

Evaluarea utilizabilității și eficacității pedagogice a unui scenariu de învățare bazat pe realitate îmbogățită

Costin Pribeanu, Dragoș Daniel Iordache
ICI București

Bd. Mareșal Averescu nr.8-10, București
{iordache, pribeanu}@ici.ro

Vincentas Lamanauskas, Rytis Vilkonis
Siauliai University

P.Visinskio no. 25-119, Siauliai, Lithuania
{vincentas, vilkonis}@yahoo.com

REZUMAT

Deși există numeroase metode de evaluare a sistemelor interactive de e-learning, puține dintre acestea au fost adaptate pentru evaluarea eficacității pedagogice și a utilizabilității sistemelor de realitate îmbogățită – AR (Augmented Reality). În cadrul acestei lucrări se prezintă și se analizează rezultatele obținute în evaluarea unui scenariu de învățare pentru Biologie, dezvoltat în cadrul proiectului european ARiSE (Augmented Reality for School Environments) și testat cu utilizatori în cadrul școlii de vară ARiSE care a avut loc la București, în 2007.

Cuvinte cheie

Realitate îmbogățită, utilizabilitate, eficacitate pedagogică, e-learning.

Clasificare ACM

H.5.1 [Information Interfaces and Presentation]:
Multimedia

Information Systems - Artificial, augmented, and virtual realities.

INTRODUCERE

Sistemele bazate pe realitate îmbogățită sunt o tehnologie în plină expansiune, care a pătruns și în domeniul învățării și instruirii asistate de calculator. Prin capacitățile pe care le oferă, sistemele bazate pe realitate îmbogățită pot contribui în mod semnificativ la creșterea interesului și a motivației elevilor.

Un avantaj al acestor sisteme este combinația dintre real și virtual, care oferă elevului posibilitatea unor experiențe autentice în învățarea unui concept. Pe de altă parte, interacțiunea cu obiecte reale și virtuale necesită tehnici de interacțiune adecvate. Așa cum arată Hix et al. [4], componentele de interacțiune ale sistemelor AR sunt adeseori proiectate necorespunzător și necesită testare cu utilizatori pentru a identifica problemele de utilizabilitate cât mai devreme.

Obiectivul principal al proiectului ARiSE [3], demarat în 2006 în cadrul Programului Cadru 6 al Uniunii Europene, este testarea eficacității pedagogice a introducerii realității îmbogățite în școli. În acest scop sunt prevăzute 3 scenarii de interacțiune, fiecare având ca țintă pedagogică o disciplină predată în școala generală.

Proiectul este realizat într-un consorțiu în care fiecare partener are un rol specific. Platforma hardware a fost proiectată de Franunhofer IAIS (Germania) iar programele de aplicație de Czech Technical University in Prague (Republica Cehă). Selectarea lecțiilor relevante și evaluarea pedagogică a scenariilor este făcută de

Universitatea din Siauliai (Lithuania) iar evaluarea utilizabilității de către ICI București (România). În consorțiu participă și două școli: Siauliai City Juventa Basic-School (Lituania) și Rabanus-Maurus Gymnasiums Mainz (Germania).

Platforma a fost realizată în primul an de către Fraunhofer IAIS și a fost înregistrată sub marca Spinnstube® [11]. Tot în primul an de activitate, a fost realizat primul scenariu de interacțiune, având ca țintă Biologia. Scenariul a fost testat cu utilizatori în cadrul școlii de vară organizată în Malta în 2006. Rezultatele evaluării utilizabilității, care au fost prezentate mai pe larg în două lucrări anterioare [5], [7], au condus la re proiectarea scenariului care a fost testat și evaluat din nou, în cadrul școlii de vară din 2007.

În cadrul acestei lucrări se prezintă o analiză comparativă a rezultatelor evaluării utilizabilității și eficacității pedagogice a scenariului de Biologie. În acest scop, prezentarea este axată pe măsurile calitative colectate în cele două activități de evaluare, la care se adaugă măsuri cantitative ale eficacității și eficienței, colectate în evaluarea utilizabilității.

Restul articolului este organizat după cum urmează. În secțiunea următoare sunt prezentate câteva abordări în evaluarea utilizabilității și eficacității pedagogice a sistemelor de e-learning. În continuare, se prezintă succint rezultatele evaluării primei versiuni a scenariului, îmbunătățirile aduse, contextul evaluării și metodologia. În secțiunea următoare sunt prezentate și comparate rezultatele evaluării utilizabilității și evaluării eficacității pedagogice. Lucrarea se încheie cu concluzii și direcții de continuare a cercetărilor.

EVALUAREA SISTEMELOR DE ELEARNING

Amershi et al. [1] menționează următoarele obiective pedagogice care stau la baza proiectării unui mediu interactiv de vizualizare destinat învățării asistate de calculator:

- Înțelegerea domeniului țintă de către student.
- Suport pentru diferite abilități de învățare, stiluri de învățare și niveluri de cunoștințe.
- Motivare și generare de interes în subiectul predat.
- Promovarea unui angajament activ în utilizarea uneltelor de interacțiune.
- Suportarea unor scenarii diferite de învățare, incluzând demonstrații în clasă, teme și explorare.

Ardito et al. [2, 3] au propus o metodă de evaluare sistematică a utilizabilității sistemelor de e-learning – SUE

(Systematic Usability Evaluation), care combină inspecția de utilizabilitate cu testarea cu utilizatori, soluție care este deopotrivă rapidă și eficientă (discount usability evaluation). Un dezavantaj este faptul că testarea cu utilizatori are o pondere redusă în evaluare.

Jakob Nielsen [8] consideră că un artefact este folositor (*useful*) dacă este deopotrivă util și utilizabil. Utilitatea se referă la ceea ce vrea să facă utilizatorul. Utilizabilitatea este definită de standardul ISO 9241-11 [6] ca măsură în care utilizatori specificați îndeplinesc sarcini de lucru specificate cu eficacitate, eficiență și satisfacție, într-un context de lucru specificat. Eficacitatea este definită ca acuratețe și completitudine cu care utilizatorii îndeplinesc sarcinile de lucru.

Pe baza acestor definiții, Nokelainen [9] și Sillius & Tervakari [10] au propus utilizabilitatea pedagogică ca atribut esențial în evaluarea sistemelor de e-learning, făcând distincție între aceasta și utilizabilitatea tehnică. În concepția lor, utilizabilitatea pedagogică se referă la: suport pentru organizarea predării și studiului, suport pentru învățare și îndeplinire a obiectivelor învățării și suport pentru dezvoltarea abilităților de învățare (interacțiune cu alți actori, creșterea autonomiei cursanților și auto-directare).

Deși termenul de utilizabilitate pedagogică este discutabil, el atrage atenția asupra obiectivelor pedagogice, față de care este evaluată eficacitatea pedagogică și a importanței pe care o are aceasta în evaluarea utilizabilității sistemelor de e-learning.

CONTEXTUL EVALUĂRII

Platforma hardware software

Platforma cuprinde patru module independente, organizate în cadrul unei mese pe care este amplasat obiectul real. Fiecare modul este alcătuit dintr-un calculator Dell, un proiector DepthQ, o oglindă, un ecran de proiecție și un ecran de tip *see-through*. Două camere de captură video monitorizează poziția ecranelor și a utilizatorului. În acest fel, imaginea generată de calculator este actualizată permanent pentru utilizator. O a treia cameră video este utilizată pentru a monitoriza poziția uneltei de interacțiune.

Echipamentele sunt montate pe un stativ (rack) pe roțile, având dimensiunea în plan de 200 cm x 100 cm, pe care este amplasat și un dispozitiv de reglare a înălțimii proiectoarei și ecranelor, astfel încât să poată fi ajustat corespunzător înălțimii utilizatorului. Utilizatorul vede pe ecran, prin intermediul unei perechi de ochelari stereo 3D, atât obiectul real cât și imaginea generată de calculator.

Platforma oferă o interfață multimodală: canal auditiv (prezentarea sarcinii și feedback semantic), haptic (selectare elemente ale obiectului real) și vizual (restul interacțiunii).

Rezultatele evaluării primei versiuni

Primul scenariu ARiSE are ca disciplină țintă Biologia pentru elevii de clasa a VII a și a fost testat cu utilizatori în cadrul primei școli de vară organizată la Hamrun, Malta, în perioada 8-12 Noiembrie 2006.

Obiectul real este un mulaj al sistemului digestiv uman.

Ca unealtă de interacțiune a fost utilizată o paletă. Mișcarea paletelor generează un feedback vizual (o bilă 3D) și Paleta servește pentru trei categorii de operații:

- Selectarea unui obiect real (de exemplu, un organ din sistemul digestiv).
- Selectarea unui obiect virtual (de exemplu, simbolul unui element nutritiv)
- Selectarea unui articol din meniu.

Evaluarea utilizabilității s-a făcut pe baza unui chestionar cu 12 itemuri închise și două întrebări deschise, prin care s-a solicitat elevilor menționarea a 3 aspecte pozitive respectiv 3 aspecte negative. Evaluarea pedagogică a fost făcută în cadrul unui focus grup organizat după fiecare sesiune de testare cu 4 elevi și un profesor.

Problemele de utilizabilitate identificate s-au referit la:

- Dificultăți în selectarea tuturor elementelor.
- Dificultăți în utilizarea uneltei de interacțiune
- Reglaje neadecvate ale dispozitivelor de lucru.

Prima categorie de probleme se datorează ariei de selecție prea mică în raport cu mărimea obiectului real. O modalitate de contracarare este schimbarea poziției obiectului real, astfel încât elevii să aibă acces pentru selecție pe rând, la o parte din obiect.

A doua problemă este legată de tehnica de interacțiune, care nu permite utilizatorului să efectueze operațiile de poziționare / selectare cu suficientă acuratețe.

Rezultatele evaluării eficacității pedagogice au confirmat rezultatele obținute din evaluarea utilizabilității, în ambele cazuri fiind semnalate aceleași probleme de utilizabilitate.

Imbunătățiri hardware și software

În cea de a doua versiune a scenariului, paleta de interacțiune a fost înlocuită cu un dispozitiv de poziționare și selectare alcătuit dintr-o telecomandă Wii Nintendo pe care este montată o baghetă metalică la capătul căreia este o bilă colorată din plastic.

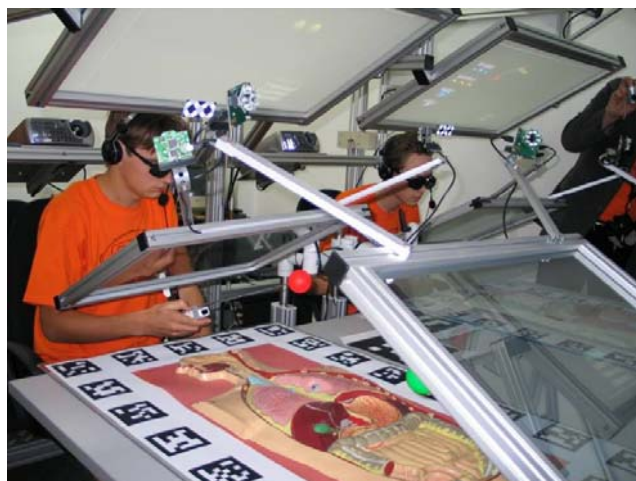


Figura 1. Elevi testând scenariul de Biologie

Camerele video alb-negru pentru monitorizarea poziției uneltei de interacțiune au fost înlocuite cu camere video color. În Figura 1 se observă dispunerea celor 4 module pe două laturi ale unei mese pe care sunt amplasate două mulaje (un mulaj fiind partajat de doi utilizatori așezați față în față).

Participanți și sarcini

Cea de a doua școală de vară a fost organizată în ICI București, în perioada 24-28 Octombrie 2007. Prototipul AR a cuprins două scenarii, primul pentru Biologie (versiune îmbunătățită) și al doilea pentru Chimie. La testare au participat 5 echipe a câte 1 profesor + 4 elevi din școli din Germania, Lituania și România (trei școli). În total au participat 20 de elevi, dintre care 10 băieți și 10 fete.

În cadrul testării, elevii au avut de îndeplinit patru sarcini de lucru: urmărirea unui program demo și efectuarea a trei exerciții. Sarcinile au fost prezentate prin intermediul unei interfețe vocale în limba națională a elevilor.

Programul demo a prezentat lecția: structura și funcțiile sistemului digestiv uman. Exercițiul 1 a avut ca scop identificarea organelor din sistemul digestiv uman, solicitând elevului să selecteze organul al cărui nume este afișat pe ecran.

Exercițiul 2 a avut ca scop testarea cunoștințelor privind modul în care alimentele sunt digerate la nivelul fiecărui organ, solicitând elevului să selecteze elementele nutritive care sunt transformate la nivelul unui organ.

Exercițiul 3 a avut, de asemenea, ca scop testarea cunoștințelor privind modul în care alimentele sunt digerate la nivelul fiecărui organ, solicitând elevului să selecteze toate organele la nivelul cărora este transformat un element nutritiv.

Metode și procedură

În cadrul proiectului a fost adoptat un cadru de lucru metodologic de proiectare centrată pe utilizator care cuprinde analiza sarcinii utilizatorului, evaluare formativă și evaluare sumativă. Evaluarea formativă are rolul de a testa sistemul, cât mai devreme posibil, pentru a identifica problemele de utilizabilitate. Școala de vară ARiSE are ca scop evaluarea formativă a utilizabilității și eficacității pedagogice, prin testare cu un număr redus de utilizatori.

Testarea și evaluarea s-a făcut după o metodologie centrată pe utilizator, agreată de specialiștii din ICI și Universitatea din Siauliai.

Conform planului de evaluare, fiecare grup de elevi a testat scenariul de Biologie în cadrul unei sesiuni de lucru, care a durat 1 oră, în care au fost efectuate toate sarcinile.

Pentru evaluarea utilizabilității s-a utilizat un chestionar nou, care cuprinde 28 de itemi închiși și 2 itemi deschiși, elaborat pe baza rezultatelor obținute în 2006. De asemenea, au fost analizate fișierele de log pentru colectarea de măsuri ale eficacității (îndeplinirea sarcinii) și eficienței (timp de utilizare). În această lucrare se prezintă aspectele pozitive / negative menționate de elevi (măsuri calitative), rata binară de îndeplinire a sarcinilor și timpul de execuție (măsuri cantitative).

Pentru evaluarea pedagogică a fost elaborat un chestionar de tip interviu secțional structurat, care a ținut următoarele aspecte: înțelegerea sistemului digestiv, recunoașterea organelor componente, interesul în Biologie, motivația studenților de a participa activ la lecție, avantajele conținutului în raport cu alte tipuri de resurse, claritatea

explicațiilor, utilitatea și lizibilitatea informației afișate, emoțiile pozitive și emoțiile negative.

Datele colectate au cuprins opinii, evaluări și recomandări ale elevilor. Evaluarea s-a făcut pe baza analizei de conținut a răspunsurilor.

REZULTATE

Evaluarea utilizabilității

Aspecte pozitive menționate de elevi

Pentru a analiza răspunsurile elevilor, au fost identificate cuvintele cheie (atribute) care au fost apoi grupate pe categorii. Multe dintre descrierile furnizate de către elevi s-au referit la mai multe aspecte.

Principalele categorii de aspecte pozitive menționate de elevi sunt prezentate în Tabelul 1, în ordinea descrescătoare a frecvenței.

Categorie	Frecvență
Suport educațional	40
AR și vizualizare 3D	13
Interesant și motivant	8
Amuzant, provocativ, similar jocurilor	7
Explicațiile vocale	4
Noutate, experiență plăcută	4
Ușor de utilizat	3
Total	82

Tabelul 1. Categorii de aspecte pozitive

Suportul educațional include aspecte ca: mai bună înțelegere („înteleg mai bine poziția reală a organelor”), folositor pentru învățare („pot să învăț ușor locul fiecărui organ”), ușurința în memorare („îmi amintesc mai ușor conținutul lecției”), învățarea mai rapidă („este bun să înveți rapid”).

Elevilor le-a plăcut tehnologia AR care oferă posibilitatea interacțiunii în 3D (înveți subiectul în 3D”) și explicațiile vocale care ghidează interacțiunea cu sistemul („explicațiile sunt bune și descriptive”).

De asemenea, ei au apreciat sistemul ca fiind amuzant („asemănător jocurilor”) și motivant („sistemul te motivează să înveți acest subiect”, „sistemul face învățarea mult mai interesantă”).

Evaluarea utilizabilității

Aspecte negative menționate de elevi

Aspectele negative cel mai frecvent menționate de elevi sunt prezentate în Tabelul 2.

Categorie	Frecvență
Probleme de selecție	25
Dureri de ochi și probleme cu ochelarii	13
Obiectul real prea mare	10
Probleme de sunet	6
Probleme cu căștile	4
Greu de utilizat	4
Probleme de suprapunere	3
Erori și alte probleme tehnice	4
Total	69

Tabelul 2. Categorii de aspecte negative

În esență, aceste aspecte reprezintă probleme de utilizabilitate.

Cel mai frecvent a fost menționată dificultatea de a selecta un organ cu ajutorul uneltei de interacțiune („adeseori este dificil să poziționezi pe organul cerut”, „chiar dacă știi care este organul, este greu să îl selectezi”). Câțiva elevi au menționat și lipsa de acuratețe în suprapunerea imaginii generate pe imaginea obiectului real observată pe ecran.

A doua categorie de probleme de utilizabilitate a fost discomfortul provocat de ochelarii stereo 3D fără fir. Majoritatea elevilor au acuzat dureri de ochi la sfârșitul sesiunii. Rezultatele testării arată că pentru contextul de utilizare dat (mai mult de un singur modul într-o cameră, distanță mică între module) este recomandabilă utilizarea de ochelari stereo cu fir, pentru a evita interferențele între transmițătoarele de infraroșii.

Mulți dintre elevi au menționat că mulajul este prea mare și greu de manipulat („nu mi-a plăcut faptul că mulajul trebuie mutat”, „fiecare elev ar trebui să aibă propriul mulaj”). Cauza este dimensiunea obiectului real în raport cu aria de selecție, fapt care necesită deplasarea acestuia în funcție de sarcina de lucru. În același timp, un mulaj este partajat de doi elevi care stau față în față și sunt frecvente situațiile în care ambii au nevoie să interacționeze cu aceeași parte a mulajului.

Măsuri ale eficacității și eficienței

În Tabelul 3 sunt prezentate măsuri ale eficacității (rata de îndeplinire a sarcinii și numărul mediu de erori) și eficienței (timpul mediu de execuție) pentru fiecare exercițiu.

Exercițiu	Succes	Eșec	Rată	Erori	Timp
1	20	0	100%	4.45	381.8
2	18	2	90%	4.94	254.9
3	16	4	80%	13.69	381.6

Tabelul 3. Măsuri ale eficacității și eficienței

Primul exercițiu a fost mai ușor de rezolvat (doar indicarea organelor) dar dificil de utilizat. Erorile (Min=0, Max=13, SD=3.9) sunt datorate în primul rând dificultăților în selectarea organului dorit, care au fost mai frecvente în cazul organelor de mici dimensiuni (esofag, duoden, pancreas). Cu toate acestea, toți elevii au reușit să termine exercițiul cu succes. Timpul de execuție a variat între 116 sec. (cu 2 erori) și 852 sec. (cu 10 erori), cu o medie de 381.8 sec. (SD=218.1).

Ultimele două exerciții au fost mai greu de rezolvat, având în vedere că între organe și nutrienți este o relație N:M (un nutrient poate fi digerat în mai multe organe iar în același organ pot fi digerați mai mulți nutrienți). Al doilea exercițiu a fost o sarcină mai ușor de utilizat, întrucât nutrienții sunt selectați apăsând butonul de pe telecomandă. Se poate considera că erorile sunt datorate în primul rând lipsei de cunoștințe, ceea ce este un argument în favoarea eficacității pedagogice a scenariului.

Doi elevi nu au reușit să rezolve al doilea exercițiu. Un singur elev nu a făcut erori iar trei elevi au făcut 10, 11 respectiv 19 erori. Restul elevilor au comis între 1 și 7 erori. Timpul de execuție a variat între 83 sec. (1 eroare) și 673 sec. (19 erori) cu o medie de 254.9 sec. (SD=186.1).

Patru elevi au eșuat în rezolvarea celui de al treilea exercițiu. Toți au comis erori: șapte elevi au făcut 1-10 erori, cinci elevi au făcut 11-20 erori și patru elevi peste

20 de erori. La acest exercițiu, erorile au fost datorate atât lipsei de cunoștințe cât și dificultății în selectarea organelor. Timpul de execuție a variat între 95 sec. (1 eroare) și 727 sec. (39 erori) cu o medie de 381.6 sec. (SD=178).

În total, 14 elevi au reușit să efectueze toate exercițiile în scenariul de Biologie. Timpul total de execuție a variat între 309 sec. (7 erori) și 1964 sec. (28 erori). Numărul total de erori a variat între 6 și 56, cu o medie de 23.3 erori. Timpul total mediu a fost de 1060 sec., adică 17.67 min. și a fost calculat pentru cei 14 elevi care au îndeplinit toate sarcinile.

Evaluarea eficacității pedagogice

Utilitatea scenariului AR pentru învățare

Din analiza răspunsurilor date de 15 din 20 de elevi rezultă că sistemul este un instrument adițional care servește scopurilor învățării, întrucât: ajută în achiziția de cunoștințe, facilitează învățarea, ajută în percepție, înțelegere și memorare.

Elevii au apreciat interactivitatea și vizualizarea în 3D a sistemului digestiv uman, cu efecte pozitive asupra ușurinței în înțelegere și memorare. Interacțiunea multimodală se adresează canalelor vizual, auditiv și tactil, oferind astfel o experiență nouă în raport cu alte sisteme de e-learning. De asemenea, ei au apreciat caracterul de instrument inovativ al sistemului, care angajează elevul prin noutatea sa.

Din analiza răspunsurilor rezultă că sistemul mărește eficiența procesului de învățare facilitând achiziția și transferul de cunoștințe. De asemenea, este un suport echilibrat de învățare, care include o parte introductivă și exerciții. Elevii au menționat că este mai ușor de învățat cu acest sistem și că organele se pot distinge, localiza și memora mai ușor.

Platforma servește unui proces intensiv de învățare, prin creșterea motivației (modernă, atractivă și interesantă), face învățarea și memorarea mai ușoară, stimulează atenția / concentrarea și permite testarea cunoștințelor dobândite. Totodată, resursa de învățare este mai de încredere decât resursele de pe Internet.

Creșterea interesului pentru Biologie

Analiza răspunsurilor la întrebare arată că platforma a avut un impact pozitiv în ceea ce privește creșterea interesului în Biologie pentru 9 dintre elevi.

Pentru unii dintre ei, creșterea interesului în disciplină se datorează caracterului atractiv și interesant al scenariului. Pentru mai mulți elevi, această creștere se datorează chiar tehnologiei AR. Alți elevi au motivat creșterea interesului în materie prin faptul că această tehnologie inovativă este deosebită de cele tradiționale, prin faptul că nu necesită citirea de cărți și că face ca lecția să fie diferită de predarea în clasă.

Patru elevi au menționat că platforma nu are nici un impact asupra interesului în biologie, întrucât interesul în această materie este independent de o tehnologie informatică.

Interesul în tehnologiile informatice

Analiza răspunsurilor a evidențiat interesul elevilor pentru tehnologiile de învățare. Elevii consideră că platforma este eficientă pentru procesul de învățare și că majoritatea elevilor de vârsta lor sunt interesați în utilizarea unor tehnologii.

Interesul în tehnologie este determinat de mai mulți factori: tehnologia în sine, dorința de a o avea în școală, convingerea că aceasta ajută procesul de învățare, noutatea și plăcerea de a utiliza un sistem interactiv. Elevii au menționat că sistemul ajută la o mai bună înțelegere a subiectului, exercițiile ajută și fac învățarea mai ușoară.

Combinarea dintre real și virtual, reunite în cadrul tehnologiei de realitate îmbogățită, ca și posibilitatea de a testa o tehnologie nouă, aflată în plin proces de dezvoltare, au fost apreciate cu un real interes de către elevii care au participat la cele două școli de vară.

Caracterul folositor al dialogului om-calculator

11 elevi au evidențiat că textul afișat pe ecran este folositor, având un caracter de feedback calitativ, cu efecte pozitive asupra înțelegerii și memorării. De asemenea, ei au apreciat că explicațiile vocale sunt clare, convingătoare și facilitează interacțiunea.

Elevii au evidențiat caracterul folositor al animației și calitatea vizualizării, cu efecte pozitive asupra percepției și motivației.

De asemenea, a fost apreciată claritatea și caracterul concis al sarcinilor de învățare, adaptate la abilitățile cognitive ale elevilor, acuratețea și calitatea explicațiilor și claritatea informațiilor.

Factori cu impact asupra emoțiilor pozitive

Analiza factorilor având impact asupra emoțiilor pozitive evidențiază două categorii: avantaje didactice și motivație sporită. Elevii au menționat interesul în tehnologie, caracterul interesant și plăcerea de a lucra.

În general, elevii au apreciat sesiune de lucru ca o experiență plăcută întrucât platforma oferă posibilități mai bune pentru învățarea Biologiei.

Evaluarea eficacității pedagogice – aspecte pozitive

Așa cum se observă, evaluarea eficacității pedagogice a abordat o problemă mult mai largă și a fost realizată cu ajutorul unui interviu secțional structurat care oferă mult mai multe date pentru analiză decât cele două întrebări deschise din chestionarul de utilizabilitate.

În Tabelul 4 este prezentată o sinteză a principalelor aspecte pozitive, identificate pe baza analizei de conținut a răspunsurilor elevilor și grupate în 6 categorii.

Categorie	Frecvență
Sistemul facilitează învățarea	58
Interesant și motivant	29
Vizualizare interactivă 3D	29
Interes pentru tehnologie	21
Instrument inovativ	17
Feedback vizual și auditiv	11

Tabelul 4. Avantaje ale tehnologiei AR pentru învățare

Următoarele aspecte susțin faptul că sistemul facilitează învățarea (în paranteză: frecvența menționării aspectelor):

- Ajută învățarea (20)

- Facilitează achiziția de cunoștințe (18)
- Ajută memorarea (9)
- Ajută înțelegerea (6)
- Este bun pentru învățare intensivă (4)
- Ajută percepția (1)

Următoarele aspecte susțin faptul că sistemul este interesant și motivant:

- Stimulativ (11)
- Interesant (9)
- Plăcut (4)
- Generează emoții pozitive (3)
- Atractiv (2)

Următoarele aspecte susțin că vizualizarea interactivă 3D este eficientă în procesul de învățare:

- Stimularea canalului vizual (8)
- Vizualizarea 3D a sistemului digestiv (8)
- Calitatea vizualizării (7)
- Stimularea canalului auditiv (6)

Motivele pentru care elevii au fost atrași de tehnologie sunt următoarele:

- Tehnologie interesantă (9)
- Nevoia de tehnologie (7)
- Noutatea tehnologiei (3)
- Posibilitatea de a testa (1)
- Realitatea mixtă (1)

Din analiza răspunsurilor, rezultă că platforma este un instrument inovativ pentru învățare, datorită următoarelor aspecte:

- Tehnologie modernă (9)
- Metodă modernă de învățare (3)
- Mod de lucru diferit de cel tradițional (3)
- Asemănări în didactică (2)

Așa cum se observă, rezultatele evaluării eficacității pedagogice confirmă, la un nivel mult mai detaliat și mai orientat pe problematica învățării, rezultatele obținute în evaluarea utilizabilității, și anume faptul că scenariul de Biologie este un suport folositor pentru învățare, care crește motivația elevilor prin caracterul interesant, atractiv și inovativ al tehnologiei AR.

Evaluarea eficacității pedagogice – aspecte negative

Majoritatea elevilor (17 din 20) au menționat aspecte cu impact asupra emoțiilor negative. Așa cum se observă în Tabelul 5, acestea sunt probleme de utilizabilitate grupate în 4 categorii. Numărul aspectelor negative este redus întrucât majoritatea fiind inferate pe baza răspunsurilor la ultima întrebare.

Categorie	Frecvență
Interferență tehnică	12
Probleme cu ochii	8
Lipsă de practică	5
Discomfort	2

Tabelul 5. Dezavantaje ale tehnologiei AR pentru învățare

Prima categorie de probleme se referă la probleme de suprapunere, probleme de funcționare și probleme legate de calitatea sunetului.

Ca și în răspunsurile la chestionarul de utilizabilitate, mulți elevi s-au plâns de probleme cu ochelarii și au acuzat dureri la nivelul ochilor după sesiune.

Lipsa de familiaritate cu sistemul a creat dificultăți elevilor în controlarea interacțiunii și selectarea organelor. Câțiva elevi s-au plâns de disconfort în utilizarea căștilor și de complexitatea platformei.

CONCLUZII ȘI DIRECȚII DE CERCETARE

Ambele evaluări au arătat că sistemul are valoare educațională, întrucât facilitează înțelegerea mai bună a subiectului, memorarea și transferul de cunoștințe, permite testarea cunoștințelor, face învățarea mai ușoară și mai rapidă. Scenariul bazat pe realitate îmbogățită face învățarea mai interesantă, este atractiv, motivant și incitant.

Elevii au fost atrași de tehnologia AR și au manifestat interes față de tehnologia informatică și utilizarea acesteia în procesul de învățare. Ei au apreciat pozitiv vizualizarea 3D a procesului digestiv și interfața multimodală care ghidează utilizatorul pe parcursul interacțiunii.

În general, rezultatele sunt mult mai bune decât cele obținute cu prima versiune a scenariului testată în anul precedent. Utilizabilitatea a fost îmbunătățită în mod considerabil. Paleta utilizată în prima versiune a fost înlocuită cu un dispozitiv de selecție 3D. În acest fel scenariul beneficiază de tehnologia AR, întrucât elevii pot atinge, prin intermediul unelei de interacțiune (feedback tactil) obiectul real.

Articolele din meniu sunt selectate cu o telecomandă care este deopotrivă rapidă și adecvată interacțiunii. Telecomanda este o unealtă de interacțiune ușor de utilizat și atractivă, fiind în mod frecvent utilizată pentru jocurile 3D pe calculator.

Ambele evaluări au identificat probleme de utilizabilitate legate de selecție, suprapunere, mărimea obiectului real și disconfort în utilizarea ochelarilor stereo 3D fără fir.

Se cuvine a fi menționat că evaluarea formativă a utilizabilității a fost completată cu o evaluare euristică sistematică a scenariului, efectuată după școala de vară, în trei etape. În prima etapă au fost identificate 19 probleme de utilizabilitate care au fost comunicate dezvoltatorilor. O nouă versiune a fost instalată, 5 dintre probleme fiind complet rezolvate iar 6 devenind mai puțin supărătoare. Sistemul a fost evaluat din nou astfel că la evaluarea ultimei versiuni au fost identificate numai 3 probleme de utilizabilitate.

În prima jumătate a anului 2008 scenariul de Biologie va fi testat în România cu elevi de la 2 școli din București și în Lithuania cu elevi de la Juventa School din Siauliai.

CONFIRMARE

Lucrarea este suportată din proiectul ARiSE (Augmented Reality in School Environment), finanțat de Uniunea Europeană în Programul IST, cu nr. FP6 027039.

REFERINȚE

1. S. Amershi, N. Arksey, G. Carenini, C. Conati, A. Mackworth, H. Maclaren, D. Poole. (2005) "Designing CIspace: Pedagogy and Usability in a Learning Environment for AI". *Proceedings of ITCSE 2005*. ACM Press, New York. 178 – 182
2. Ardito, C., Costabile, M.F., Marsico, M. de, Lanzilotti, R., Leviardi, S., Roselli, T., Rossano, V. "An approach to usability evaluation of e-learning applications." *Universal Access in the Information Society*, 4 (2006): 270-283. Springer
3. ARiSE - *Augmented Reality in School Environment*. FP6 027039. Accesibil la <http://www.arise-project.org/>
4. Hix, D., Gabbard, J., Swan, E., Livingston, M., Herer, T., Julier, S., Baillot, Y. & Brown, D.: A Cost-Effective Usability Evaluation Progression for Novel Interactive Systems, In *Proceedings of the Hawaii International Conference on Systems Sciences*, January 5-8, 2004, Big Island, Hawaii.
5. Iordache, D. și Pribeanu, C. (2006) "Sistem de realitate îmbogățită pentru medii școlare : câteva rezultate preliminare privind evaluarea utilizabilității". Popovici, D.M. & Marhan, A.M. (Ed.) *Interacțiune Om-Calculator 2007*. Editura MatrixROM București. 145-150.
6. ISO/DIS 9241-11:1994 Information Technology – Ergonomic requirements for office work with visual display terminal (VDTs) - Guidance on usability.
7. Lamanauskas, V., Pribeanu, C., Vilkonis, R., Balog, A., Iordache, D.D., Klanguauskas, A. (2007) "Evaluating the educational value and usability of an augmented reality platform for school environments: some preliminary results. *Proceedings of EE 2007*. (Agius Nikolaos, Crete Island, Greece, 24-26 July 2007). Mathematics and Computers in Science and Engineering, ISSN 1790-5117. WSEAS Press, pp. 86-91
8. Nielsen, J. *Usability Engineering*. Academic Press. 1993.
9. Nokelainen, P. „An empirical assesment of pedagogical usability criteria for digital learning material with elementary school students". *Educational Technology & Society*, 9 (2), 2006. 178-197
10. Silius, K. & Tervakari, A-M. "The usefulness of web-based learning environments. The Evaluation Tool into the Portal of Finnish Virtual University." *International Conference on Network Universities and e-learning*. 8-9 May 2003. Valencia. Spain.
11. Wind, J., Riege, K., Bogen M. (2007) Spinnstube®: A Seated Augmented Reality Display System, In *Proceedings of Virtual Environments 2007*, IPT-EGVE 2007 – EG/ACM Symposium Proceedings, 17-23.