

Valoarea adăugată în plan educațional a tehnologiei de realitate îmbogățită pentru mediul școlar

Dragoș Daniel Iordache¹, Ioan Neacșu²

¹Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în informatică – ICI București
Bd. Maresal Averescu, Nr. 8-10, 011455, București
E-mail: iordache@ici.ro

²Universitatea din București
Bd. Mihail Kogalniceanu, nr. 36-46
E-mail: ioan.neacsu@medu.edu.ro

Rezumat. În prima parte a acestei lucrări se prezintă câteva dintre caracteristicile cu specific educațional ale unor sisteme de predare-învățare bazate pe tehnologia de realitate îmbogățită (AR – Augmented Reality). În secțiunea următoare sunt prezentate o serie de rezultate legate de testarea cu utilizatori a unei tehnologii de realitate îmbogățită adaptată pentru studiul biologiei și chimiei în cadrul mediului școlar. Evaluarea s-a concretizat în determinarea măsurilor eficienței și eficacității (timp de execuție și număr de erori) în cazul utilizatorilor care au testat platformele de realitate îmbogățite dezvoltate în cadrul proiectului european ARiSE (Augmented Reality in School Environment). Aceste rezultate au fost extrase pe baza centralizării datelor din fișierele de log corespunzătoare fiecărui utilizator. În paralel cu această activitate, înainte și după sesiunile de lucru au fost testate acele cunoștințe la disciplinele biologie și chimie legate de îndeplinirea sarcinilor specifice scenariilor didactice ale platformei de realitate îmbogățită. Prin compararea nivelului cunoștințelor elevilor înainte și după lucrul cu platforma de realitate îmbogățită s-a încercat determinarea eventualelor valențe formative asociate acestei noi tehnologii. Rezultatele cercetării arată o îmbunătățire semnificativă a rezultatelor elevilor la testele de cunoștințe ca urmare a lucrului cu platforma de realitate îmbogățită (ARTP). Totodată măsurile cantitative obținute în urma analizei fișierelor de log au oferit informații utile cu privire la problemele de utilizabilitate și la comportamentul rezolutiv al elevilor.

Cuvinte cheie: realitate virtuală, realitate îmbogățită, mediu de învățare, educație, evaluare.

Introducere

Dezvoltarea spectaculoasă a tehnologiei informației (TI) conduce la întrepătrunderea ei cu domenii cât mai variate ale vieții. Educația nu face

excepție, existând o multitudine de posibilități prin care utilizarea tehnicii de calcul poate contribui la eficientizarea proceselor de predare și de învățare. Exemplul cel mai simplu este cel referitor la utilizarea calculatorului ca instrument multimedia. Tehnologiile multimedia de tip grafic, video și audio permit profesorilor să utilizeze modalități variate de reprezentare a cunoașterii și de construire a înțelegerii mecanismelor mentale, a schemelor conceptuale aferente, reflectând cunoașterea la nivelul elevului. Contribuțiile TI la nivelul procesului educațional înseamnă mai mult decât utilizarea calculatorului ca instrument multimedia. Tehnologia graficii computerizate, spre exemplu, permite crearea unei multitudini de imagini digitale și afișaje, care, în condiții propice, îmbunătățesc efectiv metodele de studiu (Clark, R.E.,1983). Grafica în timp real pe calculator este o componeta esențială a mediului multisenzorial al realității virtuale (RV).

În zilele noastre, tot mai mulți specialiști apreciază că teoria constructivistă oferă modele și baze solide pentru întemeierea unei teorii a învățării în mediile virtuale. Din punct de vedere constructivist, învățarea se produce atunci când elevii pot construi modele conceptuale care să fie consistente atât cu ceea ce cunosc deja cât și cu noile cunoștințe. Pentru a realiza o adaptare reușită a vechilor cunoștințe la noile experiențe sunt necesare canale alternative și flexibile de învățare. Acest lucru se poate realiza prin definirea strictă a sarcinilor specifice ale utilizatorilor în interacțiunea cu aplicațiile AR de tip educațional.

Potrivit orientării constructiviste, cunoștințele nu se transmit/asimilează direct de la profesor la elev, ci ele sunt construite în mod activ de cel care învață. Învățarea este astfel un proces activ în care elevii își "construiesc" propriile cunoștințe prin intermediul testării ideilor și a abordărilor pe baza cunoștințelor și a experiențelor anterioare, aplicându-le în noile situații și integrând cunoștințele astfel obținute cu structurile mentale pre-existente. Aceste procese pot avea loc în cadrul unor activități de învățare antrenante și relevante, care să implice rezolvarea de probleme, gândirea critică, „seturi de acțiuni practice, diferențiatore” (Siebert, 2001).

Adaptarea tehnologiei de realitate îmbogățită la necesitățile mediului școlar poate fi de natură să transpună în fapt multe dintre exigențele cu privire la învățare specifice teoriei constructiviste. Abilitatea de a atinge un obiect real nu este posibilă în lucrul cu calculatorul. Utilizatorul atinge doar dispozitivele de intrare, și vede obiectele afișate pe ecran. Tehnologia de realitate îmbogățită (AR) încearcă să înlăture acest neajuns prin oferirea

posibilității de a atinge (și manevra) obiecte reale „îmbogățite” cu informații virtuale. Elevii pot învăța în mod activ anumite subiecte mai abstracte specifice diferitelor discipline școlare mai bine decât prin intermediul metodelor tradiționale de învățare unde materialul didactic poate să lipsească. Adaptarea realității îmbogățite (AR), care este o tehnologie strâns legată de Realitatea Virtuală (VR) reprezintă un câștig metodologic pentru studiul în mediul școlar al disciplinelor chimie și biologie.

Scopul acestei lucrări este de a ilustra o parte dintre caracteristicile tehnologiei AR de tip educațional și de a prezenta rezultatele evaluării a două scenarii de învățare dezvoltate în cadrul proiectului ARiSE și testate cu utilizatori în perioada 19–28 mai 2008. Rezultatele evaluării au fost obținute prin administrarea a două teste de cunoștințe la disciplinele chimie și biologie și prin analiza datelor din fișierele de jurnalizare.

2. Adaptarea tehnologiei de realitate îmbogățită la mediul educațional

2.1 Caracteristici ale mediilor de învățare bazate pe AR

Realitatea îmbogățită prezintă un potențial în continuă creștere și valorizare pentru educație. Ea poate fi proiectată pentru a permite oamenilor să proceseze informația cu mai multa ușurință și în ultimii ani a fost dezvoltată în sensul facilitării învățării și al îndeplinirii sarcinilor la nivelul mai multor proiecte de cercetare.

O definiție cuprinzătoare a realității îmbogățite este realizată de Azuma (1997), care consideră că aceasta reprezintă o variație a mediilor virtuale sau a realității virtuale. În timp ce realitatea virtuală presupune imersia totală a utilizatorului în mediul sintetic, fără ca acesta să aibă posibilitatea de a vedea lumea reală din jurul lui, realitatea îmbogățită permite utilizatorului să vadă lumea reală, cu obiecte virtuale suprapuse sau completate cu obiecte reale. Astfel, realitatea îmbogățită mai degrabă suplimentează realitatea decât s-o înlocuiește complet. La nivel mental, obiectele reale și cele virtuale îi vor apărea utilizatorului ca fiind coexistente în același spațiu.

Un sistem de realitate îmbogățită este caracterizat prin:

- Integrarea realului și virtualului (imagine artificială 3D creată de calculator) într-un mediu real.

- Interacțiune în timp real.
- Se adresează majorității simțurilor (vizual, auditiv și haptic).

Noutatea oferită de realitatea îmbogățită se referă astfel la posibilitatea de a utiliza obiecte obișnuite pentru a controla output-ul vizual, în schimbul utilizării dispozitivelor de intrare ale calculatorului. În plus, diferite modalități de vizualizare a obiectelor pot fi implementate. Obiectul real poate fi rotit și manipulat, proiecția virtuală însoțindu-l.

Pentru o mai exactă delimitare a realității îmbogățite, Milgram și Kishino (1994) propun ideea continuum-ului real-virtual, după cum se poate observa în figura 1.

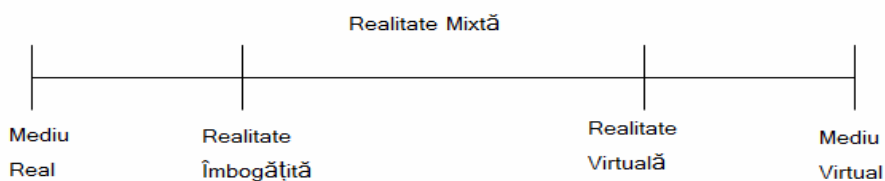


Figura 1. Continuum-ul Real-Virtual (Milgram & Kishino, 1994)

Tehnologia AR oferă utilizatorilor o combinație de real și virtual prin intermediul imaginilor tridimensionale ale proceselor și fenomenelor abstracte, asigurând totodată și posibilitatea interacțiunii directe cu acestea. În acest fel, tehnologia amplifică, îmbogățește și completează imaginile mentale pe care utilizatorii și le formează pe măsură ce lucrează cu obiectele tridimensionale.

Dezvoltarea aplicațiilor educaționale bazate pe AR presupun convergența, chiar sinergia mai multor arii distincte de cercetare-acțiune (vezi figura 2).

Astfel, aplicațiile educaționale AR sunt influențate de munca de cercetare desfășurată la nivelul dezvoltării tehnologiei AR, al proiectării software pentru sisteme AR, la nivelul evaluării utilizabilității și, totodată, ia în considerare aportul pedagogiei, psihologiei și al epistemologiei specifice domeniilor de studiu.

Un tip special de aplicații îl reprezintă sistemele AR de tip colaborativ. Unul dintre principalele scopuri ale mediului educațional este acela de a promova interacțiunea socială dintre utilizatorii care împart același spațiu îmbogățite de tip colaborativ (învățare colaborativă). Astfel, mai mulți

utilizatori pot avea acces la un spațiu comun în care se găsesc mai multe obiecte virtuale, rămânând ancorați în lumea reală. Acest tip de aplicații au o valoare educațională crescută atunci când utilizatorii pot utiliza mijloace naturale de comunicare precum vorbirea directă și gesturile.

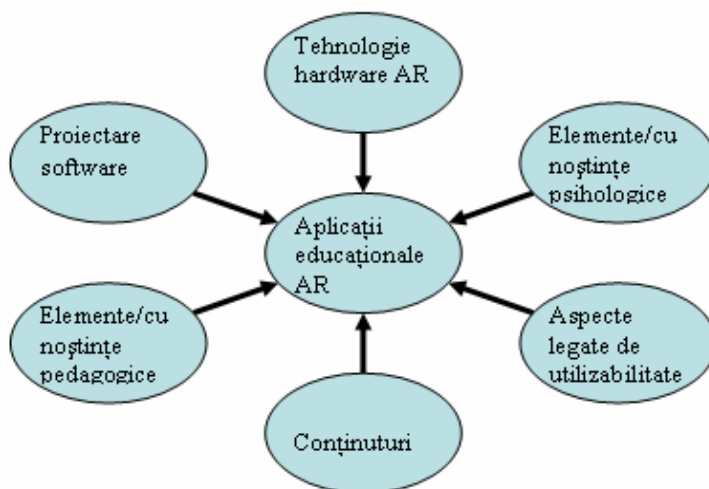


Figura 2. Arii de cercetare care contribuie la dezvoltarea tehnologiei AR în domeniul educațional

Prin urmare, putem afirma că mediul virtual destinat învățării școlare se caracterizează potrivit concepției noastre și a unora dintre reprezentanții teoriei și practicilor specializate prin următoarele aspecte:

- Induce o altă manifestare a dimensiunilor ce țin de biografia instruirii și învățării, multe dintre acestea modificându-se semnificativ;
- Asigură momente de feedback prompt, având semnificative legături cu reglajul/autoreglajul orientării învățării spre formarea de scheme operaționale utile manifestării competențelor școlare;
- Facilitează formarea și manifestarea unor stiluri specifice de învățare.

Cercetarea stilurilor de învățare astfel formate este extrem de dificilă. Învățarea în medii de învățare diverse pune sub semnul investigației ”dacă mesajele instrucționale codificate diferit sunt reprezentate în plan mental la fel de diferit. Mediul virtual creează o nouă componentă a culturii învățării cu accente pe:

- pluralizarea modurilor nonclasice de învățare;
- creșterea capacității de învățare autodirijată;
- scăderea puterii narativității/povestirii, a ascultării, a metaforizării și interculturalității, a învățării globale (holistice);
- alfabetizarea funcțională pe dominanța limbajului iconic (vizualizat), pe schimbarea perspectivei;
- optimizări la nivelul ecologiei mediului de învățare și a ergonomiei învățării prin autoorganizare computerizată, prin gestiunea timpului și a ritmului de învățare, efect al digitalizării învățării conținutului, al aplicării/transferului abilităților formate, al evaluării progreselor individuale.

Sintetizând, vom fi de acord cu H. Siebert (2001, p. 157) că la nivelul mediilor de învățare virtuale sunt modificate repere precum:

- spațiul de întâlnire al actorilor;
- efectele utilizării mijloacelor audiovizuale,
- operaționalitatea materialelor de studiu;
- claritatea așteptărilor elevului,
- echilibrul dintre cognitivitate, metacognitivitate și emoționalitate ș.a..

În urma experimentelor întreprinse constatăm și:

- nevoia unei reorganizări curriculare de tipul schemă, arbore, hartă conceptuală, model structură – funcție;
- o regândire a amplitudinii sociale a mediului de învățare din perspectiva rolurilor de instruire;
- remodelarea perspectivei modulare temporale și spațiale, ajungându-se la un nou context de învățare.

2.2 Aplicații educaționale bazate pe tehnologia AR

În ultimii ani, interesul în creștere al cercetătorilor pentru dezvoltarea de aplicații educaționale bazate pe tehnologia de realitate îmbogățită s-a materializat prin demararea mai multor proiecte.

Astfel, cercetătorii de la Universitatea Wisconsin au elaborat un joc bazat pe realitatea îmbogățită, destinat învățării matematicii și dezvoltării abilităților pentru cunoașterea științifică la elevii de gimnaziu. Realitatea

îmbogățită este văzută ca o oportunitate incitantă pentru cercetare, învățare, predare și tehnologie. Avantajele oferite de ea prin intermediul dispozitivelor mobile wireless (telefoane celulare, platforme de jocuri portabile, asistenți digitali personalizați) sunt de natură să favorizeze obținerea informației, comunicarea și exprimarea personală. Cercetătorii instituției menționate studiază potențialele avantaje și limite ale realității îmbogățite ca mijloace de angajare (implicare) și educare a elevilor care obțin performanțe școlare slabe prin metode pedagogice tradiționale.

Un alt proiect este MagicBook (Cartea Magică), dezvoltat de Mark Billingham & Hirokazu Kato (2001), împreună cu alți cercetători de la HITLab. MagicBook este o carte ca oricare alta, completată cu o povestire scrisă pe mai multe pagini care poate fi citită fără ajutorul tehnologiei AR. De asemenea, paginile mai conțin ilustrații digitale animate, fiecare putând fi vizualizată cu un *display heads-up* (afișaj deasupra paginii), care inițiază povestirea în spațiu tridimensional deasupra paginilor. MagicBook are capacitatea de a introduce cititorul în lumea personajelor, astfel încât acesta poate deveni un obiect virtual în interiorul mediului specific povestirii.

În Elveția, un grup de cercetători (Fjeld, M. et al, 2002) a dezvoltat un laborator AR virtual pentru chimie. Elevii pot vedea și obține atomi comuni prin intermediul unei tehnici virtuale de tipul *drag-and-drop*. Atomii pot fi combinați prin potrivirea rotirii electronilor de pe stratul extern al unui atom anume cu alții al caror strat extern necesită completare. Odată combinați, o structură nouă este vizualizată iar atomi adiționali pot fi adăugați utilizând aceeași metodă. Etichete care denumesc structura apar atunci când sunt formate molecule stabile. În acest fel, elevii pot construi propriul complex de molecule, reacțiile și interacțiunile moleculare fiind guvernate de reguli subatomice. Aceasta caracteristică oferă un avantaj clar față de metodele tradiționale de construire de modele care utilizează muleje.

În cadrul proiectului internațional ARiSE a fost elaborată o platformă de realitate îmbogățită, care este o adaptare pentru cerințele educației în școli a unei tehnologii de realitate îmbogățită existente create pentru muzee. Proiectul are în vedere dezvoltarea a trei prototipuri, unul pentru biologie, unul pentru chimie și unul care vizează colaborarea la distanță (remote collaboration). Platforma a fost realizată de către Fraunhofer IAIS (Windt, Riege & Bogen, 2007) și a fost înregistrată sub marca Spinnstube®. Obiectivul principal al acestui proiect, demarat în 2006 în cadrul Programului Cadru 6 al Uniunii Europene, este testarea eficacității

pedagogice a introducerii realității îmbogățite în școli. Scopul utilizării tehnologiei AR este de a da unui grup de elevi posibilitatea să „se joace” cu obiecte virtuale și astfel să învețe interacționând în loc să învețe citind.

2.3 Două exemple de scenarii didactice

În continuare, vor fi detaliate două scenarii de interacțiune elaborate pentru platforma de realitate îmbogățită din cadrul proiectului ARiSE.

Scenariul pentru biologie

Primul scenariu de interacțiune are ca obiect disciplina biologie pentru clasa a VII-a, mai exact tematica referitoare la sistemul digestiv uman. Obiectul real este reprezentat de un mulaj al sistemului digestiv uman. În poziționarea utilizată (4 module într-o cameră), un mulaj este împărțit de către doi elevi care stau față în față.

Ca instrument de interacțiune este folosit un dispozitiv prevăzut cu o bilă colorată la capătul unei tije și o telecomandă Wii Nintendo, care servește pentru trei tipuri de interacțiune: indicarea unui obiect real, selectarea unui obiect virtual și selectarea unui item din meniu. Obiectul real și instrumentul de interacțiune pot fi observate în figura 3.

Scenariul este structurat în 4 secțiuni: un program demonstrativ și trei exerciții. Sarcinile sunt prezentate prin intermediul unei interfețe vocale.

Programul demonstrativ a prezentat lecția (sistemul digestiv), oferind, în același timp, toate informațiile necesare elevilor pentru efectuarea exercițiilor scenariului.

Exercițiul 1 are ca scop identificarea organelor din sistemul digestiv uman. Elevii au ca sarcină selectarea cu ajutorul indicatorului a organelor specificate în partea superioară a ecranului. La începutul exercițiului elevul primește prin intermediul interfeței vocale o explicație cu privire la modul de îndeplinire a sarcinii. Apoi, numele organului care trebuie indicat apare în partea superioară a ecranului. Utilizând indicatorul, elevul trebuie să selecteze organul cerut. Dacă răspunsul este bun, el primește un feedback pozitiv pe cale audio iar imaginea virtuală a organului se colorează în verde. Dacă răspunsul este greșit, elevul primește un feedback negativ, iar imaginea virtuală a organului respectiv se colorează în roșu. Apoi, elevului i se cere să se indice un alt organ până se parcurg toate componentele aparatului digestiv.



Figura 3 . Elevi testând scenariul de biologie

Exercițiul 2 are ca scop testarea și consolidarea cunoștințelor privind modul în care alimentele sunt digerate la nivelul fiecărui organ al sistemului digestiv, prin selectarea elementelor nutritive care sunt transformate la nivelul organului respectiv. Modul de lucru este asemănător celui din exercițiul 1, cu diferența că elevii trebuie să selecteze din lista afișată pe ecran nutrienții care se digeră la nivelul diferitelor organe ale sistemului digestiv uman.

Obiectivul exercițiului 3 este de a testa și consolida cunoștințele privind modul în care alimentele sunt descompuse sau absorbite la nivelul fiecărui organ. Spre deosebire de exercițiul 2, unde trebuiau indicați nutrienții care se digeră în diferite organe, în acest exercițiu elevii trebuie să selecteze organele la nivelul cărora nutrienții afișați sunt descompuși sau absorbiți.

Scenariul pentru chimie

Cel de-al doilea scenariu de interacțiune are ca obiect chimia. Obiectele reale sunt reprezentate de tabelul periodic al elementelor și un set de bile colorate simbolizând atomii. Tabelul periodic are două părți: partea A prezentând simbolurile elementelor chimice și partea B prezentând doar numele grupelor și ale perioadelor. Partea B este utilizată pentru a testa

măsura în care elevii au înțeles structura internă a atomilor. Fiecare post de lucru beneficiază de propriul tabel periodic.

O telecomanda Wii Nintendo este utilizată ca instrument de interacțiune pentru selectarea unui item din meniu. Figura 4 ilustrează doi elevi care plasează o bilă în tabelul periodic.



Figura 4. Elevi testând scenariul de chimie

Scenariul pentru chimie este structurat în 4 secțiuni: o introducere și 3 lecții, fiecare cuprinzând mai multe exerciții.

Prima lecție este despre structura chimică a atomilor și cuprinde două exerciții. Elevii dobândesc informații/cunoștințe despre tabelul periodic și distribuția elementelor chimice pe grupe și perioade.

A doua lecție, care cuprinde 8 exerciții, este despre formarea de molecule și compuși chimici prin utilizarea obiectelor reale (bile) care simbolizează atomi. Elevii au ca sarcini formarea de compuși cu structuri chimice din ce în ce mai complexe, utilizând un număr din ce în ce mai mare de atomi.

Cea de-a treia lecție este despre reacții chimice și cuprinde 3 exerciții. În partea superioară a ecranului sunt afișate reacții chimice pe care elevii trebuie să le reproducă simbolic folosindu-se de tabelul periodic și de atomi.

Pentru toate exercițiile sarcinile sunt prezentate prin intermediul unei interfețe vocale.

Repere derivate din tipologia învățării

Printre principalele tipuri de învățare descrise în literatura de specialitate se numără:

- Condiționare clasică (Watson J. B.) – învățarea bazată pe asocierea repetată dintre un stimul condiționat și altul necondiționat (Todd & Morris, 1994).
- Asociații prin contiguitate (Guthrie E.) – conform acestui model orice element de comportament care urmează îndeaproape un anumit grup de stimuli tinde să se atașeze de grupul respectiv. (Kearsley, 2005)
- Condiționare instrumentală (Thorndike, 1999) – învățarea (asocierea reacțiilor la stimuli) depinde de ceea ce se întâmplă după reacție (dacă are loc o întărire sau nu).
- Învățarea conceptelor (Gagné, 1975) – care poate fi considerată drept primul model de învățare – din cele tratate până acum – specific doar ființelor umane.
- Învățarea principiilor (Gagné, 1975) – în tip ce conceptul este unitatea, principiul este relaționarea utilă a unităților conceptuale.
- Rezolvarea de probleme – presupune depășirea obstacolului (dificultății), recombinaând datele experienței anterioare în funcție de cerințele problemei;
- Învățarea prin acțiune (Dewey, 1977; Kolb, 1984) - presupune învățare prin experimentarea anumitor situații și prin confruntarea cu situații problematice, în loc de a primi răspunsuri de la altcineva.
- Învățarea prin iconi, scheme, modele (Kohler & Wertheimer) – are la bază modele considerate ca realități primordiale, ireductibile la părțile care sunt subordonate întregului. (Henle, 1971; Wertheimer, 1945)

Prin raportare la principalele tipuri de învățare descrise în literatura de specialitate, apreciem că sarcinile de învățare din cadrul scenariului de biologie și al celui de chimie pot fi reprezentate în Tabelul 1.

La nivelul scenariului de biologie se observă o creștere progresivă a gradului de complexitate în trecerea de la un exercițiu la altul și totodată antrenarea unor modalități de învățare bazate pe acțiune și rezolvarea de probleme, în special la nivelul exercițiilor 2 și 3.

Tabelul 1. Raportarea scenariilor de învățare la principalele tipuri de învățare

Tipuri de învățare	Biologie			Chimie		
	Ex.1	Ex.2	Ex.3	Le. 1	Le. 2	Le.3
Condiționare clasică						
Asociații prin contiguitate	o	o		x		
Condiționare instrumentală		o	o			x
Învățarea conceptelor			o	x	x	x
Învățarea principiilor		o	o	x	x	x
Rezolvarea de probleme			o		x	x
Învățarea prin acțiune	o	o	o		x	x
Învățarea prin iconi, scheme, modele	o	o	o	x	x	x

În cazul scenariului de chimie se observă dominanța învățării bazate pe acțiune, pe modele și iconi precum și a învățării conceptelor, a principiilor la nivelul celor trei lecții.

3. Metodologia evaluării

Utilizatori și sarcini

Sesiunile de evaluare au avut loc în cadrul ICI București, și au fost integrate în testarea utilizabilității platformei de realitate îmbogățită. Rezultatele obținute în 2007 au fost publicate într-o lucrare anterioară (Pribeanu et al. 2008).

Două clase de la Școala Nr. 172 din București au participat la acest experiment, în perioada 19 – 28 mai 2008. Numărul total al participanților a fost de 45 de elevi de clasa a VIII-a, dintre care 20 de băieți și 25 de fete. Nici unul dintre elevi nu era familiarizat cu tehnologia de realitate îmbogățită.

Fiecare grup de elevi a testat platforma de două ori, câte o dată pentru fiecare scenariu de interacțiune. Elevii au venit în grupuri de 6-8, însoțiți de un profesor, astfel încât testarea a fost organizată în 4 sesiuni, câte două

pentru fiecare scenariu. Nu a existat o ordine predefinită de execuție a scenariilor, ultimul scenariu testat de un grup devenea primul scenariu care era testat de grupul care urma.

Metodă și procedură

În cazul scenariului de biologie elevii au avut de îndeplinit 4 sarcini: programul demonstrativ și cele 3 exerciții descrise anterior.

Pentru scenariul de chimie elevii au avut de îndeplinit 8 sarcini: o introducere ambele exerciții din lecția întâi, 4 exerciții din a doua lecție și un exercițiu din a treia lecție.

Numărul de sarcini rezervat fiecărui elev a fost redus la 8 din cauza limitelor de timp (ambele scenarii au fost testate în aceeași zi). Totuși, toate exercițiile au fost testate, fiecare elev având de efectuat un număr reprezentativ de sarcini.

Înainte și după fiecare sesiune de testare elevii au completat două teste de cunoștințe: unul pentru biologie și altul pentru chimie. Pre-testele și post-testele au fost identice sub raportul conținutului, diferența constând în variația momentului în care au fost aplicate.

Pentru biologie, testul de cunoștințe a fost structurat în două părți. Prima parte conține 5 întrebări referitoare la specificarea nutrienților digerați în diferite organe. Astfel, prima întrebare solicită elevilor să identifice nutrienții digerați la nivelul cavității bucale. A doua întrebare vizează identificarea nutrienților digerați la nivelul stomacului. A treia întrebare solicită elevilor să identifice nutrienții digerați la nivelul duodenului. A patra întrebare se referă la identificarea nutrienților digerați în intestinul subțire iar cea de-a cincea la identificarea nutrienților digerați la nivelul intestinului gros.

Cea de-a doua parte a testului de cunoștințe pentru biologie cuprinde 7 întrebări referitoare la identificarea organelor la nivelul cărora sunt descompuși sau absorbiți diferiți nutrienți. Primele trei întrebări cer elevilor să identifice organele în care sunt descompuse: amidonul, proteinele și respectiv lipidele. Celelalte 4 întrebări vizează identificarea organelor în care apa, amidonul, proteinele și lipidele sunt absorbite.

Testul de cunoștințe pentru chimie a fost format din 6 întrebări strâns legate de conținutul cunoștințelor exersat cu ajutorul platformei de realitate îmbogățită. Primele două întrebări vizează evaluarea cunoștințelor legate de

relația dintre structura atomilor și distribuția acestora pe grupe și perioade în tabelul periodic al elementelor. Următoarele două întrebări sunt legate de identificarea de către elevi a poziției atomilor de hidrogen și respectiv de oxigen în tabelul periodic. Ultimele două întrebări vizează evaluarea cunoștințelor elevilor cu privire la reacțiile chimice.

3. Rezultate

Măsurile ale eficienței și ale eficacității

Pe parcursul sesiunilor de testare, măsurile de evaluare a eficacității (rata completării sarcinilor și numărul de erori) și ale eficienței (timp pentru efectuarea sarcinii) au fost analizate prin intermediul fișierelor de log. Acestea au fost colectate după fiecare sesiune de testare iar datele obținute au fost centralizate pentru fiecare elev în parte.

Scenariul pentru biologie

Rezultatele eficacității și eficienței pentru fiecare exercițiu al scenariului de biologie sunt prezentate în Tabelul 2.

Tabelul 2. Valori ale eficacității și ale eficienței în scenariul de biologie

Sarcina	Succes	Greșeli	Rata de completare	Nr. mediu erori	Timp de execuție (sec.)
Exercițiul 1	42	3	93.33%	4.69	215.55
Exercițiul 2	44	1	97.7%	6.23	140.23
Exercițiul 3	39	6	86.66%	17.5	276.23

Primul exercițiu a fost dificil de utilizat datorită problemelor întâmpinate de elevi în selecția organelor. Problemele de selecție au fost și cauza multor erori, elevii declarând că uneori, chiar dacă știau răspunsul corect, acesta era dificil de selectat. În aceste condiții, 42 de elevi au reușit să îndeplinească scopul sarcinii. Valorile timpului de execuție au variat între 86 sec (0 erori) și 565 sec. (2 erori), cu o medie de 215.55 sec (SD=100.42).

Cel mai dificil de selectat au fost pancreasul și duodenul datorită problemelor de utilizabilitate (dimensiuni reduse și situare în proximitate). Cu toate acestea, câteva erori s-au făcut și în selectarea organelor de mari

dimensiuni, cum ar fi cazul intestinului subțire și al celui gros. Doar trei elevi au finalizat exercițiul fără greșală, pe când alți 5 au întâmpinat dificultăți deosebite în rezolvarea acestuia.

Tabelul 3 arată dificultățile întâmpinate la selectarea organelor de mici dimensiuni de la primul exercițiu.

Tabelul 3. Erori în selectarea organelor la primul exercițiu

Numele organului	Nr. erori	Nr. elevi	Nr. mediu erori
Cavitatea bucala	21	10	2.1
Duodenul	37	16	2.3
Pancreasul	72	28	2.6
Esofagul	22	12	1.8
Intestinul gros	11	8	1.4
Intestinul subțire	11	6	1.8
Altele	12	6	2
Total	186		

În cazul celui de-al doilea exercițiu s-a înregistrat cea mai mare rată de completare (97.7%). Acest exercițiu a fost mai ușor de utilizat, deoarece nutrienții erau selectați cu ajutorul telecomenzii, fără utilizarea indicatorului care a generat probleme de selecție în cazul primului exercițiu. 1 elev nu au reușit să rezolve exercițiul. Nu a existat nici un elev care să termine exercițiul fără greșală, deși 5 elevi au făcut doar câte o singură greșală. Restul elevilor au avut între 2 și 33 greșeli (media = 6.23, SD=5.24). Timpul de execuție pentru acest exercițiu a variat între 93 sec. (o greșală) și 545 sec. (33 greșeli), cu o medie de 140.23 sec. (SD=67.28).

Cea mai mică rată de completare s-a înregistrat la nivelul celui de-al treilea exercițiu. O posibilă explicație pentru aceste rezultate ar putea fi reprezentată de faptul ca acesta este cel mai complex exercițiu, implicând, pe lângă relația nutrienți-organe și procesele digestive de absorbție și descompunere. Toți elevii au făcut erori: 11 elevi au făcut între 1 și 10 erori, 14 elevi au făcut 11 – 20 erori și 14 elevi au făcut peste 20 erori. În acest caz erorile sunt datorate în egală masura lipsei de cunoștințe și dificultăților în selectarea organelor. Timpul de execuție a variat între 121 sec (cu 2 erori) și

735 sec. (cu 24 erori), media timpului de execuție fiind de 276.23 sec (SD=119.16).

Scenariul pentru chimie

Tabelul 6 ilustrează măsurările eficacității (rata de completare) și eficienței (media timpului de execuție) pentru toate exercițiile din scenariul al doilea. În total, elevii au avut de rezolvat 13 exerciții. Valorile pot fi urmărite în Tabelul 4.

Tabelul 4. Valori ale eficacității și ale eficienței în scenariul de chimie

Sarcina	Succes	Eșec	Rata de succes	Timp de execuție (sec.)
Le1 Ex 1	41	4	91.1%	207.34
Le1 Ex 2	35	10	77.7%	196
Le2 Ex 1	27	1	96.4%	96.56
Le2 Ex 2	29	0	100%	35.03
Le2 Ex 3	20	0	100%	24.60
Le2 Ex 4	14	0	100%	48.50
Le2 Ex 5	22	0	100%	51.09
Le2 Ex 6	17	0	100%	66.06
Le2 Ex 7	10	0	100%	53.09
Le2 Ex 8	21	0	100%	51.05
Le3 Ex 1	12	3	80%	97.83
Le3 Ex 2	18	0	100%	127.77
Le3 Ex 3	11	1	91.6%	143.45

Rata eșecului pentru al doilea exercițiu din lecția 1 a fost foarte ridicată. În acest exercițiu elevii au avut sarcina de a găsi locul corect în tabelul periodic al mai multor elemente chimice. În total 33 de elevi au reușit să rezolve cu succes ambele exerciții din lecția 1. Timpul total de execuție pentru prima lecție a variat între 247 sec și 624 sec, cu o medie de 401.24 sec. Aceste rezultate pot fi explicate prin frecvențele probleme de utilizabilitate legate de îndeplinirea acestui exercițiu. O altă explicație ar putea fi reprezentată de insuficiența consolidare în exercițiul anterior a

cunoștințelor legate regulile care guvernează dispunerea elementelor chimice în tabelul periodic al elementelor.

Toți elevii au reușit să rezolve exercițiile (4 din 8 pentru fiecare elev) avute ca sarcină din lecția 2. Timpul de execuție pentru exercițiile individuale a variat între 10 sec. și 199 sec. Se poate observa că rata succesului a fost mai mică în cazul primului exercițiu (96.4%), după care atinge valoarea maximă pentru celelalte exerciții ale lecției. Totodată, media timpului de execuție este mai mare în cazul primului exercițiu, după care scade semnificativ de la 96 sec. la 35 sec. Se pare ca elevii au avut nevoie de mai mult timp la începutul lecției pentru descoperirea strategiei rezolutive, după care au reușit să soluționeze rapid și în proporție de 100% restul de exerciții.

Fiecare elev a avut de rezolvat doar un exercițiu din lecția 3 pe parcursul sesiunilor de testare. 41 de elevi au reușit să efectueze exercițiul corespunzător din această lecție. Timpul total de execuție pentru fiecare exercițiu din lecția 3 a variat între 53 sec. și 596 sec., cu o medie de 144.34 sec. La exercițiul 1 s-a înregistrat cea mai scăzută rată de completare (80%) din această lecție, însă și cea mai scăzută medie a timpului de execuție (97.83). În cazul celorlalte două exerciții, rata de completare a fost de 100% în cazul exercițiului 2, respectiv 91.6% pentru exercițiul 3. Diferențele aparute se pot datora unor probleme de utilizabilitate întrucât pentru rezolvarea fiecărui exercițiu e nevoie de manipularea simultană a unui număr diferit de bile-atomi.

Rezultatele la testele de cunoștințe

Scenariul pentru biologie

Valorile tendinței centrale în cazul rezultatelor la testul 1 de cunoștințe corespunzător sunt prezentate în Tabelul 5. În scopul prelucrării statistice, răspunsurile corecte la testul de cunoștințe au fost cotate cu 1, iar cele greșite cu 0.

Se poate observa că nici un elev nu a răspuns corect la întrebările 3, 4 și 5 din pre-test. Acest fapt poate fi explicat prin distanța mare în timp între momentul în care cunoștințele respective au fost învățate în școală (clasa a VII-a) și momentul în care au fost testate (clasa a VIII-a).

Totodată, rezultatele modeste la întrebarea numărul 1 (media 0.26) și întrebarea numărul 2 (media 0.24) se pot datora și unei asimilări superficiale

a cunoștințelor de biologie corespunzătoare predării de tip tradițional, în lipsa unor materiale didactice care să sprijine învățarea și transferul.

Tabelul 5. Rezultatele la Testul 1 de cunoștințe pentru disciplina biologie

Item	Pre-test		Post-test	
	Medie	SD	Medie	SD
1	0.26	0.45	0.85	0.35
2	0.24	0.43	0.59	0.50
3	0	0.00	0.57	0.50
4	0	0.00	0.53	0.50
5	0	0.00	0.61	0.49

Pe ansamblu, mediile obținute de elevi la post-test (după ce au lucrat cu platforma de realitate îmbogățită) sunt vizibil mai mari decât mediile obținute la aceleași întrebări din cadrul pre-testului.

Diferențele între medii au înregistrat scoruri cuprinse între 0.35 (întrebarea 2) și 0.61(întrebarea 5). Cu alte cuvinte, elevii au obținut rezultate semnificativ mai bune la testul de cunoștințe corespunzător exercițiului 2, după ce au lucrat cu platforma de realitate îmbogățită comparativ cu situația inițială.

Spre deosebire de testul 1 de cunoștințe, în care se cere elevilor să precizeze nutrienții care sunt digerați la nivelul diferitelor organe ale sistemului digestiv, în testul 2 sarcina a fost să se precizeze organele la nivelul cărora nutrienții sunt digerați (absorbiți sau descompuși). Prin urmare, ambele teste au drept scop evaluarea pe căi diferite a cunoștințelor legate de conexiunile dintre nutrienți și organele sistemului digestiv uman.

În tabelul 6 sunt prezentate valorile tendinței centrale în cazul rezultatelor la testul 2 de cunoștințe corespunzător scenariului de biologie.

Doar câțiva elevi au reușit să răspundă corect la întrebările din cadrul pre-testului 2 pentru biologie și anume: doi elevi au raspuns corect la întrebarea 1, un elev la întrebarea 2, cinci elevi la întrebarea 3, doi elevi la întrebarea 4, un elev la întrebarea 5; nouă elevi la întrebarea 6 și cinci elevi la întrebarea 7. Astfel, mediile răspunsurilor la pretest au fost modeste, înregistrând valori cuprinse între 0.02 (întrebările 2 și 5) și 0.18 (întrebarea 6).

Mediile răspunsurilor corespunzătoare fiecărui item din post-testul 2 au fost net superioare mediilor răspunsurilor elaborate de elevi la pre-test. Diferențele între medii au înregistrat scoruri cuprinse între 0.07 (întrebarea 6) și 0.51(întrebarea 1). Aceste diferențe sunt mai reduse decât în cazul primului test de cunoștințe. Se pare că elevii au învățat mai ușor cunoștințele legate de sistemul digestiv prin identificarea raportului nutrienți – organe decât prin precizarea raportului organe – nutrienți. Prin urmare și în cazul testului 2 elevii au obținut rezultate vizibil mai ridicate după ce au lucrat cu platforma de realitate îmbogățită comparativ cu situația inițială.

Tabelul 6. Rezultatele la testul 2 de cunoștințe pentru disciplina biologie

Item	Pre-test		Post-test	
	Medie	SD	Medie	SD
1	0.04	0.20	0.55	0.50
2	0.02	0.14	0.46	0.50
3	0.1	0.31	0.24	0.43
4	0.04	0.20	0.53	0.50
5	0.2	0.41	0.34	0.48
6	0.18	0.39	0.25	0.45
7	0.10	0.31	0.40	0.50

Scenariul pentru chimie

Valorile tendinței centrale în cazul rezultatelor la testul de cunoștințe corespunzător scenariului de chimie sunt prezentate în tabelul 7.

Și în cazul scenariului de chimie elevii au obținut rezultate mai bune după ce au lucrat cu platforma de realitate îmbogățită comparativ cu rezultatele la pre-test cu o singură excepție, în cazul întrebării cu numărul 3, unde mediile au fost egale.

Diferențe mai importante între mediile rezultatelor obținute la post-test și mediile rezultatelor obținute la pre-test s-au înregistrat în cazul întrebării cu numărul 1 (0.40) și în cazul întrebării cu numărul 2 (0.31). La nivelul celorlalte întrebări, diferența dintre media scorurilor obținute la post-test și media scorurilor obținute la pre-test a fost mai scăzută, înregistrând valori cuprinse între 0.03 (întrebarea 6) și 0.16 (întrebarea 4).

Tabelul 7. Rezultatele la testul de cunoștințe pentru scenariul de chimie

Item	Pre-test		Post-test	
	Medie	SD	Medie	SD
1	0.44	0.50	0.84	0.37
2	0.51	0.51	0.82	0.39
3	0.96	0.21	0.96	0.21
4	0.40	0.50	0.56	0.50
5	0.73	0.45	0.78	0.42
6	0.73	0.45	0.76	0.43

3. Concluzii

Rezultatele elevilor la testele de cunoștințe au pus în evidență următoarele aspecte:

- performanțe superioare la post-teste comparativ cu pretestele atât la biologie cât și la chimie;
- fixare mai bună a cunoștințelor legate de sistemul digestiv prin identificarea raportului nutrienți – organe decât prin precizarea raportului organe – nutrienți în cazul scenariului de biologie;
- diferență mai mare între mediile de la post-teste și cele de la pre-teste în cazul scenariului de biologie comparativ cu cel de chimie.

Aceasta sugerează ca lucrul cu platforma AR s-a soldat cu efecte formative în planul achiziției de cunoștințe, cel puțin la nivelul memoriei de scurta durată.

Măsurile eficienței și ale eficacității au oferit informații utile nu numai cu privire la cu privire la diferitele probleme de utilizabilitate ci și în legătură cu comportamentul și strategiile rezolutive utilizate de elevi.

Rezultatele evaluării indică faptul că platforma de realitate îmbogățită poate constitui un suport folositor pentru învățare întrucât: ajută în achiziția de cunoștințe pe termen mediu și lung, ajută percepția și formarea de reprezentări, facilitează înțelegerea și actualizarea cunoștințelor memorate.

Se pare că interactivitatea și vizualizarea în 3D a sistemului digestiv uman s-a materializat în efecte pozitive asupra ușurinței în înțelegere și

memorare. La aceste rezultate a contribuit și faptul că platforma de învățare bazată pe realitate îmbogățită a implicat o interacțiune multimodală care se adresează analizatorilor vizual, auditiv și tactil, oferind astfel o experiență nouă în raport cu alte sisteme de e-learning.

Referințe

- ARiSE - *Augmented Reality in School Environment. FP6 027039*. Accesibil la <http://www.arise-project.org/>
- Azuma, R. (1997). "A Survey of Augmented Reality". *PRESENCE: Teleoperators and Virtual Environments, Vol. 6, No. 4*, pp. 355-385.
- Billinghurst, M., Hirokazu, K. & Pouppeyev, I. (2001). MagicBook: Transitioning between Reality and Virtuality, *CHI 2001*, 31 March – 5 April.
- Clark, R.E. (1983). Reconsidering Research on Learning from Media. *Review of Educational Research, Winter, Vol. 53, No. 4*, pp. 445-459.
- Dewey, John, (1977), *Trei scrieri despre educatie*, Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti.
- Fjeld, M. & Voegtli, B. M. (2002). *Augmented Chemistry: an interactive educational workbench*. Mixed and Augmented Reality. ISMAR 2002. Proceedings. International Symposium on Volume , Issue , 2002 Page(s): 259 – 321.
- Gagné R. M.,(1975) *Condițiile învățării*, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- Henle, M. (1971). *The Selected Papers of Wolfgang Köhler*, New York: Liveright, 1971
- Kearsley, G. (2005) Contiguity Theory (E. Guthrie). Retrieved November 9, 2005, from Explorations in Learning & Instruction: The Theory Into Practice Database Web site: <http://tip.psychology.org/guthrie.html>
- Kolb.D (1984) *Experiential Learning*, Prentice Hall.
- Milgram, P. & Kishino, F.A. (1994) *A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays*, IEICE Transactions on Information Systems E77-D (12): 1321-1329
- Pribeanu, C., Iordache, D., Lamanauskas, V., Vilkonis, R., (2008) Evaluarea utilizabilității și eficacității pedagogice a unui scenariu de învățare bazat pe realitate îmbogățită. In Buraga, S. & Juvina, I. (Eds) *Interacțiune Om-Calculator 2008*, Editura Matrix Rom, Bucuresti, pp. 19-24.
- Siebert, H.(2001). *Învățarea autodirijată și consilierea pentru învățare*. Iași: Institutul European.
- Thorndike, E (1999). *Education Psychology*. New York: Routledge. [1913]
- Todd, J.T. (1994). What psychology has to say about John B. Watson: Classical behaviorism in psychology textbooks, 1920-1989. In J.T. Todd & E.K. Morris (Eds.). *Modern perspectives on John B. Watson and classical behaviorism*. Westport, CT: Greenwood Press. (pp. 75-107).
- Wertheimer, M. (1945) *Productive Thinking*, New York, Harper, 1945

Wind, J., Riege, K., Bogen M. (2007) Spinnstube®: A Seated Augmented Reality Display System, In Virtual Environments, *IPT-EGVE – EG/ACM Symposium Proceedings*, pp. 17-23.