții. În al doilea contrast, problemelor incomplete le este atribuită ponderea $-1/2$, iar problemelor convenționale ponderea $1/2$. Suma ponderilor este, desigur, zero.

Modelul de regresie a fost semnificativ în predicția dificultății percepute de către cei doi predictori, performanța în training și condițiile codate cu ajutorul contrastelor, $F(3, 63) = 4.88$, $p = .004$, explicând 19% din variația acesteia. Mai exact, performanța în training a prezis semnificativ judecățile privind dificultatea sarcinilor, $b = .336$, $t = 3.10$, $p = .003$, iar exemplele incomplet rezolvate au diferit semnificativ în ceea ce privește aceste judecăți comparativ cu

celelalte două condiții, $b = .085$, $t = 2.50$, $p = .015$. Problemele incomplete nu au diferit semnificativ în ceea ce privește dificultatea percepută a sarcinilor față de problemele convenționale, $b = .024$, $t = 0.62$, $p = .540$. Valorile ajustate ale mediilor au fost .44 în cazul exemplelor incomplet rezolvate, .37 pentru problemele incomplete, respectiv .34 pentru problemele convenționale, indicând faptul că participanții care au studiat exemple incomplet rezolvate au perceput dificultatea sarcinilor ca fiind mai scăzută decât participanții din celelalte două condiții. Interacțiunea dintre performanța obținută în training și condițiile experimentale nu a contribuit semnificativ la dificultatea percepută a sarcinilor. Pentru a ilustra aceste rezultate am condus o altă analiză de regresie în care performanța obținută în training a fost inclusă în analiză ca singur predictor și am reprezentat grafic reziduurile (diferențele dintre valorile actuale și valorile estimate; vezi Figura 4.3). Reziduurile pot fi interpretate ca și bias, valorile pozitive ale reziduurilor indicând **supraestimarea** performanței, iar cele negative **subestimarea** performanței. După cum este ilustrat și în Figura 4.3, participanții care au studiat exemple rezolvate incomplet și au supraestimat propria performanță dat fiind faptul că reziduurile au fost semnificativ mai mari decât zero, $t(22) = 1.74$, $p = .048$ (teste care se referă la o singură parte a distribuției; one-tailed test). Participanții care au rezolvat probleme incomplete și cei care au rezolvat probleme convenționale și-au subestimat propria performanță, însă numai descriptiv deoarece reziduurile nu au diferit semnificativ de zero în niciuna dintre cele două condiții, $t(21) = -1.59$, $p = .063$ pentru problemele incomplete, respectiv $t(21) = -0.69$, $p = .250$ pentru problemele convenționale.

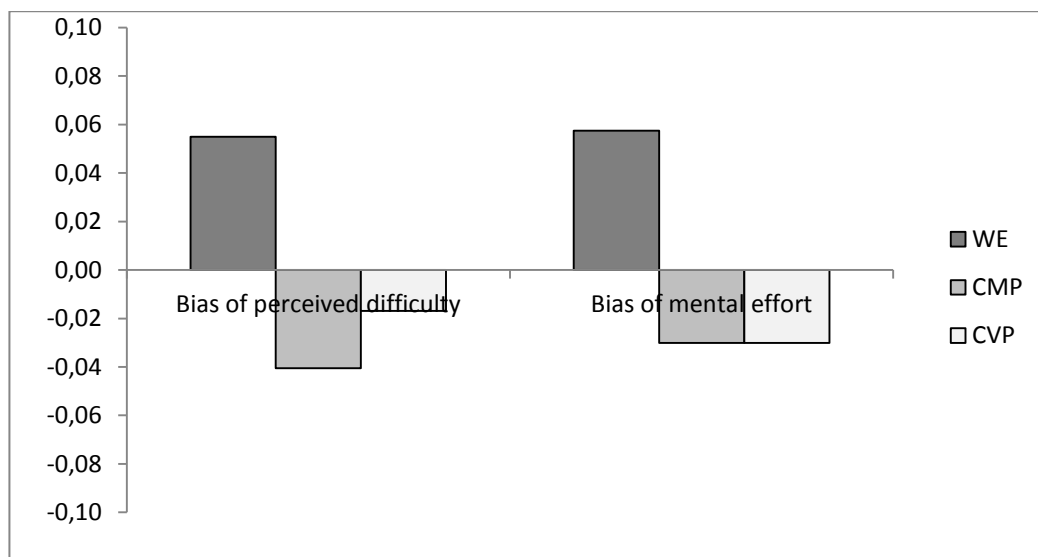


Figura 4.3. Biasul judecăților metacognitive în cele trei condiții experimentale: WE = probleme incomplet rezolvate, CMP = probleme incomplete, CVP = probleme convenționale. Reziduurile regresiei având ca și predictor performanța în training, iar ca și variabile dependente scorurile inversate ale judecăților privind dificultatea percepută a sarcinilor, respectiv efortul mental

În cea de-a doua analiză de regresie, variabila dependentă a fost reprezentată de scorurile inversate ale efortului mental investit. Codarea celor trei condiții experimentale a fost realizată într-un mod similar celui menționat anterior. Modelul de regresie nu a fost semnificativ în predicția efortului mental investit de către performanța în training și condițiile codate cu ajutorul contrastelor, $F(3, 63) = 1.96, p = .130$, cei doi predictorii explicând doar 9% din variația acesteia. Mai exact, nici performanța în training nu a prezis semnificativ judecățile privind efortul mental investit, $b = .117, t = .95, p = .34$, nici contrastul dintre problemele incomplete și cele convenționale, $b = .001, t = 0.015, p = .988$. Contrastul dintre exemplele incomplet rezolvate și celelalte două condiții experimentale considerate împreună a prezis semnificativ judecățile privind efortul mental investit, $b = .088, t = 2.31, p = .024$. Ca urmare, chiar dacă judecățile privind efortul mental investit în training nu au fost bazate pe performanța obținută în training în aceeași măsură în care judecățile privind dificultatea percepută a sarcinilor au fost bazate, același efect asupra biasului a fost relevant.

Valorile ajustate ale mediilor au fost .41 în cazul exemplilor incomplet rezolvate, .32 pentru problemele incomplete, respectiv .32 pentru problemele convenționale, indicând faptul că participanții care au studiat exemple incomplet rezolvate au investit mai puțin efort mental decât participanții din celelalte două condiții. Interacțiunea dintre performanța obținută în training și condițiile experimentale nu a contribuit semnificativ la efortul mental investit. Pentru a ilustra aceste rezultate am condus o altă analiză de regresie în care performanța obținută în training a fost inclusă în analiză ca singur predictor, iar scorurile inversate ale efortului mental investit ca și variabilă dependentă, după care am reprezentat grafic reziduurile (vezi Figura 4.3). După cum se poate observa în Figura 4.3, participanții care au studiat exemple rezolvate incomplet și-au supraestimat propria performanță dat fiind faptul că reziduurile au fost semnificativ mai mari decât zero, $t(22) = 1.79, p = .044$, în timp ce participanții care au rezolvat probleme incomplete și probleme convenționale și-au subestimat propria performanță într-o oarecare măsură, dar această subestimare nu a fost semnificativ diferită de zero nici pentru problemele incomplete, $t(21) = -.88, p = .195$, nici pentru cele convenționale, $t(21) = -1.15, p = .133$. Sumarizând, rezultatele studiului de față susțin ipoteza privind biasul judecăților metacognitive, întrucât utilizarea exemplilor incomplet rezolvate a contribuit la supraestimarea performanței, iar utilizarea problemelor incomplete și convenționale nu a cauzat nici supra-, nici subestimarea performanței.

4.1.3.3 Diferențe între condițiile experimentale după faza de training

Pentru a testa ipoteza conform căreia încărcarea cognitivă resimțită de participanți este redusă prin implementarea fazei de training, rezultând într-o încărcare cognitivă semnificativ mai scăzută în posttest comparativ cu pretest, s-a recurs la ANOVA de tip mixt, cu tipul de suport

instrucțional (cele trei condiții experimentale) ca factor de variație intersubiecți și dificultatea percepută a sarcinilor în pre- și posttest ca factor de variație intrasubiecți. Rezultatele au relevat o descreștere semnificativă a dificultății percepute a sarcinilor în posttest ($M_{total} = .42$, $SD = .16$) comparativ cu cea din pretest ($M_{total} = .65$, $SD = .18$), $F(1, 64) = 141.66$, $p < .001$, $\eta^2 = .69$. Nu s-a înregistrat un efect semnificativ al tipului de suport instrucțional, $F(2, 64) = 0.80$, $p = .455$ sau al diferenței dintre pretest și posttest asupra dificultății percepute a sarcinilor, $F(2, 64) = 1.63$, $p = .205$. Cu alte cuvinte, descreșterea dificultății percepute a sarcinilor de la pretest la posttest a fost semnificativă, însă aceeași pentru toate cele trei condiții. Datele descriptive referitoare la dificultatea percepută a sarcinilor în pretest și posttest sunt prezentate în Tabelul 4.1.

Analize similare au fost întreprinse și pentru efortul mental investit. Rezultatele au indicat și de această dată o descreștere semnificativă a efortului mental investit în posttest ($M_{total} = .50$, $SD = .21$) comparativ cu cel investit în pretest ($M_{total} = .58$, $SD = .18$), $F(1, 64) = 18.5$, $p < .001$, $\eta^2 = .22$. Nu s-a înregistrat un efect semnificativ al tipului de suport instrucțional, $F(2, 64) = 0.68$, $p = .509$ sau al diferenței dintre pretest și posttest asupra efortului mental investit, $F(2, 64) = .41$, $p = .667$.

De asemenea, pentru a testa dacă participanții au progresat în termeni de performanță de la pretest la posttest ca urmare a fazei de training, s-a recurs la ANOVA de tip mixt, cu tipul de suport instrucțional (cele trei condiții experimentale) ca factor de variație intersubiecți și preformanța obținută în pre- și posttest ca factor de variație intrasubiecți. Rezultatele au relevat o creștere semnificativă a performanței obținută în posttest ($M_{total} = .84$, $SD = .20$) comparativ cu cea obținută în pretest ($M_{total} = .62$, $SD = .26$), $F(1, 64) = 55.68$, $p < .001$, $\eta^2 = .47$. Nu s-a înregistrat un efect semnificativ al tipului de suport instrucțional, $F(2, 64) = 0.39$, $p = .677$ sau al diferenței dintre pretest și posttest asupra performanței, $F(2, 64) = 0.07$, $p = .936$, ceea ce indică faptul că participanții din toate cele trei condiții experimentale au învățat în egală măsură în urma trainingului (vezi Tabelul 4.1 pentru date descriptive privind performanța în pre- și posttest separat pentru fiecare dintre cele trei condiții experimentale). La prima vedere, aceste rezultate par a fi în contradicție cu predicțiile formulate, însă ele pot fi datorate efectului interacțiunii dintre tipul de control instrucțional și baza de cunoștințe anterioare a participanților (vezi subcapitolul 4.1.3.4).

Sumarizând, încărcarea cognitivă experimentată de participanți nu a diferit semnificativ între cele trei condiții înainte de faza de training și a fost redusă de la pretest la posttest ca urmare a trainingului, însă în aceeași măsură în toate condițiile. De asemenea, participanții au progresat în egală măsură de la pretest la posttest în toate condițiile, însă utilizarea exemplelor incomplet rezolvate a redus timpul de învățare la jumătate comparativ cu rezolvarea problemelor

incomplete sau convenționale. Este posibil însă ca aceste rezultate să se datoreze efectului moderator al bazei de cunoștințe pe care participanții o posedă.

4.1.3.4 *Efectul moderator al bazei de cunoștințe anterioare a participanților*

În scopul testării efectului moderator al bazei de cunoștințe anterioare a participanților, am realizat trei analize de regresie având ca și predictorii baza de cunoștințe anterioare a participanților, tipul de control instrucțional (condiția experimentală), precum și interacțiunea dintre cele două variabile, iar ca și variabile dependente performanța obținută în posttest, dificultatea percepută a sarcinilor din training, respectiv efortul mental investit în training. Ne așteptăm ca studenții cu o bază scăzută de cunoștințe anterioare să beneficieze mai mult de pe urma studierii exemplelor incomplet rezolvate decât de pe urma rezolvării problemelor convenționale, în timp ce pentru studenții cu o bază sporită de cunoștințe anterioare ne așteptăm ca reversul să fie valabil. În plus, am investigat în ce măsură acest *efect inversat al expertizei* apare în cazul utilizării problemelor incomplete. În acest scop, scorurile centrate ale performanței obținută în pretest au fost incluse în analizele de regresie împreună cu condițiile codate cu ajutorul contrastelor (problemele convenționale au reprezentat condiția de referință). Rezultatele celor trei analize de regresie sunt prezentate în Tabelul 4.2. Introducerea în analizele de regresie a interacțiunii dintre tipul de control instrucțional și baza de cunoștințe anterioare a participanților a dus la o îmbunătățire semnificativă a modelului (vezi Tabelul 4.2). Pentru modelul complet ce conține variabila interacțiune doar interacțiunea dintre problemele incomplete și baza de cunoștințe anterioare a participanților s-a dovedit a fi un predictor semnificativ pentru performanța obținută la posttest. Mai exact, panta de regresie pentru efectul bazei de cunoștințe anterioare asupra problemelor incomplete a diferit semnificativ față de panta de regresie pentru efectul bazei de cunoștințe anterioare asupra problemelor convenționale (vezi Tabelul 4.2 pentru coeficienții de regresie).

Când exemplele incomplete rezolvate au fost utilizate ca și condiție de referință, efectul interacțiunii dintre problemele incomplet rezolvate și baza de cunoștințe anterioare a studenților asupra performanței din posttest a fost semnificativ, $b = -.39$, $t = -2.03$, $p = .046$. Mai exact, panta de regresie pentru efectul bazei de cunoștințe anterioare asupra problemelor incomplete a diferit semnificativ față de panta de regresie pentru efectul bazei de cunoștințe anterioare asupra exemplelor incomplet rezolvate.

Tabelul 4.2. Predictorii performanței obținută în posttest, a dificultății percepute a sarcinilor din training și a efortului mental investit în training ($n = 67$)

	Variabile dependente					
	Performanța		Dificultatea		Efortul mental	
	obținută în		percepută în		investit în	
	posttest		training		training	
	<i>B</i>	<i>p</i>	<i>B</i>	<i>p</i>	<i>B</i>	<i>p</i>
Efectele modelului						
simplu						
Constanta	0.820	< .001	0.630	< .001	0.677	< .000
Exemple incomplet rezolvate	0.034	.535	-0.059	.150	-0.085	.061
Probleme incomplete	0.038	.492	0.019	.636	-0.002	.966
Bază de cunoștințe anterioare	0.350	< .001	-0.157	.019	-0.016	.822
R^2	.21		.14		.07	
F	5.64	.002	3.53	.020	1.65	.187
Efectele modelului						
complet						
Constanta	0.828	< .001	0.627	< .001	0.678	< .000
Exemple incomplet rezolvate	0.023	.664	-0.056	.171	-0.084	.069
Probleme incomplete	0.029	.579	0.023	.584	-0.003	.956
Bază de cunoștințe anterioare	0.672	< .001	-0.285	.040	0.012	.937
Exemple incomplet rezolvate x Bază de cunoștințe anterioare	-0.193	.399	0.161	.371	-0.099	.618
Probleme incomplete x Bază de cunoștințe	-0.586	.008	0.172	.309	0.009	.963

R^2	.31		.16		.08	
F	5.47	< .001	2.33	.053	1.06	.393
ΔR^2	.10		.02		.01	
ΔF	4.32	.018	.58	.561	0.23	.797

Notă. Condiția de referință a fost reprezentată de problemele convenționale. Scorurile obținute la pretest (baza de cunoștințe anterioare) au fost centrate.

Pentru a ilustra rezultatele menționate anterior, am reprezentat grafic pantele liniei de regresie pentru cele trei condiții experimentale în Figura 4.4. Panta de regresie pentru problemele convenționale a fost $b = .67$, $t = 3.88$, $p < .001$, cea pentru exemplele incomplet rezolvate a fost $b = .48$, $t = 3.26$, $p = .002$, iar cea pentru problemele incomplete a fost $b = .09$, $t = .686$, $p = .495$. Ca urmare, baza de cunoștințe anterioare a studenților a fost un predictor semnificativ al performanței obținută în posttest doar pentru probleme convenționale și exemplele incomplet rezolvate, nu și pentru problemele incomplete. Aceste rezultate confirmă prezența unui *efect inversat al expertizei*, întrucât studenții cu o bază scăzută de cunoștințe anterioare au beneficiat mai mult de pe urma rezolvării problemelor incomplete decât de pe urma rezolvării problemelor convenționale sau a exemplelor incomplet rezolvate, în timp ce studenții cu o bază sporită de cunoștințe anterioare au beneficiat mai puțin de pe urma rezolvării problemelor incomplete comparativ cu celelalte două tipuri de suport instrucțional.

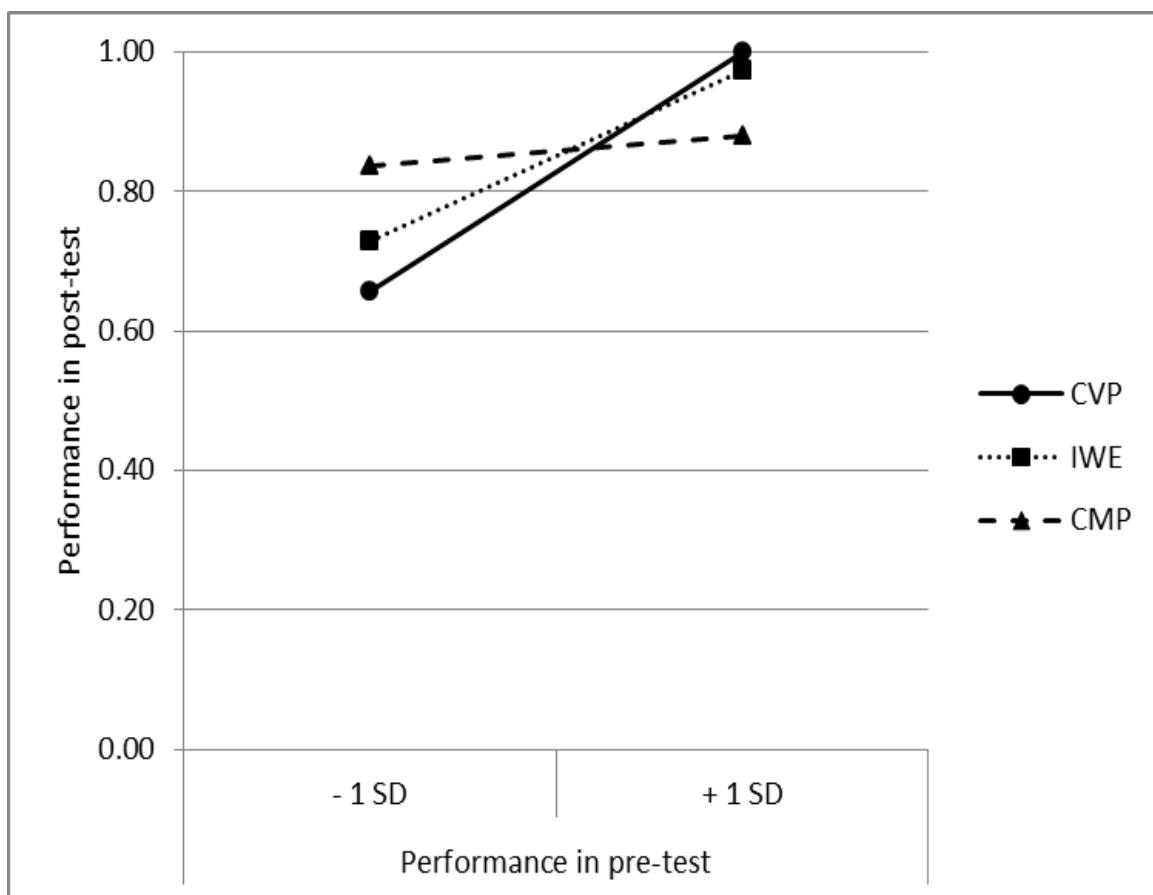


Figura 4.4. Modelul de regresie pentru interacțiunea dintre tipul de control instrucțional (condițiile experimentale) și baza de cunoștințe anterioare a participanților.

CVP = probleme tradiționale, IWE = exemple incomplete rezolvate, CMP = probleme incomplete. Performance in pre-test = performanța obținută în pretest (indicator al bazei de cunoștințe anterioare), Performance in post-test = performanța obținută în posttest

Când variabila dependentă a fost dificultatea percepută a sarcinilor din training, includerea în analiza de regresie a variabilei interacțiune (interacțiunea dintre tipul de control instrucțional și baza de cunoștințe anterioare a studenților) nu a relevat o creștere semnificativă a R^2 ajustat (deci R^2 ajustat nu a fost semnificativ diferit) comparativ cu analiza de regresie care a inclus doar efectul modelului simplu, fără variabila interacțiune (vezi Tabelul 4.2). Cu alte cuvinte, pentru dificultatea percepută a sarcinilor din training nu a putut fi evidențiat niciun efect inversat al expertizei, niciunul al condiției experimentale. Singurul predictor semnificativ în ambele modele de regresie a fost baza de cunoștințe anterioare a studenților, mai exact studenții cu o bază sporită de cunoștințe anterioare au perceput sarcinile din training ca fiind mai ușoare. Rezultate similare au fost obținute și când variabila dependentă a fost efortul mental investit în training, singura diferență fiind aceea că baza de cunoștințe anterioare a studenților nu a contribuit semnificativ la efortul mental investit. Sumarizând, efectul interacțiunii dintre tipul de suport instrucțional și baza de cunoștințe anterioare a participanților a fost un predictor semnificativ doar pentru performanța obținută în posttest nu și pentru încărcarea cognitivă

(dificultatea percepută a sarcinilor și efortul mental investit) experimentată de participanți în timpul trainingului.

În final, am testat predicția conform căreia biasul judecăților metacognitive din training este diminuat ca rezultat al creșterii bazei de cunoștințe anterioare a participanților. În acest scop, am inclus în analizele de regresie prezentate anterior și performanța obținută de studenți în training. Mai exact, în cadrul acestor analize de regresie predictorii au fost baza de cunoștințe anterioare a participanților, performanța obținută în training și condițiile codate cu ajutorul contrastelor, iar variabilele dependente au fost scorurile inversate ale dificultății percepute a sarcinilor și ale efortului mental investit în training. Modelul de regresie nu a fost semnificativ în predicția scorurilor inversate ale dificultății percepute a sarcinilor, explicând doar 4% din variația acestora, $F = 3.58$, $p = .063$. Cu alte cuvinte, baza de cunoștințe anterioare a participanților nu prezice semnificativ biasul judecăților metacognitive din training. Pentru a testa măsura în care efectul liniar al bazei de cunoștințe anterioare a participanților asupra biasului a fost mascat de un efect al interacțiunii dintre baza de cunoștințe anterioare a participanților și condițiile codate cu ajutorul contrastelor, am inclus variabila interacțiune în analiza de regresie însă aceasta nu a contribuit semnificativ la biasul judecăților privind dificultatea percepută a sarcinilor. Rezultate similare au fost obținute când scorurile inversate ale efortului mental investit a fost inclus ca variabilă dependent în analiza de regresie ($R^2 = .00$, $F < 0.01$, $p = .981$). Prin urmare, ipoteza conform căreia biasul judecăților metacognitive este mai scăzut pentru studenții cu o bază sporită de cunoștințe anterioare comparativ cu cei care au o bază scăzută de cunoștințe anterioare nu a fost confirmată.

4.1.4 Discuții

Scopul studiului de față a fost acela de a investiga în ce măsură furnizarea unui suport instrucțional constând în exemple incomplet rezolvate și probleme incomplete sporește acuratețea judecăților metacognitive a unor studenți cu niveluri diferite de expertiză (bază de cunoștințe anterioare), dar și performanța obținută de aceștia în posttest comparativ cu lipsa suportului (probleme convenționale).

Rezultatele obținute sunt în concordanță cu datele obținute în studiile anterioare, indicând faptul că, independent de tipul de suport instrucțional, s-a înregistrat o creștere semnificativă a performanței obținută în posttest comparativ cu cea obținută în pretest (o mărime a efectului = .47). Din contră, ipoteza conform căreia exemplele incomplet rezolvate și problemele incomplete determină o performanță sporită în posttest comparativ cu problemele convenționale nu a fost confirmată de datele experimentale. Cu alte cuvinte, nu au fost relevate diferențe semnificative

între ele trei condiții experimentale în ceea ce privește performanța obținută în posttest. O posibilă explicație pentru lipsa unui efect semnificativ al tipului de control instrucțional asupra performanței obținută de studenți în faza de posttest poate fi relaționată cu faptul că procesele cognitive implicate în înțelegerea pașilor necesari aflării soluției finale din cadrul exemplelor incomplet rezolvate sunt similare cu procesele necesare rezolvării pașilor omiși în problemele incomplete și cele convenționale (cf., Catrambone, 1996).

Cu toate că performanța obținută în posttest a fost aceeași în cele trei condiții experimentale, studenții care au studiat exemple rezolvate incomplet au petrecut doar jumătate din timpul petrecut de studenții din celelalte două condiții în rezolvarea trainingului. Ca urmare, din perspectiva teoriei încărcării cognitive (Sweller et al., 1998) exemplele incomplet rezolvate sunt mai eficiente decât celelalte tipuri de suport instrucțional dat fiind faptul că au rezultat într-o performanță similară la posttest obținută însă într-un timp mai scurt (Tuovinen & Paas, 2004; Van Gog, Paas, & Van Merriënboer, 2008). Oricum, contrar așteptărilor exemplele incomplet rezolvate nu au redus încărcarea cognitivă experimentată în timpul trainingului mai mult decât celelalte două condiții (cf., Paas, 1992). Este posibil ca omiterea soluției finale să determine o creștere a implicării „active” în studierea exemplelor incomplet rezolvate și, în consecință, experimentarea unui efort mental sporit.

O altă explicație plauzibilă pentru lipsa apariției unor diferențe semnificative în termeni de performanță între cele trei condiții este relaționată cu efectul inversat al expertizei (de ex., Kalyuga et al., 2003). Rezultatele au indicat faptul că efectul tipului de suport instrucțional asupra performanței obținute în posttest este moderat de baza de cunoștințe anterioare a studenților. Mai specific, studenții cu o bază scăzută de cunoștințe anterioare au beneficiat mai mult de pe urma problemelor incomplete decât de pe urma problemelor convenționale, în timp ce pentru studenții cu o bază sporită de cunoștințe anterioare reversul a fost valabil. Oricum pentru că studenții cu o bază scăzută de cunoștințe anterioare nu beneficiază mai mult de pe urma exemplelor incomplet rezolvate, rezultatele obținute nu confirmă asumțiile „tradiționale” ale efectului inversat al expertizei (Kalyuga et al., 2003; Kalyuga, 2007). Este posibil ca efectul inversat al expertizei să fi fost mai puternic în cazul în care participanții incluși în studiu să aibă un nivel „absolut” de expertiză respectiv să fie *experți sau novici* adevărați.

O a treia explicație posibilă a lipsei acestui efect este relaționată cu faptul că exemplele incomplet rezolvate au indus iluzia înțelegerii, cu alte cuvinte, au determinat apariția unor judecăți metacognitive incorecte. Aceste judecăți incorecte ar putea fi cauzate de monitorizarea eronată a caracteristicilor/cerințelor problemelor, de exemplu, dificultatea percepută a acestora (de ex., „iluzii ale dificultății”, Efklides, 2001). Conform așteptărilor, rezultatele au relevat că exemplele incomplet rezolvate au indus supraestimarea performanței ca urmare a unei

supraevaluări a dificultății percepute și a efortului mental investit. Când efectul performanței asupra acurateții acestor judecăți a fost controlat, studenții care au studiat exemple incomplet rezolvate au raportat niveluri mai scăzute de dificultate a sarcinilor, respectiv un efort mental mai scăzut comparativ cu studenții care au studiat în celelalte două condiții. Cu alte cuvinte, exemplele incomplet rezolvate au indus o iluzie a înțelegerii (supraestimarea performanței) ca rezultat al faptului că studenții din această condiție au perceput pașii necesari aflării soluției finale ca fiind mai ușori și necesitând mai puțin efort mental comparativ cu studenții care au rezolvat probleme incomplete sau convenționale. Problemele incomplete și cele convenționale nu au determinat nicio subestimare, nicio supraestimare a performanței, probabil datorită feedback-ului autogenerat (engl., self-generated feedback; vezi Lin & Zabrucksky, 1998) referitor la dificultatea înțelegerii acelor principii care stau la baza procesului de aflare a soluției finale.

În fine, datele nu au confirmat ipoteza conform căreia acuratețea judecăților metacognitive (biasului) este influențată de baza de cunoștințe anterioare a studenților. Mai specific, studenții cu o bază sporită de cunoștințe anterioare nu au judecat mai corect dificultatea percepută a sarcinilor și efortul mental investit în relație cu performanța obținută.

Sumarizând, rezultatele studiului de față vin în completarea datelor anterior obținute indicând faptul că studierea exemplelor incomplet rezolvate nu este suficientă pentru o învățare eficientă chiar dacă evidențiază subgolurile (de ex., Baars, et al., 2013; Renkl, 2002).

4.2 Studiul 2: Impactul diferențial al suportului instrucțional asupra patternurilor de procesare vizuală și a performanței obținută într-un mediu educațional computerizat

4.2.1 Scop și ipoteze

După cum arătam în subcapitolul 3.2.1, există evidență empirică privind eficacitatea exemplelor incomplet rezolvate comparativ cu problemele incomplete și cele convenționale (de ex., Renkl, 2002; Stark, 1999). Toate studiile din literatura parcursă de noi au utilizat doar măsurători ale produselor obținute (teste de evaluare), niciunul nu a investigat impactul pe care exemplele incomplet rezolvate le are asupra performanței comparativ cu celelalte tipuri de suport instrucțional menționate anterior cu ajutorul unor tehnici de investigare a proceselor cognitive precum înregistrarea mișcărilor oculare (Van Gog, Kester, Nieuvelstein, Giesbers, & Paas, 2009). Ca urmare, scopul acestui studiu a fost acela de a investiga procesele cognitive și perceptuale ale studenților în timpul rezolvării unor sarcini de genetica cu ajutorul a diferite tipuri de suport instrucțional implementate într-un mediu educațional computerizat. Mai specific, acest studiu a

investigat diferențele dintre exemplele incomplet rezolvate, problemele incomplete și cele convenționale în ceea ce privește alocarea resurselor atenționale în timpul procesării unor sarcini de genetică. În acest sens, s-a recurs la înregistrarea mișcărilor oculare ale studenților cu ajutorul tehnologiei eye tracking.

Tehnicile de investigare a proceselor cognitive precum înregistrarea mișcărilor oculare cu ajutorul tehnologiei eye tracking permit realizarea unor inferențe privind procesele cognitive sau cunoștințele care stau la baza rezolvării sarcinilor de învățare (Cooke, 1994), ceea ce le face extrem de utile pentru cercetătorii din domeniul educațional, dar și pentru designerii instrucionalii. Utilitatea acestor tehnici rezidă din faptul că facilitează analiza în profunzime a schimbărilor survenite la nivelul structurilor cognitive și a patternurilor de procesare vizuală odată cu dezvoltarea nivelului de expertiză, relevând astfel abilitatea indivizilor de a percepe și folosi informațiile relevante pentru procesul de învățare (Van Gog, Paas, & Van Merriënboer, 2005).

Înregistrarea mișcărilor oculare (Rayner, 1998) furnizează informații referitoare la alocarea atenției participanților asupra unor stimuli, ceea ce face ca această metodă să fie extrem de utilă în studierea diferențelor apărute la nivelul procesării perceptive a materialelor de învățare prezentate vizual (Kaakinen & Hyönä, 2005). De altfel, o caracteristică esențială a acestei tehnici este aceea că generează „un protocol” al proceselor atenționale ale indivizilor care sunt implicate în faza de învățare (de ex., indică la ce este atent mai întâi individul și pentru cât timp, spre ce se îndreaptă mai apoi atenția și pentru cât timp, câte comutări ale atenției au loc între diferitele componente ale materialului de învățat, etc.). Prin urmare, această tehnică poate fi aplicată cu succes și în investigarea efectului pe care nivelul de expertiză al indivizilor îl are asupra procesării perceptive a materialelor instrucionale (Hyönä, 2010). De exemplu, Moreno, Reina, Luis și Sabido (2002) au susținut că un număr mai mic de fixații oculare și o durată mai mare a acestor fixații sunt asociate cu focalizarea atenției pe informații relevante pentru sarcină și reprezintă indicatori ai strategiei perceptive utilizată de experți.

Cercetarea în domeniul mișcărilor oculare a cunoscut o efervescență deosebită după revoluția cognitivă din psihologie (este cunoscută sub denumirea de „a treia eră a cercetării mișcărilor oculare”, de văzut Rayner, 1998), fiind accelerată mai ales de progresul tehnologic care a influențat pozitiv „usabilitatea” sistemelor de înregistrare a mișcărilor oculare, acestea devenind mai ușor de manevrat, neintruzive pentru utilizatori, iar pachetele software de prelucrare a datelor care le însoțesc se dovedesc extrem de utile pentru analiza unei cantități mari de date. Majoritatea cercetătorilor din acest domeniu subscriu asumției relației ochi-minte (eye-mind hypothesis; Just & Carpenter, 1980), conform căreia există o relație strânsă între fixațiile oculare și focusul atențional al indivizilor. Cu alte cuvinte, indivizii sunt atenți la (procesează)

informația vizuală spre care este direcționată privirea. Această asumție este adevărată însă doar „parțial”, în sensul în care fixațiile oculare se constituie în indicatori ai procesului (focusului) atențional specific indivizilor doar dacă informația vizuală spre care este direcționată privirea acestora este relevantă pentru sarcina de învățare (Hyönä, 2010).

În „interacțiunea” cu materialele instrucționale prezentate vizual, indivizii realizează o serie de mișcări oculare, așa-numitele sacade care sunt cele mai rapide mișcări motrice pe care ființele umane le pot face (viteza este egală cu 500° per secundă). Între sacade, ochii rămân relativ „nemișcați” (în realitate, ochii nu rămân niciodată nemișcați, deoarece există un tremur constant al acestora numit nistagmus, caracterizat prin mișcări involuntare și sacadate ale ochilor, de mică amplitudine) apărând astfel fixațiile oculare care, în funcție de sarcina vizuală și de dificultatea impusă de procesarea materialului instrucțional, durează aproximativ 200-300 ms (Rayner, 1998; de văzut și Hyönä, 2010). Inputul vizual - reprezentat de informația prezentată vizual - se realizează în timpul fixațiilor oculare, sacadele fiind responsabile de „deplasarea” ochilor astfel încât vederea centrală (fovea centralis) să fie plasată pe acele aspecte ale informației vizuale care se doresc a fi percepute clar (astfel spus, sacadele permit centrarea pe un alt stimul).

Există date empirice care susțin că dificultatea sporită a procesării unor materiale instrucționale (altfel spus, încărcarea cognitivă a sistemului cognitiv al indivizilor – vezi Sweller et al., 1998) poate fi relevată prin măsurarea mișcărilor oculare (eye movement measure; pentru o discuție extensivă referitoare la relația dintre mișcărilor oculare și procesele cognitive, vezi Rayner, 1998). De exemplu, s-a demonstrat că durata fixațiilor oculare crește ca urmare a unei dificultăți sporite a procesării materialului instrucțional (astfel, durata fixațiilor oculare poate fi considerată un indicator al încărcării cognitive, chiar dacă măsoară un aspect diferit al acestui construct față de efortul mental), în plus fiind afectată și densitatea fixațiilor oculare (mai exact, numărul de fixații este mai mare în cazul materialelor instrucționale mai greu de codat și/sau de înțeles). Totodată, studiile au indicat că durata sacadelor descrește ca urmare a unei procesări dificile, în timp ce frecvența regresiiilor oculare crește (regresiile reprezintă mișcări oculare realizate de la dreapta la stânga în cadrul unui rând de citit sau mișcări oculare care presupun revenirea la rândurile anterior citite; aproximativ 10-15% dintre sacade sunt regresii).

Pe lângă dificultatea procesării (sau a solicitărilor impuse de procesarea informației), un alt aspect care influențează comportamentul vizual al indivizilor este reprezentat de relevanța informațiilor prezentate. Astfel, o durată mai mare a fixațiilor oculare este asociată cu focalizarea atenției indivizilor pe aspectele relevante pentru sarcină comparativ cu aspectele irelevante ale sarcinilor cărora li se alocă fixații oculare cu o durată mai scurtă (Moreno et al., 2002; vezi și Kaakinen, Hyönä, & Keenan, 2002 pentru rezultate similare în procesarea textelor narative). În plus, atenția indivizilor este atrasă preponderent de aspectele mai evidente din punct de vedere

vizual care există în mediul instrucțional. De exemplu, apariția bruscă a unui stimul, mișcarea stimulilor pe un fond static sau colorarea acestora (deci, prezentarea unor stimuli cu un grad mare de contrast) reprezintă trăsături vizibile ce captează ușor atenția subiecților. Astfel spus, atenția indivizilor este orientată atât endogen (inițierea mișcărilor oculare în funcție de interesele sau scopurile subiecților), cât și exogen (realizarea unor mișcări oculare în funcție de stimulii externi, în general de acei stimuli care sunt mai evidenți din punct de vedere vizual; Underwood, Chapman, Brocklehurst, Underwood, & Crundall, 2003). Mecanismele de orientare endogenă a atenției sunt influențate de cunoștințele pe care indivizii le posedă despre sarcinile de învățare, despre mediul educațional utilizat, despre relevanța informațiilor furnizate și deci, implicit, de nivelul de expertiză al indivizilor.

Studiile din domeniul mișcărilor oculare vizând modul în care novicii și experții percep informațiile relevante versus cele irelevante ale sarcinilor (de ex., procesul de citire, perceperea unor compoziții) susțin asumția teoretică că alocarea atenției este influențată de nivelul de expertiză al indivizilor (Rayner, 1998; Van Gog et al., 2005). Mai specific, s-a demonstrat că indivizii cu un nivel sporit de cunoștințe anterioare (experții) într-un domeniu tind să își focalizeze atenția mai mult pe informațiile relevante ale sarcinilor comparativ cu novicii din acel domeniu (Van Gog & Scheiter, 2010). Tendința experților de a se focaliza mai mult pe informațiile relevante pentru sarcină și mai puțin pe informațiile mai evidente, dar irelevante pentru atingerea scopului este atribuită ipotezei reducerii informației (information-reduction hypothesis; Canham & Hegarty, 2010; Haider & Frensch, 1999; Jarodzka, Scheiter, Gerjets, & Van Gog, 2010). Conform acestei ipoteze, progresul în performanță (ca urmare a acumulării de cunoștințe într-un domeniu) favorizează apariția unor modalități noi de înțelegere și de raportare la informațiile relevante pentru sarcină, indivizii devenind astfel capabili să deceleze care dintre trăsăturile sarcinilor trebuie procesate cu precădere și care nu.

Haider și Frensch (1999) au arătat că odată cu acumularea experienței (ca urmare a exersării), participanții învață să facă distincția dintre informațiile relevante și cele irelevante pentru sarcină. Astfel, dacă la început participanții au înregistrat un număr egal de fixații oculare asupra informațiilor relevante și a celor irelevante pentru sarcină, treptat, ca urmare a experienței acumulate prin exersare, aceștia au avut semnificativ mai puține fixații pe aspectele irelevante ale sarcinii.

În încercarea de a evidenția măsura în care rezultatele obținute de Haider și Frensch (1999) pot fi generalizate, Canham și Hegarty (2010) au ales un alt domeniu („citirea” hărților meteorologice) și situația în care expertiza nu era dezvoltată gradual ca urmare a exersării, ci a achiziției de noi cunoștințe (prin oferirea unei instruiți cu o durată de aprox. 10-15 minute). Rezultatele obținute de autori au confirmat datele din studiul lui Haider și Frensch (1999),

indicând că, în urma acumulării de noi cunoștințe ca urmare a instruirii furnizate, subiecții își focalizează atenția semnificativ mai mult pe informațiile relevante dintr-o hartă meteo, în detrimentul celor irelevante. Cu alte cuvinte, în lipsa unor cunoștințe anterioare, participanții alocă atenție acelor trăsături ale hărților meteo care sunt mai evidente (vizibile), dar irelevante (de ex., informații despre temperatură reprezentate prin diferite culori) numai în fazele inițiale ale procesării informației, nu și în cele finale. De remarcat că nu s-au înregistrat diferențe semnificative în ceea ce privește focalizarea atenției participanților (durata fixațiilor oculare) pe informațiile relevante ale unor versiuni diferite de hărți meteorologice (una conținea informații irelevante, iar cealaltă nu conținea informații irelevante). Faptul că indivizii nu erau familiarizați cu hărți ce conțineau doar informații relevante (informații despre presiunea atmosferică) poate fi explicația pentru lipsa efectelor pozitive ale acestui tip de hărți meteo asupra focusului atențional. Așadar, rezultatele acestui studiu susțin ipoteza că odată cu achiziționarea cunoștințelor, indivizii se focalizează mai mult pe informațiile relevante și mai puțin pe informațiile irelevante din hărțile meteorologice, „promovând” generalizarea acestei asumptii pentru sarcini („citirea” hărților meteorologice) și pentru situații cu o mai mare validitate ecologică (situații tipice instruirii la nivel de clasă).

În studiul realizat de Jarodzka, Scheiter, Gerjets și Van Gog (2010), unor experți și novici din domeniul biologiei li s-au prezentat secvențe video cu diferiți pești și li s-a cerut să identifice patternul de locomoție al acestora. Concluzia autorilor a fost aceea că experții își focalizează atenția pe aspectele relevante mai mult decât pe cele irelevante ale stimulilor dinamici prezentați, abordează sarcinile într-o manieră mai eterogenă decât novicii (aspect indicat de variabilitatea patternurilor perceptuale) și aplică „prescurtări” (knowledge-based shortcuts) în descrierea patternurilor de locomoție bazându-se pe trăsăturile caracteristice speciilor de pești prezentate. Aceste rezultate sunt în concordanță cu cele ale studiilor anterior menționate (Canham & Hegarty, 2010; Haider & Frensch, 1999), sugerând că experții își focalizează atenția mai mult pe trăsăturile relevante ale sarcinilor, în acest caz, pe cele ale stimulilor dinamici expuși comparativ cu novicii. Jarodzka și colaboratorii (2010) au precizat că rezultatele obținute în studiul lor pot fi utilizate pentru formularea unor recomandări privind ghidarea atenției novicilor înspre informațiile relevante în atingerea scopurilor, precum și pentru modelarea eficientă a unor strategii de vizualizare a materialelor dinamice complexe (modelare realizată prin prezentarea unor exemple de vizualizare eficientă).

După cum reiese din analiza comparativă a patternurilor vizuale (traectoria mișcărilor oculare și a sacadelor) manifestate în timpul studierii unor fotografii aeriene de către experți și novici, întreprinsă de Lansdale, Underwood și Davies (2010), patternurile de procesare vizuală sunt semnificativ diferite pentru cele două categorii de indivizi. Astfel, în timp ce subiecții

nefamiliarizați cu astfel de sarcini și-au direcționat preponderent atenția spre zonele mai evidente din punct de vedere vizual, experții au fost semnificativ mai puțin influențați de trăsăturile „izbitoare”, dar irelevante ale fotografiilor. În plus, experții au oferit răspunsuri mult mai corecte decât novicii în sarcinile de detectare a schimbărilor (change-detection task) și în cele de memorare a locațiilor din fotografiile aeriene prezentate. Interesant însă este faptul că cele două grupuri de indivizi au fost în egală măsură influențate de trăsăturile mai evidente ale fotografiilor în sarcinile de detectare a schimbărilor și în cele de memorare a locațiilor, fiind percepuți și memorați cu precădere acei stimuli-țintă care erau plasați în zone mai „vizibile” (deci, focalizarea atenției a fost pe aspectele irelevante ale stimulilor). Diferențele apărute în cazul experților între comportamentul de focalizare a atenției relevat de înregistrarea mișcărilor oculare și cel evidențiat cu ajutorul sarcinilor de detectare a schimbărilor și de memorare a locațiilor au fost explicate de Lansdale et al. (2010) prin faptul că specificul sarcinilor de memorare spațială (implică necesitatea codării locațiilor) îi „obligă” pe experți să utilizeze într-o manieră eficientă atât informațiile irelevante (dar „izbitoare”), cât și informațiile relevante ale fotografiilor. Sumarizând, studiile din domeniul mișcărilor oculare descrise anterior au demonstrat că nivelul de expertiză în diferite domenii (de ex., șah, procesarea unor grafice complexe sau a unor materiale dinamice complexe) este relaționat cu dezvoltarea proceselor cognitive și perceptuale ale subiecților, respectiv cu procesarea informației relevante pentru sarcini, în detrimentul celei irelevante.

Trebuie menționat faptul că doar câteva studii din literatura parcursă de noi au investigat alocarea atenției participanților în contextul rezolvării unor probleme (de ex., Hegarty, Mayer, & Green, 1992; Hegarty & Just, 1993; Graesser, Lu, Olde, Cooper-Pye, & Whitten, 2005). De asemenea, doar două din literatură parcursă de noi a explorat alocarea atenției de către participanți în timpul rezolvării unor probleme din domeniul științelor biologice (de ex., Tsai, Hou, Lai, Liu, & Yang, 2012). De exemplu, Hegarty și colaboratorii (Hegarty et al., 1992; Hegarty, Mayer, & Monk, 1995) au examinat mișcările oculare ale studenților în timpul rezolvării unor probleme de matematică bazate pe text. Rezultatele obținute în studiul realizat de Hegarty și colaboratorii (1995) au indicat că există diferențe semnificative între studenții cu performanță superioară și cei cu performanță scăzută în ceea ce privește patternul mișcărilor oculare, precum și tipul de erori făcute în procesul de rezolvare a problemelor. Mai exact, studenții cu performanță scăzută își focalizează atenția (prezintă un număr mai mare de fixații oculare) pe denumirea variabilelor și pe numerele incluse în textul problemelor, în timp ce studenții cu performanță sporită nu își focalizează atenția într-o mare măsură asupra acestor aspecte. Aceste rezultate indică faptul că cele două categorii de studenți utilizează diferite strategii de comprehensiune în timpul procesului de rezolvare a problemelor, respectiv o

strategie ce vizează „traducerea directă” a informațiilor furnizate de probleme (engl., direct-translation strategy) și care presupune focalizarea pe numere și pe termeni relaționali precum „mai mult”, „mai puțin”, iar apoi utilizarea lor în procesul de rezolvare, precum și o strategie ce vizează dezvoltarea unui model mental al problemei pe baza variabilelor prezentate în textul problemei (engl., problem-model strategy; pentru mai multe detalii despre aceste strategii, vezi Hegarty et al., 1995). În plus, comparativ cu studenții cu performanță scăzută, cei cu performanță sporită au obținut rezultate mai bune la memorarea textului problemelor, ceea ce indică faptul că posedă o abilitate sporită în formarea de reprezentări necesare procesului de rezolvare.

În studiul realizat de Tai, Loehr și Brigham (2006), s-a utilizat tehnologia eye tracking pentru a investiga diferențele în ceea ce privește procesul de rezolvare a unor probleme din domeniul biologiei, chimiei și fizicii de către studenți cu variate niveluri de expertiză. Rezultatele obținute au relevat că în cazul studenților cu un nivel sporit de expertiză în unul dintre cele trei domenii numărul fixațiilor oculare în *zonele de interes* (zonele în care se aflau aspectele relevante pentru rezolvarea problemei precum textul problemei, zona în care erau variantele multiple de răspuns, etc.), respectiv numărul sacadelor realizate pentru mișcarea ochilor între aceste zone de interes a fost mai mic comparativ cu cel al studenților cu un nivel scăzut de expertiză. În plus, autorii au identificat existența unor diferențe în ceea ce privește mișcărilor oculare nu doar între studenții studiind un singur domeniu (de ex., biologie), dar și între cele trei discipline. Cu alte cuvinte, mișcărilor oculare ale fiecărui student diferă între cele trei domenii.

Mai recent, Tsai și colaboratorii (2012) au examinat alocarea atenției studenților în cazul rezolvării unor sarcini/probleme de biologie cu variante multiple de răspuns. Rezultatele studiului au indicat faptul că toți studenții alocă fixații oculare de mai lungă durată opțiunilor de răspuns pe care le selectează ca fiind corecte decât celor respinse, iar studenții cu performanță superioară în rezolvarea problemelor au fixații oculare mai lungi asupra aspectelor relevante ale problemelor comparativ cu studenții cu performanță scăzută care au dificultăți în recunoașterea aspectelor relevante ale problemelor și, în consecință, își focalizează un timp mai îndelungat atenția pe aspectele irelevante procesului de rezolvare. Mai mult, în timp ce studenții cu performanță superioară în rezolvarea problemelor își modifică patternul mișcărilor oculare prin comutarea atenției de la aspectele irelevante ale problemelor la cele relevante, în cazul studenților cu performanță scăzută în rezolvarea problemelor reversul a fost valabil. Cu toate că ultimele două studii menționate au relevat informații utile despre modul de procesare cognitivă în timpul rezolvării unor probleme de biologie, chimie și fizică, niciun studiu, din literatura parcursă de noi, nu a investigat alocarea atenției studenților în procesul de rezolvare în cazul utilizării unor niveluri diferite de suport instrucțional.

Pe lângă investigarea efectului pe care exemplele incomplet rezolvate le au asupra alocării atenției comparativ cu problemele incomplete și cele convenționale, un alt scop al studiului de față a fost acela de a examina relația dintre procesarea „online” (numărul de fixații oculare și durata fixațiilor oculare) și procesarea „offline” a problemelor primite spre rezolvare în mediul educațional computerizat (mai exact, performanța în training, timpul de învățare, încărcarea cognitivă experimentată). În acest sens, am analizat ipoteza conform căreia patternurile de procesare vizuală vor fi diferite pentru cele trei tipuri de suport instrucțional. Mai specific, am prezis că este probabilă apariția unor diferențe la nivelul mișcărilor oculare atât între cele trei condiții experimentale, cât și de la începutul până la sfârșitul fazei de training ca urmare a expunerii „multiple” a studenților la sarcini de rezolvare (cele cinci probleme de genetică din faza de training).

De asemenea, am analizat măsura în care apar relații între datele obținute cu ajutorul tehnologiei eye tracking (procesarea „online”) și măsurătorile „offline” privind performanța, respectiv timpul petrecut în training și încărcarea cognitivă resimțită de participanți. În acest sens, am prezis că rezultatele privind alocarea atenției participanților (evidențiate de mișcările oculare) vor fi pozitiv corelate cu performanța obținută în training, timpul și efortul mental investit în această fază, respectiv cu dificultatea percepută a sarcinilor. Altfel spus, cu cât o problemă necesită mai multe fixații oculare și o durată mai mare a fixațiilor cu atât este mai mare performanța obținută, chiar dacă în același timp este percepută ca având o dificultate sporită.

4.2.2 Metodă

4.2.2.1 Participanți

La studiu au participat 63 de studenți de la o universitate din Germania. Vârsta medie a participanților a fost 22.75 ($AS = 2.72$), iar repartizarea pe sexe a fost următoarea: 52 fete și 11 băieți. De menționat că au participat aceiași subiecți ca și în studiul 4.1, caracteristicile acestora fiind descrise pe larg în acel studiu. Motivul pentru care în acest studiu sunt mai puțini participanți este acela că rezultatele a patru subiecți au fost excluse din analiza finală a datelor ca urmare a unor probleme de ordin tehnic. Toți participanții la studiu au avut vederea normală sau corectată la normal și au posedat cel puțin un minimum de cunoștințe anterioare despre legile mendeliene ale eredității (Mendel, 1985). Fiecare participant a fost recompensat cu puncte credit necesare stagiului de practică pentru participarea la studiu.

În mod similar cu studiul 4.1, participanții au fost repartizați aleator în una dintre cele trei condiții experimentale ale studiului: exemple incomplet rezolvate ($n = 21$), probleme incomplete ($n = 21$) și probleme convenționale ($n = 21$).

4.2.2.2 Aparatură și materiale

Mediul educațional computerizat utilizat în acest studiu și *materialele instrucționale* din baza de date MySQL (pretest, posttest, scalele de evaluare subiectivă a efortului mental, dificultatea percepută a sarcinilor, etc.), precum și interacțiunile utilizatorilor cu sistemul, respectiv: scorurile obținute de participanți la pretest, training și posttest timpul petrecut în toate fazele experimentului, au fost asemănătoare celor descrise în studiul 4.1. De asemenea, problemele de genetică prezentate spre rezolvare în faza de training sunt similare cu cele descrise în extenso în studiul 4.1.

Echipamentul de înregistrare a mișcărilor oculare. Mișcările oculare ale participanților au fost înregistrate cu ajutorul unui sistem de înregistrare a mișcării globilor oculari, încorporat într-un PC, numit Tobii T60XL cu o rată a dispersiei temporale (temporal sampling rate) de 60 Hz. Rezoluția monitorului a fost setată la 1920 x 1200 pixeli. Software-ul Tobii StudioTM a fost utilizat atât pentru înregistrarea mișcărilor oculare și acțiunilor întreprinse de utilizatori cu ajutorul mouse-ului și a tastaturii, cât și pentru analiza datelor privind mișcările oculare. Figura 4.5 prezintă un exemplu al mișcărilor oculare realizate de un participant în cazul rezolvării unei probleme incomplete din mediul educațional computerizat în care doi din cei cinci pași necesari aflării soluției finale sunt completați de program.

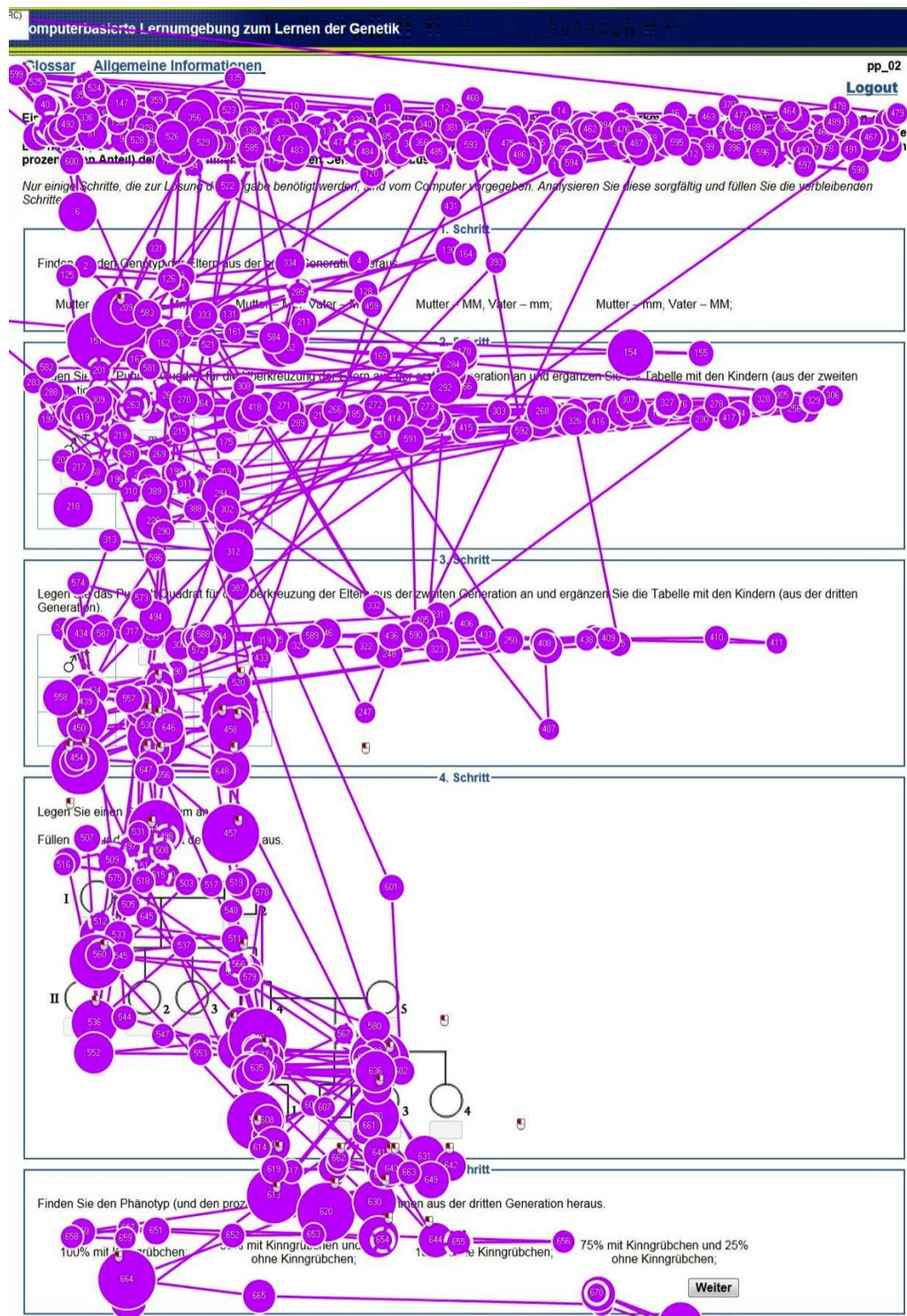


Figura 4.5. Exemplu de mișcări oculare realizate în cazul rezolvării unei probleme incomplete din mediul educațional computerizat în care doi din cei cinci pași necesari aflării soluției finale sunt completați de program

4.2.2.3 Procedură

Experimentul a fost realizat în sesiuni individuale cu o durată de aproximativ 90 minute, depășind această durată doar în cazul participanților care au verbalizat o cantitate mai mare de informații. Pentru început, participanților li s-au prezentat în linii generale procedura de lucru și subiectul vizat de studiu. Deoarece au fost înregistrate mișcările oculare ale studenților, a fost obținut consimțământul scris pentru participarea la acest studiu. Procedura experimentală a fost similară cu cea descrisă în studiul 4.1, singura excepție fiind faptul că, datorită înregistrării mișcărilor în timpul trainingului, după completarea pretestului, participanții au fost așezați în fața PC-ului pentru a permite calibrarea sistemului de înregistrare a mișcărilor oculare. În timpul calibrării, sistemul de înregistrare a mișcărilor oculare a măsurat caracteristicile ochilor participanților ceea ce permite calcularea corectă a direcției fixațiilor.

4.2.2.4 Analiza datelor colectate cu ajutorul sistemului de înregistrare a mișcărilor oculare

Pentru a analiza mișcările oculare ale participanților, au fost definite șase zone de interes (AOIs), reprezentate de textul sau datele problemei și fiecare pas necesar aflării soluției finale.

Stabilirea zonelor de interes a permis determinarea măsurii în care participanții au privit o anumită zonă de interes în timpul procesului de rezolvare a sarcinilor și a duratei focalizării atenției pe o zonă de interes. *Numărul total al fixațiilor oculare* reprezintă suma fixațiilor care au avut loc în toate cele șase zone de interes. *Durata totală a fixațiilor oculare* a fost definită ca suma duratei fixațiilor care au avut loc într-o zonă de interes. *Durata unei fixații oculare* poate fi definită ca și perioada de timp (măsurată în milisecunde; de obicei între 100 și 300 ms) de relativă stabilitate a ochilor ce are loc între două sacade (mișcările „rapide” ale ochilor ce sunt utilizate pentru a schimba rapid direcția privirii). Tabelul 4.3 prezintă mediile (M) și abaterile standard (AS) ale numărului de fixații oculare și duratei fixațiilor separat pentru fiecare din cele trei condiții experimentale.

4.2.3 Rezultate

Pentru toate analizele statistice pragul de semnificație setat a fost .05. Ca mărime a efectului pentru analiza de varianță (ANOVA) a fost raportat indicele *partial eta squared* (η_p^2), valorile acestui indice fiind interpretate astfel: efect scăzut = .01, efect mediu = .06 și efect puternic = .14 (Cohen, 1988). Performanța în toate fazele experimentului a fost calculată ca procentaj de răspunsuri corecte (numărul itemilor rezolvați corect împărțit la numărul total de itemi).

Tabelul 4.3. Mediile (M) și abaterile standard (AS) ale variabilelor dependente măsurate în training pentru cele trei condiții experimentale

	IWE (n = 21)		CMP (n = 21)		CVP (n = 21)	
	M	AS	M	AS	M	AS
Problema 1						
1. Performanță	.64	.26	.61	.31	.60	.22
2. Dificultate	3.31	.77	3.69	.60	3.64	.81
percepută						
3. Efort mental	3.20	.79	3.23	.63	3.46	.65
4. Număr fixații	301.62	103.10	363.95	108.35	390.90	155.41
5. Durată fixații	86.55	39.25	115.01	38.33	129.69	48.52
Problema 2						
6. Performanță	.64	.26	.61	.31	.60	.22
7. Dificultate	3.31	.77	3.69	.60	3.64	.81
percepută						
8. Efort mental	3.20	.79	3.23	.63	3.46	.65
9. Număr fixații	323.81	100.40	634.10	186.70	491.86	167.66
10. Durată fixații	97.37	33.98	191.79	46.11	161.61	55.44
Problema 3						
11. Performanță	.64	.26	.61	.31	.60	.22
12. Dificultate	3.31	.77	3.69	.60	3.64	.81
percepută						
13. Efort mental	3.20	.79	3.23	.63	3.46	.65
14. Număr fixații	268.81	80.74	490.38	196.50	335.24	157.74
15. Durată fixații	80.26	30.26	148.73	61.80	111.79	45.06
Problema 4						
16. Performanță	.64	.26	.61	.31	.60	.22
17. Dificultate	3.31	.77	3.69	.60	3.64	.81
percepută						
18. Efort mental	3.20	.79	3.23	.63	3.46	.65
19. Număr fixații	419.67	132.52	850.14	317.12	708.81	340.50
20. Durată fixații	124.55	48.16	258.66	113.25	214.49	91.31
Problema 5						
21. Performanță	.64	.26	.61	.31	.60	.22

22. Dificultate percepută	3.31	.77	3.69	.60	3.64	.81
23. Efort mental	3.20	.79	3.23	.63	3.46	.65
24. Număr fixații	435.00	220.07	850.67	346.02	992.00	372.85
25. Durată fixații	138.21	80.42	241.95	99.77	297.67	90.80

Notă. IWE = exemple incomplet rezolvate, CMP = probleme incomplete, CVP = probleme convenționale.

4.2.4.1 Măsurătorile offline

Înainte de testarea ipotezelor, s-a folosit analiza multivariată de varianță (MANOVA) pentru a analiza diferențele dintre cele trei condiții experimentale (exemple incomplet rezolvate, probleme incomplete și probleme convenționale) înainte de faza de training. Variabilele dependente au fost performanța, dificultatea percepută a sarcinilor și efortul mental investit de participanți în faza de pretest. Testul Box M nu a indicat violarea asumției de echivalență a matriciei de covarianță ($p = .293$). MANOVA nu a relevat diferențe semnificative între condițiile experimentale în ceea ce privește performanța, dificultatea percepută a sarcinilor și efortul mental investit de utilizatori în faza de pretest, Pillai's trace, $V = .080$, $F(6, 118) = .824$, $p = .554$, $\eta^2 = .04$. Prin urmare, validitatea internă a studiului nu este „amenințată” întrucât nu există diferențe semnificative între cele trei condiții înainte de training. Tabelul 4.4 prezintă mediile (M) și abaterile standard (AS) ale variabilelor dependente măsurate în faza de pretest și posttest pentru fiecare dintre cele trei condiții experimentale.

Pentru a testa dacă participanții au progresat în termeni de performanță de la pretest la posttest ca urmare a fazei de training, s-a recurs la ANOVA de tip mixt, cu tipul de suport instrucțional ca factor de variație intersubiecți și performanța obținută în pre- și posttest ca factor de variație intrasubiecți. Rezultatele au relevat o creștere semnificativă a performanței obținută în posttest ($M_{total} = .84$, $AS = .20$) comparativ cu cea obținută în pretest ($M_{total} = .62$, $AS = .26$), $F(1, 60) = 51.13$, $p < .001$, $\eta^2 = .46$. Nu s-a înregistrat un efect semnificativ al tipului de suport instrucțional, $F(2, 60) = 0.277$, $p = .759$, $\eta^2 = .01$, sau al interacțiunii dintre tipul de suport instrucțional și diferența în performanță de la pretest la posttest, $F(2, 60) = 0.158$, $p = .854$, $\eta^2 = .01$, ceea ce indică faptul că participanții din toate cele trei condiții experimentale au învățat în egală măsură în urma trainingului.

Analize similare au fost întreprinse și pentru încărcarea cognitivă. Rezultatele ANOVA de tip mixt au indicat o descreștere semnificativă a dificultății percepute a sarcinilor în posttest ($M_{total} = 2.67$, $AS = .66$) comparativ cu cea din pretest ($M_{total} = 3.53$, $AS = .75$), $F(1, 60) =$

127.76, $p < .001$, $\eta^2 = .68$. Nu s-a înregistrat un efect semnificativ al tipului de suport instrucțional, $F(2, 60) = 0.872$, $p = .424$ sau al interacțiunii dintre tipul de suport instrucțional și diferența în dificultatea percepută de la pretest la posttest, $F(2, 60) = 1.91$, $p = .157$. În ceea ce privește efortul mental investit, rezultatele au indicat o descreștere semnificativă a efortului mental investit în posttest ($M_{total} = 2.95$, $AS = .79$) comparativ cu cel investit în pretest ($M_{total} = 3.28$, $AS = .69$), $F(1, 60) = 20.50$, $p < .001$, $\eta^2 = .26$. Nu s-a înregistrat un efect semnificativ al tipului de suport instrucțional, $F(2, 60) = 1.10$, $p = .339$ sau al interacțiunii dintre tipul de suport instrucțional și diferența în efort mental de la pretest la posttest, $F(2, 60) = 0.75$, $p = .475$. Cu alte cuvinte, descreștea încărcării cognitive de la pretest la posttest a fost semnificativă, însă aceeași pentru toate cele trei condiții.

În fine, pentru analiza diferențelor dintre cele trei condiții experimentale în ceea ce privește performanța și încărcarea cognitivă (dificultatea percepută a sarcinilor, efortul mental investit) în posttest s-a folosit MANOVA. Testul Box M nu a indicat violarea asumției de echivalență a matriciei de covarianță ($p = .159$). Rezultatele nu au relevat un efect semnificativ al tipului de control instrucțional asupra celor trei variabile dependente, Pillai's trace, $V = .061$, $F(6, 118) = .614$, $p = .718$ (vezi Tabelul 4.4). Ca urmare, studenții au obținut aceeași performanță în posttest și au experimentat aceeași încărcare cognitivă în rezolvarea problemelor din posttest în toate cele trei condiții experimentale.

Tabelul 4.4. Mediile (M) și abaterile standard (AS) ale variabilelor dependente măsurate în pretest și posttest pentru cele trei condiții experimentale

	IWE ($n = 21$)		CMP ($n = 21$)		CVP ($n = 21$)	
	<i>M</i>	<i>AS</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Pretest						
1. Performanță	4.48	1.83	4.29	2.15	4.19	1.53
2. Dificultate percepută	23.14	5.42	25.81	4.18	25.19	5.89
3. Efort mental	22.43	5.53	22.62	4.42	23.86	4.53
Posttest						
4. Performanță	6.00	1.18	6.05	1.36	5.67	1.74
5. Dificultate percepută	18.19	5.87	18.38	3.63	19.52	4.17
6. Efort mental	20.19	6.74	19.52	4.27	22.29	5.16
<i>Notă.</i> IWE = Exemple incomplet rezolvate, CMP = Probleme incomplete, CVP = Probleme conventionale.						

4.2.4.2 Datele referitoare la mișcările oculare

O serie de ANOVA de tip mixt cu tipul de suport instrucțional (condițiile experimentale) ca factor de variație intersubiecți și numărul de exersări ca factor de variație intrasubiecți (prima problemă vs. a doua problemă vs. a treia problemă vs. a patra problemă vs. a cincea problemă) au fost realizate în scopul examinării alocării atenției în procesul de rezolvare a problemelor din training. Pentru comparații între perioadele de exersare (între cele cinci probleme din training), am folosit testul post-hoc Bonferroni, controlând astfel eroare de Tip I sau eroarea alfa.

Pentru numărul total al fixațiilor oculare, a fost realizată ANOVA de tip mixt cu tipul de suport instrucțional ca factor de variație intersubiecți și numărul de exersări ca factor de variație intrasubiecți. Testul Mauchly de sfericitate este semnificativ ceea ce indică violarea asumției privind sfericitatea ($\chi^2(9) = 44.96, p < .001$) și, prin urmare, nivelurile de semnificație ale analizei trebuie ajustate. În acest scop a fost folosit testul Greenhouse-Geisser ($\epsilon = .735$) pentru care semnificația raportului F este mai mic decât 0.001. Mai exact, rezultatele au relevat un efect semnificativ al numărului de exersări, $F(2.94, 176.31) = 70.00, p < .001, \eta^2 = .54$, precum și un efect semnificativ al interacțiunii dintre tipul de suport instrucțional și numărul de exersări, $F(5.88, 176.31) = 9.66, p < .001, \eta^2 = .24$ asupra numărului total de fixații oculare. Cu alte cuvinte, numărul total de fixații oculare între cele cinci probleme din training diferă semnificativ între cele trei condiții experimentale (vezi Figura 4.6). Mai specific, numărul fixațiilor în problemele incomplete a fost semnificativ mai scăzut în cazul primei și ultimei probleme din training comparativ cu numărul fixațiilor în problemele convenționale, în timp ce pentru celelalte trei probleme (problemele 2, 3 și 4) numărul fixațiilor a fost mai mare în cazul problemelor incomplete comparativ cu cele convenționale.

Referitor la efectul numărului de exersări, testul post-hoc Bonferroni a evidențiat, prin intermediul mediei diferențelor, că numărul total de fixații oculare pentru problema 1 și problema 3 nu diferă semnificativ, însă numărul total de fixații oculare pentru problema 1 a fost semnificativ mai scăzut decât în celelalte probleme ($ps < .05$). În plus, numărul total de fixații oculare pentru problema 5 a fost semnificativ mai mare decât în toate celelalte probleme ($ps < .05$).

De asemenea, ANOVA de tip mixt a relevat un efect semnificativ al tipului de suport instrucțional asupra numărului fixațiilor oculare, $F(2, 60) = 19.48, p < .001, \eta^2 = .39$. Comparațiile post-hoc cu testul Games-Howell (acesta este un post-hoc test pentru varianțe inegale între grupuri) au relevat că studenții ce beneficiază de exemple incomplet rezolvate prezintă un număr de fixații semnificativ mai mic în training comparativ cu studenții ce beneficiază de probleme incomplete sau probleme convenționale ($ps < .001$). Numărul de fixații

oculare nu a diferit semnificativ în cazul problemelor incomplete comparativ cu problemele convenționale ($p = .612$).

Într-un mod similar numărului de fixații oculare, durata fixațiilor a fost analizată cu ajutorul analizei ANOVA de tip mixt cu tipul de suport instrucțional ca factor de variație intersubiecți și numărul de exersări ca factor de variație intrasubiecți. Testul Mauchly de sfericitate este semnificativ ceea ce indică violarea asumției privind sfericitatea ($\chi^2(9) = 44.96, p < .001$) și, prin urmare, nivelurile de semnificație ale analizei trebuie ajustate, folosindu-se în acest scop ($\epsilon = .722$). Rezultatele au indicat un efect semnificativ al numărului de exersări, $F(2.89, 173.23) = 64.55, p < .001, \eta^2 = .52$, precum și un efect semnificativ al interacțiunii dintre tipul de suport instrucțional și numărul de exersări, $F(5.77, 173.23) = 8.08, p < .001, \eta^2 = .21$ asupra duratei fixațiilor oculare, ceea ce indică faptul că durata fixațiilor oculare între cele cinci probleme din training diferă semnificativ între condițiile experimentale (vezi Figura 4.7). Mai exact, durata fixațiilor oculare în problemele incomplete a fost semnificativ mai scurtă în cazul primei și ultimei probleme din training comparativ cu durata fixațiilor în problemele convenționale, în timp ce pentru celelalte trei probleme (problemele 2, 3 și 4) durata fixațiilor a fost mai lungă în cazul problemelor incomplete comparativ cu problemele convenționale.

În ceea ce privește efectul numărului de exersări, testul post-hoc Bonferroni a evidențiat că durata fixațiilor oculare pentru problema 1 și problema 3 nu diferă semnificativ, însă durata fixațiilor pentru problema 1 a fost semnificativ mai scurtă decât în celelalte probleme (problemele 2, 4 și 5; $ps < .05$). De asemenea, durata fixațiilor oculare pentru problema 5 a fost semnificativ mai lungă decât în toate celelalte probleme ($ps < .01$), cu excepția problemei 4 ($p = .177$).

În fine, ANOVA de tip mixt a relevat un efect semnificativ al tipului de suport instrucțional asupra duratei fixațiilor oculare, $F(2, 60) = 19.85, p < .001, \eta^2 = .40$. Comparațiile post-hoc cu testul Games-Howell au indicat că studenții ce beneficiază de exemple incomplet rezolvate prezintă durată a fixațiilor semnificativ mai scurtă comparativ cu studenții ce beneficiază de probleme incomplete sau probleme convenționale ($ps < .001$). Oricum durata fixațiilor oculare nu a diferit semnificativ în cazul problemelor incomplete comparativ cu problemele convenționale ($p = .874$).

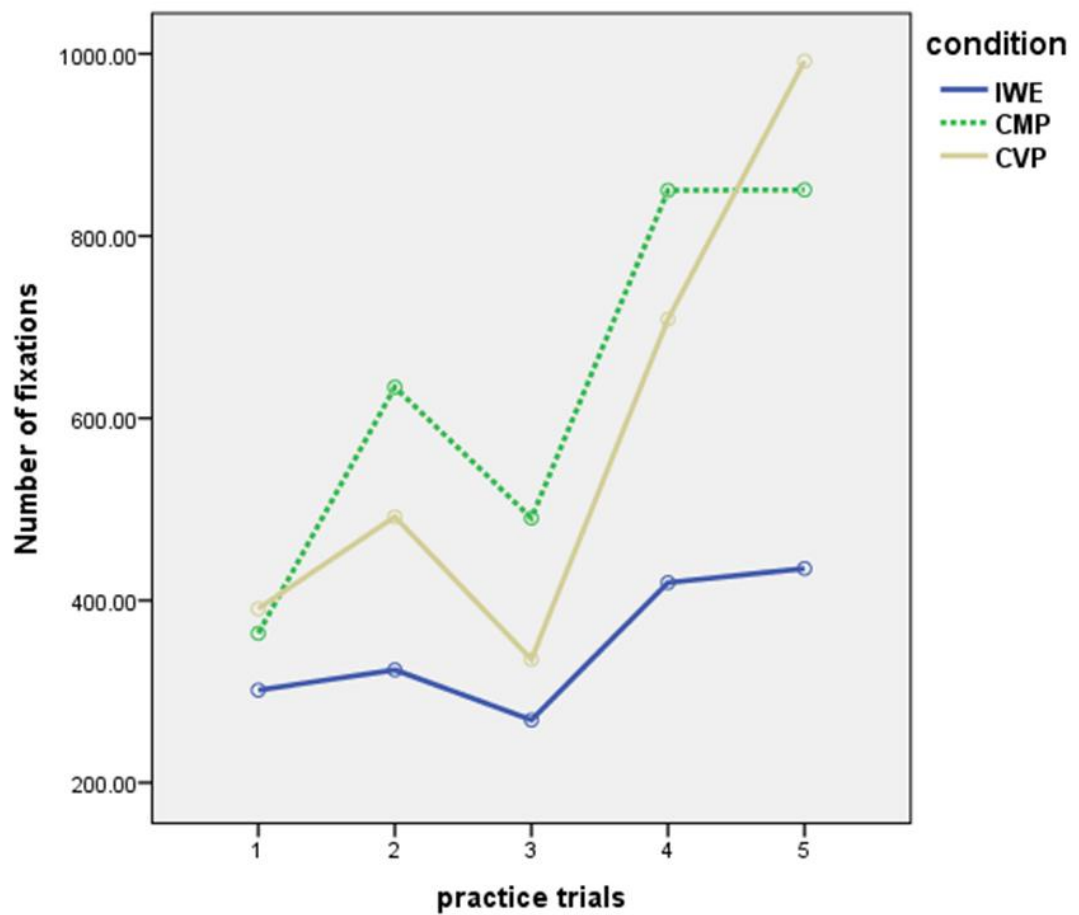


Figura 4.6 Reprezentarea grafică a interacțiunii dintre tipul de suport instrucțional (condițiile experimentale) și numărul de exersări asupra numărului de fixații oculare;

Number of fixations = Numărul de fixații oculare, practice trials = numărul de exersări, condition = condiții experimentale, IWE = exemple incomplet rezolvate, CMP = probleme incomplete, CVP = probeleme convenționale.

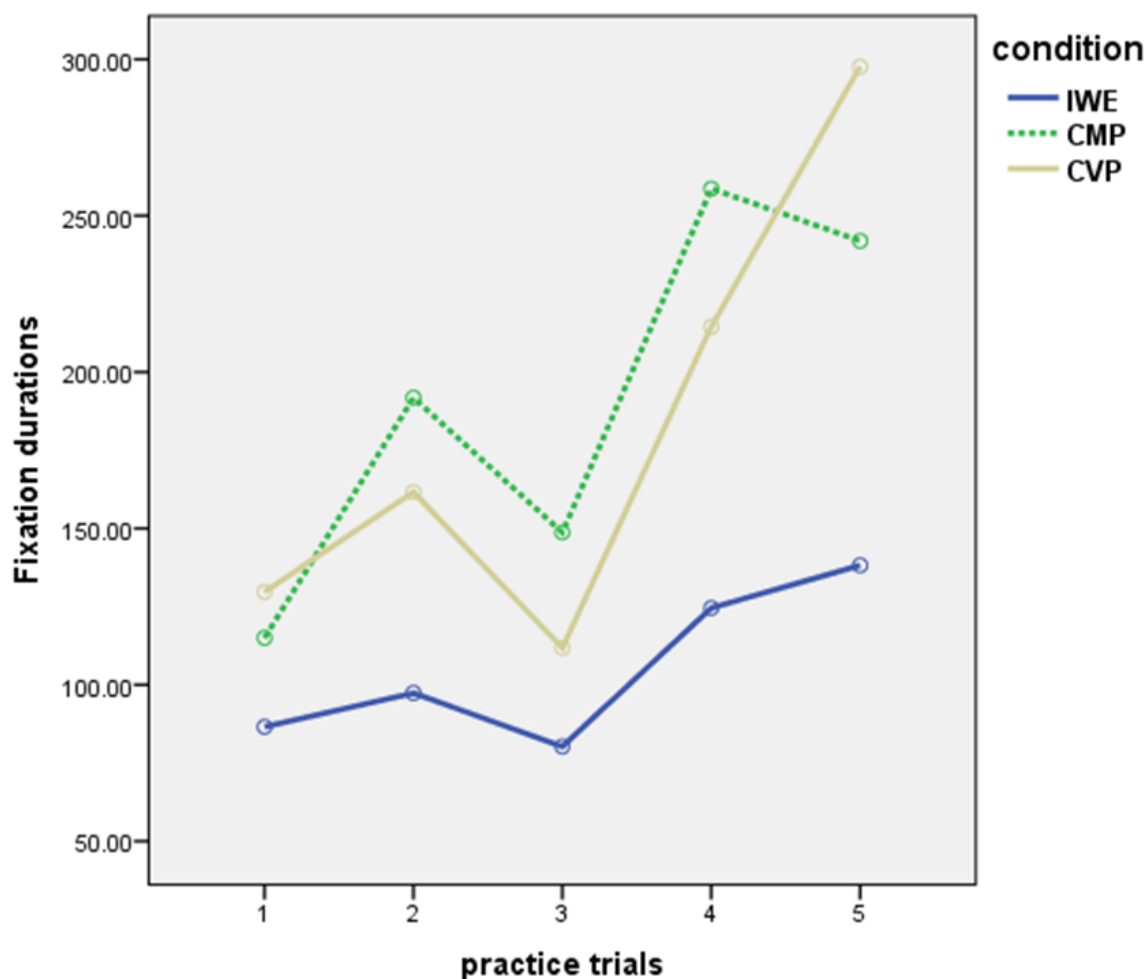


Figura 4.7 Reprezentarea grafică a interacțiunii dintre tipul de suport instrucțional și numărul de exersări asupra duratei fixațiilor oculare;

Fixation durations = durata fixațiilor oculare, practice trials = numărul de exersări, condition = condiții experimentale, IWE = exemple incomplet rezolvate, CMP = probleme incomplete, CVP = probleme convenționale.

4.2.4.3 Corelarea procesării online (datelor referitoare la mișcările oculare) cu măsurătorile offline

Un alt aspect care ne-a interesat a vizat măsura în care se poate pune în evidență existența unor corelații între parametrii relaționați cu mișcările oculare și rezultatele obținute în training, mai exact performanța din training, timpul petrecut în această fază și încărcarea cognitivă experimentată. În acest scop, am calculat coeficienții de corelație tau a lui Kendall întrucât datele nu au urmat o distribuție normală (corelații neparametrice; vezi Field, 2005).

A fost prezisă o corelație pozitivă între numărul și durata fixațiilor oculare asupra fiecărei probleme din training și performanța obținută, timpul necesar rezolvării acelei probleme, respectiv încărcarea cognitivă experimentată (dificultatea percepută a sarcinilor și efortul mental investit).

Tabelul 4.5. Coeficienții de corelație tau a lui Kendall ($N = 63$)

	Prob. 1	Prob. 1	Prob. 2	Prob. 2	Prob. 3	Prob. 3	Prob. 4	Prob. 4	Prob. 5	Prob. 5
Training	N.	Durată	N.	Durată	N.	Durată	N.	Durată	N.	Durată
	fixații	fix.	fixații	fix.	fixații	fix.	fixații	fix,	fixații	fix.
Problema 1										
1. Performanță	.160	.235*								
2. Dif.percepută	.402**	.378**								
3. Efort mental	.253*	.316**								
4. Timp	.726**	.235*								
Problema 2										
1. Performanță			.289**	.324**						
2. Dif.percepută			.280**	.341**						
3. Efort mental			.299**	.335**						
4. Timp			.709**	.829**						
Problema 3										
1. Performanță					.203*	.256**				
2. Dif.percepută					.389**	.361**				
3. Efort mental					.264**	.308**				
4. Timp					.773**	.822**				
Problema 4										
1. Performanță							.329**	.356**		
2. Dif.percepută							.304**	.325**		
							.183	.203*		

3.Efort mental

4. Timp .757** .798**

Problema 5

1. Performanță .371** .394**

2. Dif.percepută .219* .184

3. Efort mental .120 .132

4. Timp .794** .855**

Notă. Prob.= problemă, N. fixații = numărul fixațiilor, Durata fix. = durata fixațiilor, Dif. percepută = dificultate percepută

După cum se poate observa și în Tabelul 4.5, parametrii relaționați cu mișcările oculare, mai specific, numărul și durata fixațiilor oculare sunt pozitiv corelați cu majoritatea măsurilor din faza de training. Mai specific, s-au înregistrat corelații pozitive semnificative între numărul, respectiv durata fixațiilor oculare asupra problemelor și performanța obținută, respectiv timpul petrecut în rezolvarea acelor probleme. O excepție a fost constată, mai exact nu s-au putut evidenția corelații pozitive semnificative între numărul de fixații oculare pentru problemele 1 și 3 și performanța obținută în rezolvarea celor două probleme ($\tau = .160$, $p = .082$, și $\tau = .218$, $p = .086$, respectiv).

În plus, s-au constatat corelații pozitive semnificative între numărul, respectiv durata fixațiilor oculare asupra problemelor și dificultatea percepută a sarcinilor, precum și efortul mental investit. O excepție a fost constatată și în acest caz, respectiv nu s-au putut evidenția corelații pozitive semnificative între numărul și durata fixațiilor oculare pentru problemele 4 și 5 și efortul mental investit în rezolvarea celor două probleme ($ps > .05$). Sumarizând, cu cât studenții alocă mai multă atenție unor probleme, respectiv petrec mai mult timp în procesarea acestora, cu atât efortul mental investit (dificultatea percepută) și performanța obținută este mai mare.

În fine, numărul fixațiilor oculare asupra problemelor din training a corelat pozitiv semnificativ cu durata fixațiilor în problemele respective, cu valori tau variind de la .690 la .808, $ps < .001$.

4.2.4 Discuții

Scopul studiului de față a fost acela de a investiga diferențele existente în alocarea atenției studenților în cazul utilizării a trei tipuri de suport instrucțional, respectiv exemple incomplet rezolvate, probleme incomplete și probleme convenționale utilizând tehnologia eye tracking.

Conform așteptărilor, rezultatele au indicat faptul că toate cele trei tipuri de suport instrucțional determină o creștere semnificativă a performanței obținută în posttest comparativ cu cea obținută în pretest, însă contribuie la descreșterea încărcării cognitive între cele două faze ale experimentului. Combinația dintre o performanță superioară și un efort mental scăzut (mai puține „costuri mentale”) în posttest comparativ cu pretest sugerează o creștere a eficienței în învățare datorită fazei de training. Din contra, ipoteza conform căreia exemplele incomplet rezolvate și problemele incomplete determină o performanță sporită în posttest și o descreștere semnificativă a încărcării cognitive comparativ cu problemele convenționale nu a fost confirmată de datele experimentale. Mai specific, nu au fost relevate diferențe semnificative între cele trei condiții experimentale în ceea ce privește performanța obținută la posttest și încărcarea cognitivă

experimentată în posttest. O posibilă explicație pentru lipsa unui efect semnificativ al tipului de control instrucțional asupra performanței obținută de studenți în faza de posttest poate fi relaționată cu tipul de suport instrucțional (un suport instrucțional care evidențiază subscopurile), tipul de exemple rezolvate (exemple incomplet rezolvate) și numărul problemelor din faza de training (doar cinci probleme) furnizate în studiul de față. Sunt necesare investigații ulterioare pentru a se vedea care dintre cele trei explicații este mai plauzibilă.

Focalizarea principală a studiului a fost însă pe examinarea diferențelor existente între condițiile experimentale în ceea ce privește alocarea atenției (fixațiile oculare) în scopul relevării modului în care tipul de instrucțional influențează comportamentul vizual al studenților, precum și performanța obținută de către aceștia în posttest. În concordanță cu ipoteza conform căreia mișcările oculare diferite dintre cele trei condiții experimentale variază și ca funcție a exersării, rezultatele studiului au indicat existența unor diferențe semnificative în ceea ce privește numărul și durata fixațiilor oculare nu doar între condiții, dar și între cele între cele cinci probleme din training. Mai specific, numărul fixațiilor oculare în exemplele incomplet rezolvate a fost semnificativ mai scăzut decât în problemele incomplete și problemele convenționale, însă fără a diferi semnificativ între ultimele două condiții. Mai mult, numărul fixațiilor oculare în problemele incomplete a fost semnificativ mai scăzut în cazul primei și ultimei probleme din training comparativ cu numărul fixațiilor în problemele convenționale, în timp ce pentru celelalte trei probleme (problemele 2, 3 și 4) reversul a fost valabil.

Un pattern similar de rezultate s-a obținut și pentru durata fixațiilor. Astfel, în cazul exemplilor incomplet rezolvate durata fixațiilor oculare a fost semnificativ mai scurtă decât în cazul problemelor incomplete și a celor convenționale, fără însă a se evidenția diferențe semnificative între ultimele două condiții. Mai mult, durata fixațiilor oculare asupra problemelor 1 și 5 a fost semnificativ mai scurtă în problemele incomplete comparativ cu durata fixațiilor în problemele convenționale, în timp ce durata fixațiilor pentru celelalte trei probleme a fost semnificativ mai lungă în problemele incomplete comparativ cu cea din problemele convenționale. Aceste rezultate sugerează faptul că cele trei tipuri de suport instrucțional afectează în mod diferit alocarea atenției studenților. În mod specific, omiterea unor pași necesari aflării soluției finale sporește implicarea “activă” în procesul de rezolvare, indicată de numărul sporit de fixații oculare și de durata mai mare a acestor fixații în problemele incomplete comparativ cu problemele convenționale, dar numai pentru problemele 2, 3 și 4. Faptul că numărul și durata fixațiilor oculare a fost mai mare în problemele convenționale comparativ cu problemele incomplete doar la începutul și sfârșitul fazei de exersare (problemele 1 și 5) poate sugera necesitatea unei procesări cognitive mai “extinsă” în cazul acestor probleme. Cu alte

cuvinte, procesarea necesară integrării și rezolvării pașilor parcurși pentru aflarea soluției finale în problemele 1 și 5 (probleme incomplete) solicită o durată mai scurtă a fixațiilor decât procesarea necesării dezvoltării unui plan de rezolvare al problemei fără support instrucțional (probleme convenționale; cf., Hegarty et al., 1992).

În final, predicția conform căreia între procesarea online și măsurătorile offline ale învățării există o relație, a fost confirmată. După cum sugerează datele, procesarea problemelor (numărul și durata fixațiilor oculare) este corelată pozitiv cu performanța obținută în rezolvarea acelor probleme (excepție fac problemele 1 și 2), respectiv cu încărcarea cognitivă experimentată în acest caz (nu s-au evidențiat corelații semnificative cu efortul mental investit pentru problemele 4 și 5). Cu alte cuvinte, sporirea timpului de procesare a problemelor este relaționată cu creșterea performanței și a încărcării cognitive experimentate. Rezultatele conform cărora timpul de procesare necesar rezolvării celor cinci probleme din training (relevat de creșterea numărului și duratei fixațiilor oculare) este pozitiv corelat cu performanța sporită și cu procesarea “de adâncime” a acestora (investesc mai mult efort mental) sugerează faptul că alocarea atenției vizuale este într-adevăr puternic corelată cu procesarea strategică a problemelor. Dată fiind însă analiza corelațională a datelor nu este posibilă stabilirea unor relații cauzale între comportamentul vizual al studenților și procesele care stau la baza rezolvării de probleme, un aspect care necesită investigații ulterioare.

Capitolul 5

CONCLUZII FINALE

Necesitatea sprijinirii abilităților metacognitive, în general și a acurateții monitorizării, în particular a fost evidențiată de mai mulți cercetători, dată fiind relația acestora cu capacitatea de reglare a procesului de învățare și cu performanțele superioare în învățare (Alexander, 2013). Acuratețea monitorizării este în mod deosebit importantă în contextul învățării cu ajutorul mediilor educaționale computerizate, întrucât ele pot fi “suprasolicitante” chiar și pentru indivizii cu un nivel sporit de expertiză, necesitând capacitatea de a integra simultan mai multe surse de informare (text, diagrame, etc.) sau de a utiliza în mod eficace un control sporit asupra instruirii. Cu alte cuvinte, pentru ca indivizii să poată beneficia de mediile computerizate furnizate, aceștia trebuie să fie capabili să își monitorizeze propriile procese cognitive și să își regleze/adapteze strategiile și comportamentul de învățare (Azevedo & Witherspoon, 2009). Achiziționarea abilităților de monitorizare și control cognitiv sau metacognitiv reprezintă un proces complex și nu se poate realiza doar printr-o învățare incidentală (Hadwin & Winne, 2001). Ca urmare, este necesară implementarea unor prompteri (engl., prompts), furnizarea de feedback metacognitiv sau oferirea unui suport instrucțional în scopul îmbunătățirii acurateții monitorizării în cadrul mediilor educaționale computerizate.

Există puține studii în literatura de specialitate care au investigat în ce măsură mecanismele metacognitive ale monitorizării pot fi stimulate prin furnizarea unor tipuri diferite de suport instrucțional precum exemple incomplet rezolvate și probleme incomplete comparativ cu probleme convenționale (de ex., Baars et al., 2013). Lucrarea de față reprezintă un prim pas în proiectarea de medii educaționale computerizate pentru învățarea conceptelor biologice care să vizeze nu doar dezvoltarea strategiilor cognitive, ci și a celor metacognitive.

În acest context, scopul lucrării a fost acela de a îmbunătăți acuratețea judecăților metacognitive ale studenților cu ajutorul tipurilor de suport instrucțional anterior menționate. Mai specific, în lucrarea de față ne-am propus: (1) investigarea efectelor pe care diferitele tipuri de suport instrucțional le au asupra sporirii acurateții monitorizării, a calibrării judecăților metacognitive cu performanța obținută la teste; (2) evaluarea eficacității acestor tipuri de suport instrucțional ca rezultat al unor diferențe inter-individuale (mai exact, nivel de expertiză al studenților); și (3) examinarea impactului pe care tipurile de suport instrucțional le au asupra patternului mișcărilor oculare ale studenților (utilizand tehnologia eye tracking).

Analiza literaturii de specialitate, sintetizată în partea teoretică, a evidențiat relația dintre judecățile metacognitive, procesele de control și performanța obținută așa cum este postulată de

modelele metacogniției (de ex., Nelson & Narens, 1994; Winne & Hadwin, 1998). Înțelegerea modului în care variabilele menționate anterior relaționează este relevantă în contextul învățării autoreglate (de Bruin & Van Gog, 2010), pornind de la asumția general acceptată că doar o monitorizare corectă a învățării (de ex., estimarea măsurii în care informația transmisă a fost suficient învățată) contribuie la o reglare adecvată a comportamentelor strategice (Hadwin & Webster, 2013). Din această perspectivă, calibrarea judecăților metacognitive cu performanța reală obținută se constituie într-un indicator al nevoii de reglare și adaptare a comportamentului de învățare (de exemplu, alocarea unui timp mai îndelungat pentru rezolvarea sarcinilor; Metcalfe, 2009).

Sinteza teoretică a cercetării consacrate monitorizării și autoreglării în cadrul mediile educaționale computerizate a relevat faptul că, în general, indivizii nu beneficiază de pe urma unor astfel de medii computerizate în ciuda oportunităților oferite de acestea (Bannert et al., 2009), întrucât nu posedă abilitățile necesare de autoreglare (de ex., stabilirea obiectivelor, planificarea învățării, monitorizarea progresului în atingerea obiectivelor stabilite, controlul învățării prin aplicarea unor strategii de învățare; Winne & Hadwin, 1998). Mai mult, modelele învățării autoreglate postulează că autoreglarea în mediile computerizate este moderată de caracteristicile indivizilor, mai exact de baza lor de cunoștințe anterioare (Schraw, 2007). Studenții cu un nivel sporit de cunoștințe anterioare folosesc mai frecvent strategii metacognitive și cognitive eficiente când utilizează medii computerizate precum autoevaluarea capacității de învățare, monitorizarea strategiilor cognitive utilizate, evaluarea caracteristicilor sarcinilor, dar și evaluarea utilității conținutului prezentat pentru obiectivele urmărite, autoexplicarea pașilor rezolvați și anticiparea soluțiilor chiar și în cazul furnizării pașilor necesari aflării soluției finale de către program comparativ cu subiecții cu un nivel scăzut de cunoștințe anterioare (Moos & Azevedo, 2008).

De asemenea, caracteristicile sarcinilor de învățare (vezi Winne & Hadwin, 1998) influențează modul în care mediile educaționale computerizate sunt utilizate de indivizi. De exemplu, sarcinile cu un suport instrucțional sporit (care au o ambiguitate scăzută) pot contribui la diminuarea utilizării strategiilor de autoreglare întrucât nu stimulează indivizii să facă inferențe, să formuleze ipoteze sau să implementeze strategii de sporire a comprehensiunii (Lodewyk et al., 2009).

Primul experiment realizat în capitolul 4.1 a avut ca scop identificarea metodelor instrucționale ce sporesc acuratețea judecăților metacognitive și performanța obținută într-un mediu educațional computerizat pentru învățarea geneticii. Rezultatele obținute au fost în concordanță cu datele studiilor anterioare, indicând faptul că studierea exemplor incomplet

rezolvate nu este suficientă pentru a asigura eficacitatea învățării în ciuda evidențierii subgolurilor (de ex., Baars, et al., 2013; Renkl, 2002). Când se bazează pe soluții „aproape rezolvate” (exemple incomplet rezolvate), studenții nu elaborează asupra sursei de dificultate și, ca urmare, apare un sentiment incorect al dificultății care este similar cu cel apărut în cazul exemplelor complet rezolvate (cu soluții „complet rezolvate”). Acest sentiment incorect al dificultății are consecințe negative atât asupra judecăților metacognitive privind propria performanță, cât și asupra proceselor de reglare a învățării, precum alocarea timpului de studiu sau a terminării premature a studiului (de ex., Kornell & Bjork, 2009). Cu alte cuvinte, din perspectivă metacognitivă furnizarea unor exemple incomplet rezolvate nu este benefică pentru învățare întrucât aceasta induce o iluzie a înțelegerii similară cu cea indusă de exemplele complet rezolvate. În acest context, furnizarea unor probleme incomplete care omit mai mulți pași necesari aflării soluției finale (mai exact, trei pași dintr-un total de cinci pași) pare a fi o modalitate promițătoare de achiziționare a schemelor cognitive fără a induce o iluzie a înțelegerii asemănătoare celei induse de exemplele incomplet rezolvate.

Trebuie însă menționat că rezolvarea unor probleme incomplete nu s-a dovedit benefică pentru toți studenții participanți la studiu, întrucât efectele pozitive ale acestui tip de suport instrucțional asupra performanței obținută în posttest au fost moderate de baza de cunoștințe anterioare a studenților și de abilitatea lor de a interpreta în mod corect amorsele existente, mai exact fluenta procesării sarcinilor (dificultatea percepută a sarcinilor). Sunt necesare investigații ulterioare pentru a se vedea dacă concluziile referitoare la efectul pozitiv pe care problemele incomplete îl au asupra acurateții judecăților metacognitive ale studenților pot fi generalizate și pentru alte probleme cu niveluri diferite de complexitate decât cele incluse în studiul de față. Mai mult, direcțiile viitoare de cercetare trebuie să investigheze în ce măsură includerea unor studenți care prezintă o variație mai mare în ceea ce privește baza lor de cunoștințe anterioare în domeniul geneticii determină apariția unui efect moderator al bazei de cunoștințe anterioare similar cu cel obținut în studiul de față. O altă posibilitate vizează aplicarea unui strategii de *estompare a suportului instrucțional* (engl., fading procedure; Atkinson, Renkl, & Merrill, 2003; Renkl, Atkinson, & Grosse, 2004; Renkl, Atkinson, & Maier, 2000), în care problemele incomplete reprezintă trecerea „graduală” de la exemplele incomplet rezolvate la problemele convenționale. În acest mod, iluzia înțelegerii inițial formată (ca urmare a studierii exemplelor incomplet rezolvate) este gradual diminuată întrucât studenții sunt nevoiți să rezolve în mod independent (fără suport instrucțional) tot mai mulți pași necesari aflării soluției finale. Astfel, este posibil ca studenții să estimeze mai corect amorsele privind dificultatea percepută a sarcinilor, ceea ce se va

reflecta într-o abilitate sporită de reglare a învățării și o alocare mai adecvată a timpului de studiu.

După cum indică rezultatele obținute în acest studiu, deciziile referitoare la tipul de suport instrucțional care este cel mai adecvat în anumite situații de învățare nu trebuie să se bazeze doar pe scorurile obținute în faza de testare, ci și pe măsurători ale încărcării cognitive experimentate (dificultatea percepută a sarcinilor și efortul mental investit) și ale acurateții judecăților metacognitive. Acest aspect are o importanță deosebită în cazul în care studenții au control asupra instruirii (oferirea posibilității de a selecta în mod independent sarcini de învățare), întrucât lipsa acurateții judecăților metacognitive determină selectarea unor sarcini de învățare inadecvate din punct de vedere al nivelului de dificultate, care se plasează în afara zonei de dezvoltare proximală (engl., *region of proximal learning*; Metcalfe & Kornell, 2005).

De asemenea, întrucât cercetarea din domeniul designului instrucțional trebuie să identifice efectele pe care diferite strategii instrucționale (mai exact, tipuri diferite de suport instrucțional) le au asupra proceselor cognitive ale indivizilor în cazul rezolvării de probleme (de ex., Van Gog et al., 2005), în studiul 4.2 am examinat procesele cognitive și perceptive ale participanților în timpul rezolvării de probleme prin combinarea înregistrării mișcărilor oculare cu performanța obținută în training. Chiar dacă se poate infera despre o strategie instrucțională că este eficientă când permite obținerea unei performanțe superioare la teste și investirea unui efort mental scăzut, decelarea mecanismelor ce stau la baza acestei performanțe sporite, respectiv a efortului mental scăzut sunt imposibil de identificat doar prin utilizarea testelor de performanță. Pentru a face predicții despre încărcarea cognitivă pe care o impun diferite tipuri de suport instrucțional asupra unor utilizatori cu niveluri diferite de expertiză, și, implicit, despre performanța obținută, trebuie investigate schemele cognitive subiacente și modul lor de organizare, precum și strategiile de procesare implicate cu ajutorul unor tehnici de investigare a proceselor cognitive precum înregistrarea mișcărilor oculare (Charness et al., 2001).

Capitolul 4.2 din lucrarea de față „răspunde” acestor recomandări, scopul experimentului realizat fiind acela de a investiga în ce măsură tipul de suport instrucțional influențează patternurile de procesare vizuală ale studenților (mai exact, fixațiile oculare) și performanța în învățare. Menționăm că acesta este primul studiu, din literatura parcursă de noi, în care este investigată alocarea atenției studenților (și deci a modului de procesare cognitivă) în procesul de rezolvare a unor probleme de genetică în cazul utilizării unor niveluri diferite de suport instrucțional.

Un alt scop al studiului de față a fost acela de a examina relația dintre procesarea „online” (numărul și durata fixațiilor oculare) și procesarea „offline” a problemelor de genetică mai exact,

performanța obținută în training, timpul de învățare și încărcarea cognitivă experimentată în timpul rezolvării acestor probleme.

În concordanță cu predicțiile formulate, rezultatele au relevat diferențe semnificative în ceea ce privește numărul și durata fixațiilor nu doar între cele trei condiții experimentale, dar și între cele cinci probleme din training, ca rezultat al exersării. De asemenea, o altă concluzie care poate fi extrasă se referă la faptul că utilizarea complementară a măsurătorilor offline ale învățării (de ex., performanța din training) cu cele de procesare cognitivă online (mai exact, mișcările oculare înregistrate în timpul rezolvării de probleme) permite o analiză de finețe a proceselor subiacente procesului de rezolvare a problemelor (cf., Van Gog, Paas, Van Merriënboer, & Witte, 2005). Faptul că timpul prelungit de procesare a problemelor (relevat de mișcările oculare) a corelat cu performanța sporită la posttest și cu procesarea de adâncime a problemelor (mai exact, investirea unui efort mental sporit) indică existența unei relații între indicii atenției vizuale și procesarea strategică în cazul rezolvării de probleme. Cu alte cuvinte, eficacitatea învățării (performanță sporită în training) cu ajutorul unui program educațional computerizat este relaționată cu timpul petrecut de studenți în „analizarea” problemelor din training (mai exact, cu durata fixațiilor). În ceea ce privește studiile ulterioare, ar fi interesant de investigat relația cauzală dintre comportamentul vizual (alocarea atenției vizuale) al studenților și procesul de rezolvare a problemelor.

Investigarea modului în care studenții interacționează cu diferite tipuri de suport instrucțional utilizând înregistrarea mișcărilor oculare în combinație cu testele de evaluare este extrem de utilă pentru proiectarea și implementarea unor medii educaționale computerizate efective. Investigarea acestor aspecte are o relevanță deosebită în contextul utilizării tot mai frecvente a mediilor computerizate în educație și a “provocărilor” diferite pe care designul acestora le impune din perspectiva învățării autoreglate comparativ cu materialele tradiționale (de Bruin & Van Gog, 2012).

BIBLIOGRAFIE

- Alexander, P. A. (2013). Calibration: What is it and why it matters? An introduction to the special issue on calibrating calibration. *Learning and Instruction*, 24, 1-3.
- Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A., & Wortham, D. W. (2000). Learning from examples: instructional principles from the worked examples research. *Review of Educational Research*, 70 (2), 181-214. doi: 10.3102/00346543070002181
- Azevedo, R. K. (2005). Using hypermedia as a metacognitive tool for enhancing student learning? The role of self-regulated learning. *Educational Psychologist*, 40(4), 199-209.
- Azevedo, R., & Cromley, J. G. (2004). Does Training on Self-Regulated Learning Facilitate Students' Learning with Hypermedia? *Journal of Educational Psychology*, 96(3), 523–535.
- Azevedo, R. K., & Jacobson, M. (2008). Advances in scaffolding learning with hypertext and hypermedia: A summary and critical analysis. *Educational Technology and Research Development*, 56(1), 93-100.
- Azevedo, R., & Hadwin, A. F. (2005). Scaffolding self-regulated learning and metacognition: Implications for the design of computer-based scaffolds. *Instructional Science*, 33, 367–379.
- Bannert, M., & Mengelkamp, C. (2013). Scaffolding hypermedia learning through metacognitive prompts. In R. Azevedo, & V. Aleven (Eds.), *International handbook of metacognition and learning technologies* (pp.171-186). New York, NY: Springer.
- Bannert, M., & Reimann, P. (2012). Supporting self-regulated hypermedia learning through prompts. *Instructional Science*, 40, 193-211.
- Baars, M., Visser, S., Van Gog, T., de Bruin, A., & Paas, F. (2013). Completion of partially worked-out examples as a generation strategy for improving monitoring accuracy. *Contemporary Educational Psychology*, 38 (4), 395-406. doi:10.1016/j.cedpsych.2013.09.001
- Bol, L., & Hacker, D. (2001). The effect of practice tests on students' calibration and performance. *Journal of Experimental Education*, 69, 133–151.
- Brünken, R., Plass, J. L., & Leutner, D. (2003). Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38 (1), 53–61. doi: 10.1207/S15326985EP3801_7
- Burson, K. A., Larrick, R. P., & Klayman, J. (2006). Skilled or unskilled, but still unaware of it: How perceptions of difficulty drive miscalibration in relative comparisons. *Journal of Personality and Social Psychology*, 90(1), 60-77.
- Catrambone, R. (1994). Improving examples to improve transfer to novel problems. *Memory*

and Cognition, 22 (5), 606-615. doi: 10.3758/BF03198399

- Catrambone, R. (1995). Aiding subgoal learning: Effects on transfer. *Journal of Educational Psychology*, 87 (1), 5-17. doi: 10.037/0022-0663.87.1.5
- Catrambone, R. (1996). Generalizing solution procedures learned from examples. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 22 (4), 1020–1031. doi: 10.1037/0278-7393.22.4.1020
- Chuang, H.-H. & Liu, H.-C. (2012). Effects of different multimedia presentations on viewers' information-processing activities measured by eye-tracking technology. *Journal of Science Education and Technology*, 21, 276-286. doi: 10.1007/s10956-011-9316-1
- Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Selfexplanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13 (2), 145-182. doi: 10.1207/s15516709cog1302_1
- Cohen, J. (1992). A Power Primer. *Psychological Bulletin*, 112 (1), 155-159. doi: 10.1037/0033-2909.112.1.155.
- De Bruin, A., & Van Gog, T. (2012). Improving self-monitoring and self-regulation of learning: From cognitive psychology to the classroom. *Learning and Instruction*, 22, 245-298.
- Dinsmore, D. L., & Parkinson, M. M. (2013). What are confidence judgments made of? Students' explanations for their confidence ratings and what that means for calibration. *Learning and Instruction*, 24, 4-14.
- Dunlosky, J., Hertzog, C., Kennedy, M. R. T., & Thiede, K. W. (2005). The self-monitoring approach for effective learning. *Cognitive Technology*, 10(1), 4-11.
- Dunlosky, J., & Metcalfe, J. (2009). *Metacognition*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Dunlosky, J., & Rawson, K. A. (2012). Overconfidence produces underachievement: Inaccurate self evaluations undermine students' learning and retention. *Learning and Instruction*, 22(4), 271–280.
- Dunning, D., Johnson, K., Ehrlinger, J., & Kruger, J. (2003). Why people fail to recognize their own incompetence. *Current Directions in Psychological Science*, 12(3), 83-87.
- Efklides, A. (2006). Metacognition and affect: What can metacognitive experiences tell us about the learning process? *Educational Research Review*, 1, 3–14.
- Ehrlinger, J., Johnson, K., Banner, M., Dunning, D., & Kruger, J. (2008). Why the unskilled are unaware: Further explorations of (absent) self-insight among the incompetent. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 105(1), 98-121.
- Field, A. (2005). *Discovering statistics using SPSS* (2nd ed.). London: Sage.
- Finn, B., & Metcalfe, J. (2008). Judgments of learning are influenced by memory for past test. *Journal of Memory and Language*, 58(1), 19-34.

- Gama, C. (2004). Metacognition in interactive learning environments: The reflection assistant model. In *7th Conference of Intelligent Tutoring Systems* (pp.668-677). Berlin: Springer.
- Gegenfurtner, A., Lehtinen, E., & Säljö, R. (2011). Expertise differences in the comprehension of visualizations: A meta-analysis of eye-tracking research in professional domains. *Educational Psychology Review*, 23(4), 523-552. DOI 10.1007/s10648-011-9174-7
- Graesser, A. C., Lu, S., Olde, B. A., Cooper-Pye, E., & Whitten, S. (2005). Question asking and eye tracking during cognitive disequilibrium: Comprehending illustrated texts on devices when the devices break down. *Memory & Cognition*, 33(7), 1235-1247.
- Graesser, A. C., & McNamara, D. S. (2010). Self-regulated learning in learning environments with pedagogical agents that interact in natural language. *Educational Psychologist*, 45, 234-244.
- Hacker, D. J., Bol, L., & Bahbahani, K. (2008). Explaining calibration accuracy in classroom contexts: The effects of incentives, reflection, and explanatory style. *Metacognition and Learning*, 3, 101-121.
- Hadwin, A. F., & Webster, E. A. (2013). Calibration in goal setting: Examining the nature of judgments of confidence. *Learning and Instruction*, 24, 37-47.
- Hegarty, M., & Just, M. A. (1993). Constructing mental models of machines from text and diagrams. *Journal of memory and language*, 32(6), 717-742.
- Hegarty, M., Mayer, R. E., & Green, C. E. (1992). Comprehension of arithmetic word problems: Evidence from students' eye fixations. *Journal of Educational Psychology*, 84(1), 76.
- Hegarty, M., Mayer, R. E., & Monk, C. A. (1995). Comprehension of arithmetic word problems: A comparison of successful and unsuccessful problem solvers. *Journal of Educational Psychology*, 87(1), 18.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1980). A theory of reading: from eye fixations to comprehension. *Psychological Review*, 87(4), 329.
- Kalyuga, S. (2007). Expertise reversal effect and its implications for learner-tailored instruction. *Educational Psychology Review*, 19 (4), 509–539. doi: 10.1007/s10648-007-9054-3
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, 13 (4), 351–371. doi: 10.1002/(SICI)1099-0720(199908)13:4<351::AID-ACP589>3.0.CO;2-6.
- Kalyuga, S., Chandler, P., Tuovinen, J., & Sweller, J. (2001). When problem solving is superior to studying worked examples. *Journal of Education & Psychology*, 93 (3), 579-588. doi: 10.1037/0022-0663.93.3.579
- Keren, G. (1991). Calibration and probability judgments: Conceptual and methodological issues. *Acta Psychologica*, 77(3), 217–273.

- Knoblich, G., Öllinger, M., & Spivey, M. J. (2005). Tracking the eyes to obtain insight into insight problem solving. In G. Underwood (Ed.), *Cognitive Processes in Eye Guidance* (pp. 355-75). Oxford University Press, USA.
- Koriat, A. (1997). Monitoring one's own knowledge during study: A cue-utilization approach to judgments of learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 126(4), 349-370.
- Koriat, A. (2012). The relationships between monitoring, regulation and performance. *Learning and Instruction*, 22(4), 296-298.
- Koriat, A., & Levy-Sadot, R. (1999). Processes underlying metacognitive judgments: Information-based and experience-based monitoring of one's own knowledge. In S. Chaiken & Y. Trope (Eds.), *Dual process theories in social psychology* (pp. 483-502). New York: Guilford Press.
- Koriat, A., Sheffer, L., & Ma'ayan, H. (2002). Comparing objective and subjective learning curves: Judgments of learning exhibit increased underconfidence with practice. *IIPDM Report No 171*. Haifa, Israel: University of Haifa, Institute of Information.
- Kornell, N., & Bjork, R. A. (2009). A stability bias in human memory: Overestimating remembering and underestimating learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 138(4), 449-468.
- Kornell, N., & Metcalfe, J. (2006). Study efficacy and the region of proximal learning framework. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32(3), 609-622.
- Kruger, J., & Dunning, D. (2002). Unskilled and unaware - but why? A reply to Krueger and Mueller (2002). *Journal of Personality and Social Psychology*, 82(2), 189-192.
- Lin, L.- M., & Zabucky, K. M. (1998). Calibration of comprehension: Research and implications for education and instruction. *Contemporary Educational Psychology*, 23, 345-391.
- Lodewyk, K. R., Winne, P. H., & Jamieson-Noel, D. L. (2009). Implications of Task Structure on Self-Regulated Learning and Achievement. *Educational Psychology: An International Journal of Experimental Educational Psychology*, 29(1), 1-25.
- Metcalfe, J., & Kornell, N. (2005). A region of proximal learning model of study time allocation. *Journal of Memory and Language*, 52(4), 463-477.
- Mihalca, L., Mengelkamp, C., Schnotz, W., & Paas, F. (2015). Completion problems can reduce the illusions of understanding in a computer-based learning environment on genetics. *Contemporary Educational Psychology*, doi: <http://dx.doi.org/doi: 10.1016/j.cedpsych.2015.01.001>.
- Moos, D. C., & Azevedo, R. (2008). Monitoring, planning, and self-efficacy during learning with hypermedia: The impact of conceptual scaffolds. *Computers in Human Behavior*, 24(4), 1686-1706.
- Nelson, T. O. (1984). A comparison of current measures of the accuracy of feeling-of-knowing predictions. *Psychological Bulletin*, 95(1), 109-133.

- Nelson, T. O. (1996). Gamma is a measure of the accuracy of predicting performance on one item relative to another item, not of the absolute performance on an individual item: Comments on Schraw. *Applied Cognitive Psychology*, 10(3), 257-260.
- Nelson, T. O., & Dunlosky, J. (1991). When people's judgments of learning (JOLs) are extremely accurate at predicting subsequent recall: The "delayed-JOL effect". *Psychological Science*, 2(4), 267-270.
- Nelson, T. O., & Narens, L. (1994). Why investigate metacognition? In J. Metcalfe, & A. P. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing* (pp. 1-25). Cambridge, MA: MIT Press.
- Nietfeld, J. L., Cao, L., & Osborne, J. W. (2006). The effect of distributed monitoring exercises and feedback on performance, monitoring accuracy, and self-efficacy. *Metacognition and Learning*, 1(2), 159-179.
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., & Van Gerven, P. W. M. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist* 38 (1), 63–71. doi: 10.1207/S15326985EP3801_8.
- Paas, F., & Van Merriënboer, J. J. G. (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem solving skills: a cognitive load approach. *Journal of Educational Psychology*, 86 (1), 122–133. doi: 10.1037/0022-0663.86.1.122
- Paas, F., & Van Gog, T. (2006). Optimising worked example instruction: different ways to increase germane cognitive load. *Learning and Instruction*, 16 (2), 87–91. doi: 10.1016/j.learninstruc.2006.02.004
- Peters, M. (2010). Parsing Mathematical Constructs: Results from a Preliminary Eye Tracking Study. In M. Joubert (Ed.), *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, 30(2). British Society for Research into Learning Mathematics.
- Pintrich, P. R. (2000). Multiple goals, multiple pathways: The role of goal orientation in learning and achievement. *Journal of Educational Psychology*, 92, 544-555.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372.
- Renkl, A. (2002). Worked-out examples: instructional explanations support learning by self-explanations. *Learning and Instruction*, 12 (5), 529-556. doi: 10.1016/S0959-4752(01)00030-5
- Renkl, A., & Atkinson, R. K. (2003). Structuring the transition from example study to problem solving in cognitive skill acquisition: A cognitive load perspective. *Educational Psychologist*, 38 (1), 15-22. doi: 10.1207/S15326985EP3801_3
- Renkl, A., Hilbert, T., & Schworm, S. (2009). Example-based learning in heuristic domains: A cognitive load theory account. *Educational Psychological Review*, 21, 67-78. doi: 10.1007/s10648-008-9093-4

- Roll, I., Aleven, V., McLaren, B. & Koedinger, K. (2007). Designing for metacognition-Applying cognitive tutor principles to metacognitive tutoring. *Metacognition and Learning*, 2(2-3), 125-140.
- Schnotz, W. (2010). Reanalyzing the expertise reversal effect. *Instructional Science*, 38 (3), 315-323. doi: 10.1007/s11251-009-9104-y
- Schraw, G. (2009). A conceptual analysis of five measures of metacognitive monitoring. *Metacognition and Learning*, 4(1), 33-45.
- Schraw, G., & Roedel, T. D. (1994). Test difficulty and judgment bias. *Memory & Cognition*, 22(2), 63-69.
- Schwonke, R., Berthold, K., & Renkl, A. (2009). How multiple external representations are used and how they can be made more useful. *Applied Cognitive Psychology*, 23, 1227-1243.
- Stark, R. (1999). Lernen mit Lösungsbeispielen. Der Einfluß unvollständiger Lösungsschritte auf Beispielerlaboration, Motivation und Lernerfolg [Learning by worked-out examples. The impact of incomplete solution steps on example elaboration, motivation, and learning outcomes]. Bern, Germany: Huber.
- Stone, N. J. (2000). Exploring the relationship between calibration and self-regulated learning. *Educational Psychology Review*, 12(4), 437-475.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296. doi: 10.1023/A:1022193728205.
- Tai, R. H., Loehr, J. F., & Brigham, F. J. (2006). An exploration of the use of eye- gaze tracking to study problem- solving on standardized science assessments. *International Journal of Research & Method in Education*, 29(2), 185-208.
- Thiede, K. W., Anderson, M. C. M., & Theriault, D. (2003). Accuracy of metacognitive monitoring affects learning of texts. *Journal of Educational Psychology*, 95(1), 66-73.
- Tsai, M. J., Hou, H. T., Lai, M. L., Liu, W. Y., & Yang, F. Y. (2012). Visual attention for solving multiple-choice science problem: An eye-tracking analysis. *Computers & Education*, 58(1), 375-385.
- Van Gog, T., Kester, L., & Paas, F. (2011). Effects of worked examples, example-problem, and problem-example pairs on novices' learning. *Contemporary Educational Psychology*, 36 (3), 212-218. doi: 10.1016/j.cedpsych.2010.10.004
- Van Gog, T., Kester, L., Nievelstein, F., Giesbers, B., & Paas, F. (2009). Uncovering cognitive processes: Different techniques that can contribute to cognitive load research and instruction. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 325-331.

- Van Gog, T., Paas, F., & Van Merriënboer, J. J. G. (2004). Process-oriented worked examples: Improving transfer performance through enhanced understanding. *Instructional Science*, 32, 83-98. doi: 10.1023/B:TRUC.0000021810.70784.b0
- Van Gog, T., Paas, F., & Merriënboer, J. J. G. (2008). Effects of studying sequences of process-oriented and product-oriented worked examples on troubleshooting transfer efficiency. *Learning and Instruction*, 18 (3), 211-222. doi: 10.1016/j.learninstruc.2007.03.003
- Van Gog, T., Paas, F., Van Merriënboer, J. J. G., & Witte, P. (2005). Uncovering the problemsolving process: Cued retrospective reporting versus concurrent and retrospective reporting. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 11, 237–244.
- Van Gog, T., & Rummel, N. (2010). Example-based learning: Integrating cognitive and social-cognitive research perspectives. *Educational Psychological Review*, 22 (2), 155-174. doi: 10.1007/s10648-010-9134-7
- Van Merriënboer, J. J. G., & de Croock, M. B. M. (1992). Strategies for computer-based programming instruction: Program completion vs. program generation. *Journal of Educational Computing Research*, 8, 365-394. doi: 10.2190/MJDX-9PP4-KFMT-09PM
- Van Merriënboer, J. J. G., Schuurman, J. G., de Croock, M. B. M., & Paas, F. (2002). Redirecting learners' attention during training: Effects on cognitive load, transfer test performance and training. *Learning and Instruction*, 12, 11–37. doi: 10.1016/S0959-4752(01)00020-2
- Van Merriënboer, J. J. G., & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: recent developments and future directions. *Educational Psychology Review*, 17 (2), 147-177. doi: 10.1007/s10648-005-3951-0
- Winne, P. H. (2001). Self-regulated learning viewed from models of information processing. In B. J. Zimmerman & D. H. Schunk (Eds.), *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives* (2 nd Ed., pp. 153-189). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Winne, P. H., & Jamieson-Noel, D. (2002). Exploring students' calibration of self-reports about study tactics and achievement. *Contemporary Educational Psychology*, 27, 551–572.
- Winne, P. H., & Perry, N. E. (2000). Measuring self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 531–566). San Diego, CA: Academic Press.
- Winne, P. H., & Hadwin, A. F. (1998). Studying as self-regulated learning. In D. J. Hacker, J. Dunlosky, & A. C. Graesser (Eds.), *Metacognition in educational theory and practice* (pp. 277–304). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Yates, J. F. (1990). *Judgment and decision making*. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice Hall, Inc.
- Zimmerman, B. J. (1990). Self-regulated learning and academic achievement: An overview. *Educational Psychologist*, 25, 3–17.

ANEXA 1

Informațiile generale prezentate în mediul educațional computerizat

În acest mediu educațional computerizat veți putea învăța cum se rezolvă probleme referitoare la transmiterea caracterelor ereditare de la părinți (genitori) la copii (descendenți). Este important să studiați cu atenție și să înțelegeți pașii completați de program în problemele prezentate, astfel încât să reușiți să rezolvați apoi corect restul sarcinilor. Treptat, atât nivelul de dificultate al problemelor prezentate, cât și numărul pașilor care trebuie completați de dvs. va crește. Dacă la început veți avea de completat un singur pas din total pașilor necesari pentru rezolvarea problemelor, treptat veți fi nevoiți să completați tot mai mulți pași pentru aflarea soluției. De asemenea, la final pentru a măsura cunoștințele achiziționate utilizând acest mediu educațional, veți primi un test ce conține probleme cu niveluri diferite de dificultate. Mult succes!

Primele explicații privind mecanismele de transmitere a caracterelor ereditare au fost emise de Mendel (1865) și poartă numele de legile mendeliene ale eredității.

Caracterele ereditare se transmit de la părinți la descendenți prin intermediul factorilor ereditari numiți gene în limbajul contemporan. Fiecare caracter (de ex., culoarea părului, culoarea ochilor, grosimea buzelor, etc.) este determinat de două gene, una de la tată și cealaltă de la mamă. Ca urmare, în nucleul fiecărei celule există câte o pereche de gene, câte una de la fiecare părinte pentru un caracter elementar. Cele două gene ocupă aceeași poziție pe cromozomii omologi adică în același locus. Cu alte cuvinte, un individ are două gene pe același locus pentru un caracter oarecare. Structura genetică a unui locus formează genotipul sau mai general spus constituția genetică a unei persoane.

Sub acțiunea factorilor de mediu, structura genelor se modifică, apărând alelele, perechi de gene care afectează același caracter, dar în variante diferite. De exemplu, există două alele ce controlează textura părului la oameni, una C (notată cu majusculă deoarece e dominantă) care determină părul creț și alta c (notată cu literă mică, deoarece reprezintă caracterul recesiv) pentru părul drept/lins.

Când cele două gene de pe cromozomii omologi (unul de la mamă și altul de la tată) sunt identice, individul este homozigot (CC sau cc). Când cele două gene nu sunt identice, individul este heterozigot (Cc).

Caracteristicile observabile controlate de o genă constituie fenotipul, adică expresia unei structuri genetice în condiții particulare de mediu. De exemplu, fenotipul genotipurilor CC sau Cc este reprezentat de părul creț, iar fenotipul genotipului cc este reprezentat de părul drept. După cum se poate observa, în fenotip se exprimă doar gena dominantă deoarece ea o inhibă pe cea recesivă.

Rețineți!

S-a convenit că gena dominantă se notează întotdeauna prima într-un cuplu heterozigot (Cc), deci folosirea formei „cC” nu este adecvată.

Dacă cele două gene identice sunt dominante, atunci individul este homozigot dominant (CC).

Dacă însă cele două gene identice sunt recesive, atunci individul este homozigot recesiv (cc).

Când cele două gene pentru un caracter sunt diferite, atunci individul este heterozigot (Cc).

Tabel 1. Genotipuri posibile și fenotipurile corespunzătoare pentru textura părului

Genotip		Fenotip
CC	homozigot dominant	păr creț
cc	Homozigot recesiv	păr drept
Cc	Heterozigot	păr creț

Dar cum putem determina genotipul și fenotipul descendenților?

Conform primei legi a lui Mendel, numită legea segregării, factorii ereditari pereche se despart pentru producerea gameților (celule sexuale: ovule și spermatozoizi) în timpul meiozei. În timpul meiozei rezultă gameți cu un număr redus de cromozomi de la 46 la 23. De exemplu, părintele al cărui genotip pentru textura părului este Cc va produce două tipuri de gameți atât cu alela C, cât și cu alela c. Pentru reprezentarea procesului de separare a fiecărei perechi de gene în gameți diferiți se poate utiliza diagrama lui Punnett. În această diagramă, pe orizontală se reprezintă genotipul mamei, iar pe verticală genotipul tatălui, prezentându-se și modul de separare a fiecărui genotip în gameți. Celulele rămase se completează prin combinarea unei gene primite de la tată cu una primită de la mamă. Descendenții cuplului parental reprezentat în diagrama de mai jos pot avea unul dintre genotipurile rezultate (Cc sau cc).

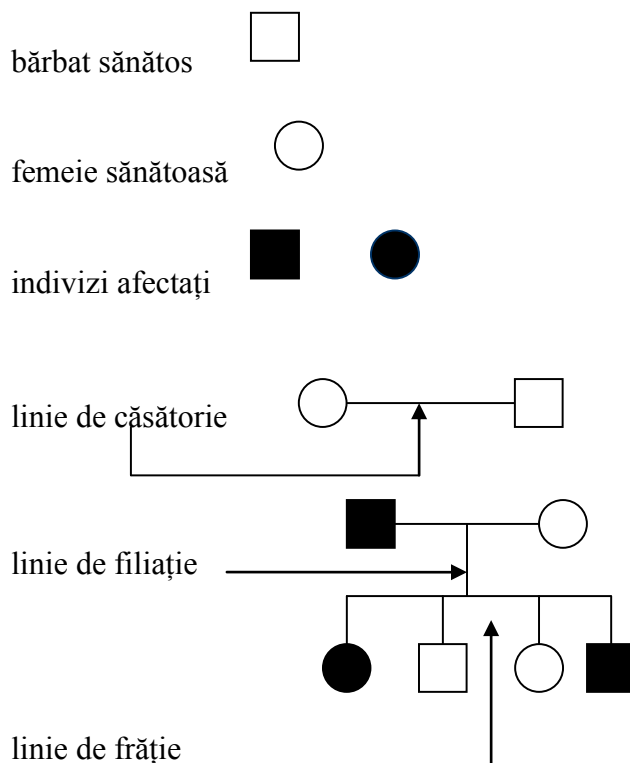
		mama 'Cc'	
		C	c
tata 'cc'	C	Cc (1)	Cc (3)
	c	Cc (2)	Cc (4)

Din diagrama lui Punett se pot obține următoarele informații:

- genotipul descendenților (Cc sau cc)
- raportul de segregare genotipică (50% pentru indivizii Cc; 50% pentru indivizii cc);
- fenotipul descendenților (păr creț și păr drept);
- raportul de segregare fenotipică (50% pentru indivizii cu păr creț, 50% pentru indivizii cu păr drept).

Metoda pedigree-ului (arborele genealogic) constă în studiul unor caractere ereditare normale și patologice prin analiza ascendenței de-a lungul mai multor generații. În construcția unui pedigree se utilizează semne convenționale care permit analiza modului de transmitere a caracterelor.

Semne convenționale utilizate pentru întocmirea pedigree-ului



generațiile se numerează cu cifre romane,
iar persoanele cu cifre arabe

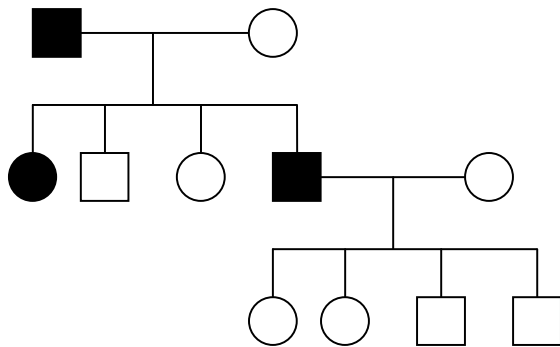
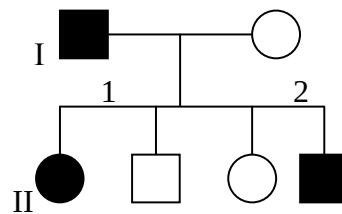


Fig. 1. Transmiterea ereditară a albinismului

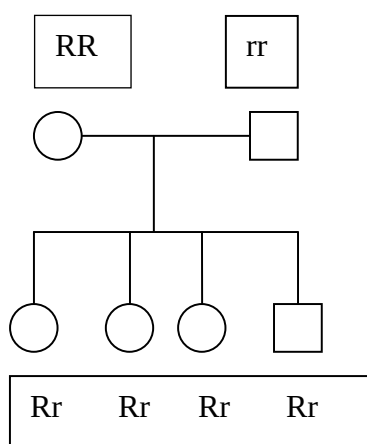
Pedigree-ul de mai sus reprezintă transmiterea ereditară a albinismului la cele 3 generații. Astfel, dacă tatăl este albinotic (genotip aa) și mama sănătoasă (genotip Aa), în generația a doua vor rezulta doi copii albinotici (genotip aa). În generația a treia toți copiii sunt sănătoși, chiar dacă tatăl este albinotic (genotip aa), deoarece mama este sănătoasă și are genotipul AA .

ANEXA 2

Exemplu de problemă de genetică din faza de training (studiile 4.1 și 4.2)

Nivel de dificultate 1

1. O femeie homozigot dominantă pentru culoarea roșcată a părului se căsătorește cu un bărbat homozigot recesiv pentru culoarea blondă a părului. Folosind simbolul R pentru gena care determină părul roșcat și alela sa r pentru trăsătura păr blond, stabiliți raportul de segregare genotipică și fenotipică a descendenților.



Pasul I: Stabiliți genotipul părinților.

mama - RR, tatăl - Rr;

mama - rr, tatăl - Rr;

mama - RR, tatăl - RR;

mama - RR, tatăl - rr;

Pasul II: Completați diagrama transmiterii ereditare a caracterului de la părinți la copii (diagrama lui Punett).

Tata	r	r
Mama		
R	Rr	Rr
R	Rr	Rr

Pasul III: Realizați pedigree-ul (arborele genealogic) pentru cele două generații.

Pasul IV: Stabiliți raportul de segregare genotipică a descendenților.

50% rr și 50% Rr;

100% Rr;

25% rr, 50% Rr și 25% RR;

50% RR, 50% Rr;

Pasul V: Stabiliți raportul de segregare fenotipică a descendenților.

25% păr blond și 75% păr roșcat;

100% păr blond;

50% păr roșcat și 50% păr blond;

100% păr roșcat;

ANEXA 3

Exemple de probleme de genetică din faza de testare (studiile 4.1 și 4.2)

1. Diastema (strungăreața dintre incisivii centrali de pe maxilar) reprezintă un caracter dominant (D), iar lipsa ei o trăsătură recesivă (d). Care este raportul de segregare fenotipică al descendenților unui cuplu parental heterozigot pentru caracterul cu strungăreață?

100% cu strungăreață

50% cu strungăreață și 50% fără strungăreață

100% fără strungăreață

25% fără strungăreață și 75% cu strungăreață

2. La oameni, textura părului este determinată ereditar. Părul creț este un caracter ereditar dominant (C), iar părul lins sau drept este un caracter ereditar recesiv (c). Din căsătoria unui bărbat cu părul drept și a unei femei cu părul creț rezultă doi copii dintre care unul are părul drept ca tatăl. Care este probabilitatea ca celălalt copil să aibă părul creț ca mama?

25%

50%

75%

100%