

# Un model predictiv pentru analiza caracterului inovativ al învățării cu o aplicație bazată pe realitate îmbogățită

Costin Pribeanu,

ICI București

Bd. Mareșal Averescu nr.8-10, București

pribeanu@ici.ro

## REZUMAT

Aplicațiile de învățare bazate pe realitate îmbogățită (AR - Augmented Reality) sunt percepute de către elevi ca fiind atractive și inovative. Acest articol prezintă o metodă și un model predictiv pentru analiza caracterului inovativ al învățării chimiei cu o aplicație bazată pe AR. Pentru dezvoltarea modelului a fost utilizată o regresie liniară multiplă multi-nivel. Rezultatele evidențiază că obiectele reale și sentimentul de control asupra procesului de învățare sunt principalii factori care conferă aplicației un caracter inovativ.

## Cuvinte cheie

Analiza drumului, realitate îmbogățită, e-learning.

## Clasificare ACM

D.2.2: Design tools and techniques. H5.2 User interfaces.

## INTRODUCERE

Realitatea îmbogățită crează noi oportunități de dezvoltare a unor aplicații cu valoare educațională și motivațională. Prin integrarea unor obiecte reale, din arsenalul didactic tradițional, interacțiunea este atractivă și familiară pentru elev și se crează premisele unei înțelegeri autentice a conceptelor abstracte [5], [15]. Datorită caracteristicilor sale (vizualizare tridimensională, animație, interfață vocală pentru predare și ghidare a interacțiunii, manipulare obiecte reale și feedback haptic), tehnologia AR are un potențial ridicat de încorporare a metodelor moderne de învățare [8], [12], [15].

Interacțiunea multimodală cu obiecte reale facilitează o înțelegere mai bună și mai rapidă a lecției, conferind astfel un caracter inovativ activității de învățare. Din acest motiv este util de analizat relațiile cauzale dintre factorii care contribuie la valoarea adăugată a tehnologiei AR în raport cu alte tehnologii utilizate în e-learning.

Aplicația analizată în această articol a fost implementată în cadrul proiectului european ARiSE (Augmented Reality in School Environments), al cărui principal obiectiv a fost testarea eficacității pedagogice a introducerii AR în școli. În cadrul proiectului a fost realizată platforma ARTP (Augmented Reality Teaching Platform) pe care au fost implementate trei aplicații de învățare.

Una dintre aplicații a avut ca disciplină țintă chimia. Paradigma de interacțiune specifică este „construirea cu ghidare” având ca scop facilitarea învățării tabelului periodic al elementelor și a reacțiilor chimice.

Acest articol prezintă un model predictiv pentru analiza caracterului inovativ al învățării chimiei cu această aplicație bazată pe AR. Abordarea metodologică are la bază analiza

drumului (path analysis) propusă de Cohen et al. [4] prin care se dezvoltă un model cauzal prin regresie liniară multiplă multi-nivel.

Analiza drumului permite dezvoltarea incrementală a relațiilor cauzale și analiza mai detaliată a relațiilor dintre factori, pe baza efectele directe și indirecte. Într-o lucrare anterioară [12], abordarea a fost extinsă cu estimarea modelului utilizând analiza covarianței.

Restul acestui articol este structurat după cum urmează. În secțiunea următoare se prezintă avantajele utilizării AR în educație și unele rezultate anterioare. În continuare, se descrie experimentul și metoda utilizată. Următoarea secțiune prezintă modelul și analiza rezultatelor estimării. Articolul se încheie cu concluzii și direcții de continuare a cercetărilor.

## APLICAȚII EDUCAȚIONALE BAZATE PE AR

### Avantaje ale folosirii tehnologiei AR în educație

Wu et al. [15] au analizat stadiul cunoașterii, oportunitățile și provocările AR în educație și au menționat următoarele avantaje: conținutul tridimensional, învățarea colaborativă, vizualizarea fenomenelor greu de perceput și crearea unei punți între educația formală și cea informală. Deși AR integrează numeroase tehnologii inovative, valoarea educațională depinde de modul în care o aplicație este proiectată și implementată într-un context de învățare [15].

Chen & Wang [2] consideră că realitatea îmbogățită poate realiza o punte între cunoștințele teoretice acumulate prin activități analitice (studiu, lectură) și cele dobândite prin activități practice.

Larsen et al. [9] au investigat modul în care aplicațiile educaționale bazate pe realitate îmbogățită sunt percepute de elevi și profesori în cadrul proiectului SceTGo (Science Center To Go). Elevii au apreciat învățarea centrată pe elev, experimentele cu obiecte reale, caracterul inovativ și interacțiunea multimodală. În ceea ce privește creșterea interesului pentru disciplinele științifice, ei au menționat noutatea (altfel decât în maniera tradițională), abordarea inovativă și simplificarea teoriei. Între aspectele pozitive, cel mai frecvent au fost menționate: înțelegerea mai ușoară, abordarea inovativă, vizualizarea, interactivitatea și demonstrațiile.

Lamanauskas & Vilkonis [8] consideră că realitatea îmbogățită este o tehnologie cu un potențial ridicat de a îmbunătăți mediile de predare și învățare. Vizualizarea 3D și tehnicile de interacțiune specifice permit o înțelegere mai bună a conținutului științific și cultural, un control asupra procesului de învățare și o concentrare mai bună. În același timp, caracterul inovativ al mediului de învățare creat de AR mărește motivația elevilor. În opinia lor,

vizualizarea 3D și manipularea obiectelor reale sunt principalele avantaje ale tehnologiei.

Cheng & Tsai [3] au evidențiat următoarele avantaje ale tehnologiei AR în educație: îmbunătățirea abilităților spațiale, înțelegerea conceptuală și dobândirea de abilități practice. Ei sugerează acordarea unei mai mari atenții explorării experiențelor de învățare.

### Rezultate și abordări anterioare în evaluarea ARTP

Pe parcursul derulării proiectului ARISE au fost colectate mai multe eșantioane pentru două aplicații implementate pe platformă (chimie și biologie) care au fost analizate cu diferite metode. Eșantioanele colectate în 2007 și 2008 au cuprins și date calitative (răspunsuri la întrebări deschise).

În [10] au fost analizate aspectele pozitive menționate de elevi (date calitative) în cadrul școlii de vară. Rezultatele au arătat că realitatea îmbogățită este un bun facilitator pentru învățarea chimiei. Peste 35% din aspectele pozitive menționate au reliefat caracterul motivațional al aplicației: interesantă, captivantă, amuzantă și atractivă.

Rezultatele au fost confirmate de un studiu ulterior [11] pe alt eșantion. Peste 40% din aspectele pozitive menționate se referă la caracterul interesant, incitant, stimulat, atractiv, plăcut, amuzant și inovativ. În ambele studii elevii au apreciat suportul pentru a înțelege mai bună și mai rapidă a lecției.

Într-o lucrare anterioară a fost analizată influența pe care o au caracteristicile ARTP asupra eficacității și eficienței învățării chimiei [7]. Analiza a fost făcută cu ajutorul corelației și regresiei multiple, utilizând datele colectate în cadrul studiului pilot din 2012.

## EXPERIMENT ȘI METODĂ

### Echipament și sarcini

ARTP este o platformă de tip desktop: utilizatorii au în față un ecran „see-through” pe care sunt suprapuse imagini generate de calculator peste imaginea observată a unui obiect real [14]. În aplicația de chimie, obiectele reale sunt tabelul periodic al elementelor și un set de bile colorate simbolizând atomi. Prin plasarea unei bile colorate pe un element din tabelul periodic, bilele de culoarea respectivă capătă semnificația unui atom al aceluși element și pot fi folosite ulterior pentru crearea de molecule. Aplicația permite simularea de reacții chimice între două molecule, după crearea prealabilă a acestora.

Scenariul de învățare a chimiei are o introducere (program demo) și trei lecții, fiecare cu un set de exerciții pentru testarea cunoștințelor. Mai multe detalii pot fi găsite în lucrările anterioare [7], [10].

### Eșantionul utilizat

Un număr de 186 de elevi din clasele 7-9 (96 băieți și 90 fete) au testat aplicația într-o sesiune de 30 min. Elevii provin de la mai multe școli generale din București și au testat aplicația în perioada octombrie-martie 2012. După testare, elevii au răspuns la întrebările din chestionar, evaluând fiecare item pe o scală Likert de la 1 la 5.

### Variabile utilizate

Variabilele utilizate sunt prezentate în Tabelul 1: șapte indicatori cauzali, care măsoară contribuția capacităților specifice AR în înțelegerea chimiei, o variabilă care măsoară sentimentul de control asupra procesului de învățare și o variabilă care măsoară caracterul inovativ al ARTP.

Tabelul 1. Indicatorii modelului

No.	Variabila	M	SD
ARF1	Augmentarea ajută înțelegerea structurii chimice a atomului	4.04	0.98
ARF2	Construirea unei molecule din atomi ajută înțelegerea chimiei	4.15	0.98
ARF3	Simularea reacțiilor chimice cu ARTP mă ajută să le înțeleg mai bine	4.17	0.97
ARF4	Vizualizarea în 3D ajută înțelegerea chimiei	4.20	1.02
ARF5	Utilizarea ARTP ajută înțelegerea tabelului periodic	4.05	0.99
ARF6	Explicațiile vocale ajută înțelegerea lecției	4.41	0.76
ARF7	Interacțiunea cu bile colorate reprezentând atomi este o idee bună	4.32	0.92
UXC	ARTP îmi da un sentiment de control asupra procesului de învățare	3.90	1.09
UXI	ARTP este un sistem inovativ	4.10	1.02

Indicatorii cauzali sunt specifici disciplinei, tehnologiei AR și modului de implementare pe platformă. Mai multe detalii privind aceste variabile au fost prezentate în [7]. Analiza corelațiilor pe baza coeficienților Pearson arată legături scăzute și moderate între indicatorii cauzali (între 0.17 și 0.55) precum și între aceștia și caracterul inovativ al ARTP (între 0.23 și 0.45).

### Metodă

Metoda propusă în această lucrare este inspirată din analiza drumului (path analysis) propusă de Cohen et al. [4] și a fost utilizată într-o lucrare anterioară [13]. Metoda are doi pași:

- Dezvoltarea modelului predictiv pe baza regresiei multiple multi-nivel (analiza drumului).
- Estimarea modelului, verificarea gradului de adecvare a modelului la date și analiza efectelor.

Analiza drumului permite construirea de modele cauzale, în care predictorii unei variabile sunt variabile dependente în regresia pe nivelul următor. Acest model multi-nivel are o putere explicativă mai mare decât un model de regresie, întrucât arată modul cum unele influențe cauzale sunt mediate de variabile endogene [4].

Extensia propusă permite specificarea rapidă a modelului cu ajutorul unui program software specializat și calcularea automată a efectelor directe și indirecte. Estimarea modelului permite verificarea gradului de semnificație a legăturilor cauzale. De asemenea, prin analiza indicilor de modificare se pot identifica legături cauzale care lipsesc. Astfel, modelul poate fi validat și rafinat. În plus, este posibilă evaluarea calității modelului (adecvarea la date).

Având în vedere cerințele metodologice ale regresiei și analizei covarianței, este necesară verificarea condițiilor de normalitate, pe baza examinării asimetriei, aplatizării și valorilor excesive (*outliers*). În urma verificării, au fost

eliminate două observații (valori excesive multivariate) rezultând un eșantion de 184 de observații cu abateri moderate de la normalitate.

**DEZVOLTAREA ȘI ESTIMAREA MODELULUI**

**Dezvoltarea modelului predictiv**

Variabila țintă este UXI (caracterul inovativ al ARTP) și a fost utilizată ca variabilă dependentă de start, regresând toți cei 7 indicatori cauzali. Pentru regresie a fost utilizat pachetul de programe SPSS for Windows. În total au fost efectuate în mod succesiv șase regresii multiple. Sumarul rezultatelor este prezentat în Tabelul 2. În toate cazurile corelația multiplă a fost semnificativă.

Tabelul 2. Analiza regresiei – rezultate

Variabilă dependentă	R2 ajustat	F	Sig.	DW
UXI	0.284	25.150	0.000	1.891
UXC	0.343	24.846	0.000	1.776
ARF5	0.223	27.213	0.000	2.104
ARF3	0.380	38.420	0.000	2.217
ARF2	0.330	29.878	0.000	2.003
ARF1	0.112	12.584	0.000	1.711

Testul Durbin-Watson a avut valori cuprinse între 1.711 și 2.217, cu puțin diferită de 2.0, fapt care arată lipsa corelațiilor seriale între reziduuri.

La efectuarea fiecărei regresii a fost analizată corelația între variabile și colineritatea cu ajutorul statisticii VIF (Variation Inflation Factor). Statistica VIF a avut valori mult sub 10, cea mai mare fiind 1.695, fapt care arată că nu sunt probleme de colinearitate între variabile.

Tabelul 3. Analiza regresiei – coeficienți

Variabilă dependentă	Predictor	$\beta$	t	sig.
UXI	UXC	.313	4.32	.000
	ARF5	.171	2.55	.012
	ARF7	.235	3.43	.001
UXC	ARF1	.212	3.28	.001
	ARF3	.223	3.20	.002
	ARF5	.197	3.06	.003
	ARF7	.249	3.86	.000
ARF5	ARF3	.196	2.66	.009
	ARF4	.356	4.82	.000
ARF3	ARF2	.394	5.98	.000
	ARF4	.248	3.73	.000
	ARF7	.163	2.64	.009
ARF2	ARF1	.387	6.82	.000
	ARF4	.346	5.54	.000
ARF1	ARF6	.272	3.80	.000
	ARF7	.165	2.31	.022

Tabelul 3 prezintă coeficienții de determinare ajustați ( $R^2$ ), coeficienții de regresie standardizați ( $\beta$ ), toleranța (t), și gradul de semnificație (sig.).

În prima regresie au fost identificați trei predictorii, care sunt variabilele cu efecte directe asupra lui UXI. În

regresiile următoare s-au introdus relațiile cauzale care au sens din punct de vedere conceptual. De exemplu, ARF2 poate fi predictor al lui ARF3, întrucât simularea reacțiilor chimice presupune construirea prealabilă a moleculelor. Pe de altă parte însă, ARF4, ARF6 și UXC nu pot fi decât predictorii și sunt independente între ele.

**Estimarea modelului**

Modelul cauzal obținut prin aplicarea succesivă a regresiei liniare multiple a fost specificat și estimat în AMOS for Windows. Analiza coeficienților de regresie estimați arată că toate legăturile cauzale sunt semnificative la un prag de semnificație de 0.05.

În Figura 1 este prezentat modelul, cu menționarea coeficienților de regresie standardizați  $\beta$  și a varianței explicate la nivelul fiecărei variabile endogene. Modelul permite calcularea efectelor indirecte, efectelor totale și a gradului de adecvare cu datele.

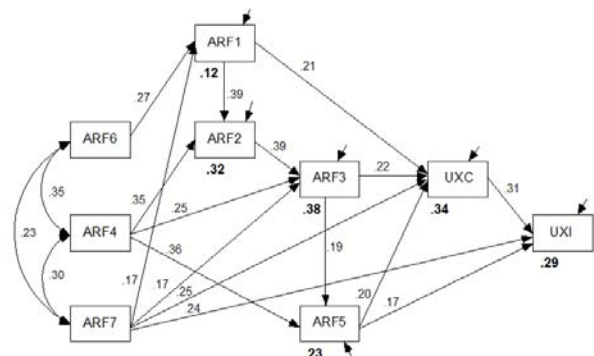


Figura 1. Modelul cauzal

Estimarea modelului are avantajul că permite o analiză în adâncime a interacțiunii dintre factori și explicarea contribuției fiecăruia.

Așa cum se observă, trei dintre cei 8 indicatori au efecte directe asupra caracterului inovativ al ARTP, ceilalți cinci având numai efecte indirecte. Doi dintre predictorii se referă la obiectele reale (bile colorate și tabel periodic) în timp ce al treilea se referă la sentimentul de control pe care îl crează libertatea de gestionarea procesului de învățare.

UXC (controlul asupra procesului de învățare) are cel mai important efect direct asupra caracterului inovativ al ARTP. Variabila ARF7 (bile colorate simbolizând atomi), are atât efect direct, dar și efecte indirecte mediate de către ARF1, ARF2, ARF3 și UXC. ARF5 are cel mai mic efect direct asupra lui UXI, dar are un efect indirect mediat de UXC.

În afara efectului direct asupra caracterului inovativ al ARTP, sentimentul de control asupra procesului de învățare este și cel mai important mediator al efectelor indirecte. Așa cum se observă în Figura 1, toate celelalte variabile au efecte pozitive directe sau indirecte asupra lui UXC. Dacă se face abstracție de variabila UXI, în Figura 1 avem un model predictiv pentru sentimentul de control asupra procesului de învățare, care este un subiect de interes pentru sistemele educaționale bazate pe AR.

Estimarea modelului în AMOS permite calcularea automată a efectelor directe, indirecte și totale. În Tabelul 3 sunt sintetizate aceste efecte (efecte totale standardizate).

Rezultatele arată că toți cei 8 indicatori sunt utili pentru explicarea caracterului inovativ al ARTP, nu doar cei care au efecte directe. În al doilea rând, primii trei indicatori cauzali ca importanță sunt ARF7, UXC și ARF5, iar cel mai puțin important este ARF6. În al treilea rând, UXC, ARF3 și ARF5 sunt principalii mediatori ai efectelor indirecte asupra caracterului inovativ al sistemului, fiind influențați pozitiv, direct sau indirect, de toți ceilalți indicatori.

Tabelul 4. Efectele totale

	ARF1	ARF2	ARF3	ARF5	UXC	UXI
ARF7	.165	.065	.191	.037	.338	.347
ARF4		.351	.389	.432	.173	.128
ARF6	.272	.107	.042	.008	.069	.023
ARF1		.393	.154	.030	.255	.084
ARF2			.393	.076	.103	.045
ARF3				.194	.262	.115
ARF5					.200	.234
UXC						.311

Indicii de adecvare a modelului la date au valori foarte bune, peste valorile prag recomandate de Hair et al. [6]:  $\chi^2=23.335$ ,  $DF=17$ ,  $p=.139$ ,  $\chi^2/DF=1.373$ ,  $CFI=.985$ ,  $TLI=.968$ ,  $GFI=0.974$ ,  $RMSEA=0.045$ ,  $SRMR=0.0621$ .

#### CONCLUZII ȘI DIRECȚII DE CONTINUARE

În acest articol a fost prezentat un model predictiv pentru analiza caracterului inovativ al învățării cu ARTP. Modelul a permis o analiză mai fină a modului în care capacitățile specifice tehnologiei AR contribuie la o înțelegere mai bună a conceptelor din chimie și conferă astfel un caracter inovativ învățării cu ARTP.

Variabilele care au o contribuție directă la percepția ARTP ca sistem inovativ sunt controlul asupra procesului de învățare, tabelul periodic al elementelor și bilele colorate simbolizând atomi. Rezultatele evidențiază rolul important pe care îl are obiectelor reale și sentimentul de control asupra procesului de învățare pe care îl crează posibilitatea de a interacționa cu acestea.

O altă contribuție a acestui articol este consolidarea unei metode în doi pași, care permite dezvoltarea incrementală a modelului cauzal pe baza regresiei liniare multiple multi-nivel (analiza drumului) și estimarea modelului prin analiza covarianței. Al doilea pas facilitează calcularea efectelor directe, indirecte și totale, permite rafinarea modelului, verificarea gradului de semnificație a legăturilor cauzale și a gradului de adecvare a modelului la date.

În viitor se intenționează aplicare metodei la alte variabile de interes în scopul analizei modului în care diferiți factori interacționează în contextul ARTP.

#### Confirmare

Această lucrare a fost finanțată din PN 09-23-02-03 TEHSIN. Platforma ARTP a fost dezvoltată în cadrul proiectului european ARiSE FP6-027039.

#### REFERINȚE

1. Arbuckle, J.L. (2007). AMOS 16.0 User's Guide. Amos Development Corporation.
2. Chen, R., Wang, X. (2008). An Empirical Study on Tangible Augmented Reality Learning Space for Design Skill Transfer, *Tsinghua Science & Technology* 13(1), 13-18.
3. Cheng, K. H., Tsai, C. C. (2012). Affordances of augmented reality in science learning: suggestions for future research. *Journal of Science Education and Technology*, 1-14.
4. Cohen, P. R., Carlson, A., Ballesteros, L., & Amant, R. S. (1993) Automating path analysis for building causal models from data. *Proceedings of the International Workshop on Machine Learning*, Sage, 57-64.
5. Duh, H., Klopfer, E. (2013) Augmented reality learning: New learning paradigms in co-space. Editorial to special issue. *Computers & Education* 68, 534-535.
6. Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., Anderson, R.E., Tatham, R.L. (2006). *Multivariate Data Analysis*. 6th Ed., Prentice Hall, 2006.
7. Iordache, D.D., Pribeanu, C., Balog, A. (2012). Influence of specific AR capabilities on the learning effectiveness and efficiency. *Studies in Informatics and Control*, 21(3), 233-240.
8. Lamanuskas, V., Vilkonis, R. (2008). Augmented reality technology as the way of improvement of the school teaching / learning environment. *Proc DIVAI 2008*, 44-54.
9. Larsen, Y.C., Buchholz, H., Brosda, C., Bogner, F.X. (2011). Evaluation of a portable and interactive augmented reality learning system by teachers and students. *Augmented Reality in Education 2011*, 47-56.
10. Pribeanu, C., Iordache, D.D. (2008). Evaluating the motivational value of an augmented reality system for learning chemistry. *Proceedings of USAB 2008*, 31-42.
11. Pribeanu C., Iordache, D.D. (2010). From usability to user experience: evaluating the educational and motivational value of an augmented reality learning scenario. Ch.13 in Tzanavari E., Tsapatoulis N. (Eds), *Affective, Interactive and Cognitive Methods for E-Learning Design: Creating an Optimal Education Experience*, IGI-Global, 244-259.
12. Pribeanu, C. (2012). Un model formativ de măsurare a valorii motivaționale a unei aplicații educaționale bazate pe realitate îmbogățită. *Revista Romana de Interactiune Om-Calculator*, 5 (2), 13-18.
13. Pribeanu, C. (2013). Factori care facilitează învățarea mai rapidă a chimiei pe o platformă AR. *Revista Romana de Informatică și Automatică*, 23 (2), 57-62.
14. Wind, J., Riege, K., Bogen M. (2007). Spinnstube®: A Seated Augmented Reality Display System, *Virtual Environments: Proceedings of IPT-EGVE – EG/ACM Symposium*, 17-23.
15. Wu, H., Lee, S. W., Chang, H., Liang, J. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education* 62, 41-49.