

Un model formativ de măsurare a valorii motivaționale a unei aplicații educaționale bazate pe realitate îmbogățită

Costin Pribeanu

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică – ICI București

Bd. Mareșal Averescu nr.8-10, București

{pribeanu}@ici.ro

REZUMAT

Un deziderat al proiectării sistemelor de e-learning este creșterea valorii educaționale și motivaționale. Evaluarea valorii motivaționale a aplicațiilor bazate pe tehnologia realității îmbogățite (AR – Augmented Reality) precum și a relației cu utilitatea percepută și intenția de utilizare sunt subiecte de interes actual. În acest articol se propune o perspectivă nouă în evaluarea plăcerii percepute, privită ca un construct măsurat formativ care are ca efecte utilitatea percepută și intenția de utilizare. Modelul de măsurare este integrat într-un model structural care este estimat prin analiza structurii covarianței (CSA – covariance structure analysis). Ca studiu de caz, se folosesc două aplicații AR, prima pentru învățarea biologiei și a doua pentru învățarea chimiei.

Cuvinte cheie

Valoare motivațională, plăcere percepută, intenție de utilizare, index formativ, realitate îmbogățită, e-learning.

Clasificare ACM

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

INTRODUCERE

Introducerea tehnologiei bazate pe AR în aplicațiile de e-learning are avantajul că permite integrarea unor obiecte reale specifice disciplinei țintă și interacțiunea directă cu acestea, fapt care crează un sentiment de control asupra procesului educațional și mărește motivația de a învăța. Evaluarea valorii motivaționale precum și a relației cu utilitatea percepută și intenția de utilizare sunt subiecte de interes actual în sistemele de e-learning [17, 23].

Platforma ARTP (Augmented Reality Teaching Platform), a fost dezvoltată în cadrul proiectului european ARiSE (Augmented Reality in School Environments) și cuprinde trei aplicații care implementează trei scenarii de învățare distincte. Primele două scenarii au ca discipline țintă biologia și chimia și au la bază două paradigme de interacțiune specifice AR: vizualizare procese 3D (biologie) și construire cu ghidare (chimie).

Intenția de utilizare a ARTP și factorii care o influențează au fost estimați cu ajutorul unui model structural [5]. Deși modelul structural a permis verificarea unor ipoteze relevante, varianța explicată a fost destul de mică, ceea ce sugerează unele limite ale modelului de măsurare. O cauză este caracterul heterogen al constructului care măsoară ușurința în utilizare, măsurat printr-o serie de itemi specifici tehnologiei AR. Cerințele de consistență internă

și unidimensionalitate a scalei, specifice modelelor reflectiv de măsurare, au impus eliminarea unor itemi, reducând astfel puterea explicativă a modelului structural. De asemenea, numărul relativ mic de observații a impus validarea modelului de măsurare și estimarea modelului structural la nivelul platformei. Deși evaluarea la nivel de platformă este utilă, este necesară și o evaluare la nivel de aplicație, atât pentru surprinderea unor aspecte specifice cât și pentru o evaluare comparativă a efectelor învățării cu tehnologia AR pentru fiecare disciplină țintă.

Din aceste motive, s-a considerat utilă dezvoltarea și estimarea unor modele alternative, bazate pe constructe măsurate formativ. În acest sens, în două studii anterioare [25, 26] au fost dezvoltate și estimate modele de măsurare formative pentru două constructe relevante în aplicațiile AR: ușurința în utilizare / colaborare, respectiv acuratețea perceptuală.

În acest articol se propune o perspectivă nouă în evaluarea valorii motivaționale, ca o variabilă latentă compozită, măsurată formativ. Constructul are ca efecte utilitatea percepută și intenția de utilizare. Modelul structural a fost estimat, pentru fiecare dintre cele două scenarii, prin metode CSA.

Restul acestui articol este structurat după cum urmează. În secțiunea următoare se prezintă succint câteva aspecte metodologice. În continuare, se descrie indexul formativ, se analizează validitatea modelului de măsurare și relațiile cauzale pe baza modelului structural. Articolul se încheie cu concluzii și direcții de continuare a cercetărilor.

ASPECTE METODOLOGICE

Evaluarea utilizabilității

Standardul ISO 9126:2001 definește utilizabilitatea prin capacitatea produsului software de a fi ușor de înțeles, învățat, utilizat și considerat atractiv de către utilizator, atunci când este folosit în condiții specificate [20].

Metodele utilizate în evaluarea utilizabilității se pot grupa în două categorii: inspecția de utilizabilitate și testarea cu utilizatori. Testarea cu utilizatori permite aplicarea unor instrumente de evaluare (chestionare) cu itemi închiși și deschiși, care permit studierea relației dintre utilizabilitate, experiența utilizatorului, utilitatea percepută și intenția de utilizare.

Scenariile implementate pe platforma ARTP au făcut obiectul mai multor sesiuni de evaluare a utilizabilității și experienței utilizatorului, pe parcursul a trei ani. Se cuvine a fi menționat faptul că pentru scenariul de biologie au

fost testate două versiuni, fiecare având implementată o altă tehnică de interacțiune. Prima versiune, testată în 2006 în cadrul primei școli de vară organizată în cadrul proiectului, a condus la înlocuirea tehnicii de interacțiune.

A doua versiune a aplicației de biologie și prima versiune a aplicației de chimie au fost testate mai întâi în cadrul celei de a doua școli de vară, organizată în 2007 [24], și apoi cu două clase din București. Rezultatele au fost apoi analizate comparativ, pe fiecare scenariu în parte [4]. Ca metode de evaluare, au fost utilizate atât testarea cu utilizatori cât și evaluarea euristică. Rezultatele au fost apoi comunicate dezvoltatorilor și versiunea îmbunătățită a fost testată în 2008 cu elevi din 6 clase, provenind de la 3 școli generale din București.

Evaluarea valorii motivaționale

În prezent, se constată o creștere a interesului pentru metodele de evaluare a diferitelor fațete ale experienței utilizatorului precum și relației dintre aceasta și alți factori, cum sunt utilizabilitatea, ușurința în utilizare (inclusiv ușurința înțelegerii / învățării modului de operare și ușurința operării), utilitatea percepută și intenția de utilizare [16, 19, 22].

Hassenzahl [16] a definit două categorii de atribute care conferă caracterul unui produs: pragmatice (cele legate de utilitate și utilizabilitate) și hedonice (cele asociate cu starea de bine și cu plăcerea). Atractiv, incitant și interesant sunt atribute hedonice tipice.

Cockton propune o abordare pragmatică a evaluării experienței utilizatorului și susține ideea că UX își are bazele într-o formă de valoare intenționată a fi atinsă. Un context anume de utilizare scoate în evidență valori specifice ale domeniului aplicației. De aceea, rezultatele trebuie interpretate în concordanță cu valoarea dobândită care se dorește a fi evaluată [8]. În cazul unei aplicații de realitate îmbogățită, sunt relevante valorile educaționale și motivaționale.

În sistemele de e-learning, aspectele motivaționale sunt strâns legate de experiența utilizatorului. Există numeroase lucrări care evidențiază impactul favorabil pe care îl au tehnologiile informatice asupra motivației de a învăța [1, 7, 15, 27]. Între caracteristicile experienței utilizatorului cu un sistem de e-learning se pot menționa: atractivitatea, distracția, provocarea, fantezia, curiozitatea, interacțiunea, canale multiple de comunicare și ușurința în utilizare.

O evaluare a valorii motivaționale a celor două scenarii de învățare a fost făcută pe eșantioanele colectate în 2007, utilizând atât datele cantitative, obținute prin prelucrarea răspunsurilor la întrebările închise, cât și datele calitative, obținute prin prelucrarea opiniilor elevilor la întrebările deschise (aspecte pozitive / negative). Rezultatele au arătat că platforma ARTP mărește motivația elevilor de a învăța: sistemul este atractiv, stimulant și incitant [18].

O altă modalitate de a investiga valoarea motivațională a platformei ARTP a fost analiza unui model structural, în care s-au estimat relațiile dintre diferiți factori: ușurința în învățare, utilitatea percepută, plăcerea percepută și intenția de utilizare [5]. Estimarea modelului structural a arătat că plăcerea percepută (motivație intrinsecă) are un efect

pozitiv asupra utilității percepute (motivație extrinsecă) și asupra intenției de utilizare.

Măsurarea și estimarea unui index formativ

Un model de măsurare descrie relația dintre un construct și măsurile acestuia (itemi sau indicatori) în timp ce un model structural descrie relația între diferite constructe [12]. Specificarea corectă a modelului de măsurare este o condiție necesară înainte de a analiza relațiile cauzale pe baza modelului structural [2]. Relația dintre construct și măsuri poate fi de la construct la măsuri (model reflectiv) sau de la măsuri la construct (model formativ), așa cum se arată în Figura 1.

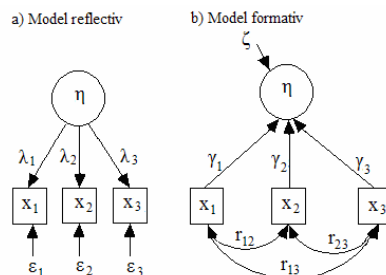


Figura 1. Modele de măsurare

În modelul de măsurare reflectiv relația cauzală este de la construct la indicatori care sunt manifestări ale variabilei latente. Caracteristic modelelor reflectiv este faptul că o modificare în variabila latentă determină modificări simultane în toate variabilele manifest. Toate măsurile în acest model trebuie să fie corelate pozitiv iar modelul de măsurare trebuie să demonstreze validitate convergentă și discriminantă.

O alternativă este modelul de măsurare formativ, în care relația cauzală este de la măsuri la construct. Acest model are câteva caracteristici distincte față de modelul reflectiv: indicatorii nu sunt interschimbabili (fiecare capturează o cauză distinctă), nu există ipoteze specifice asupra intercorelațiilor, indicatorii nu au asociat un termen de eroare [9, 10, 21].

Un model formativ izolat este neidentificat și ca atare nu poate fi estimat. Diamantopoulos et al. [10] menționează trei căi de identificare a modelelor formative, bazate pe regula 2+ (specificarea a două efecte ale constructului formativ asupra altor variabile), și anume: adăugarea de doi indicatori reflectivi, adăugarea a două constructe măsurate reflectiv și adăugarea unui construct reflectiv și a unui indicator reflectiv. Alegerea variabilelor efect este importantă, întrucât afectează coeficienții γ atât în ceea ce privește semnificația cât și magnitudinea influenței [11].

În ceea ce privește încrederea și validitatea, cerințele de consistență internă a scalei și unidimensionalitate nu sunt aplicabile modelelor formative. Literatura de specialitate recomandă validitatea de conținut, validitatea indicatorilor și validitatea externă [9, 21]. În privința conținutului, este necesară acoperirea domeniului, având în vedere că în acest caz măsurile definesc constructul. Itemii trebuie să aibă coeficienți γ semnificativi. Un alt mod de a aprecia validitatea indicatorilor este corelația semnificativă cu un indicator extern (o măsură globală).

Estimarea modelului trebuie să demonstreze, prin indicii de calitate (adecvare) faptul că variabila latentă măsurată formativ mediază efectele indicatorilor asupra variabilelor măsurate reflectiv (coeficienți β semnificativi).

Așa cum subliniază mai mulți autori, estimarea aceluiași index cu alte variabile efect produce alte rezultate, atât în ceea ce privește relațiile cauzale cât și varianța explicată de către model [11, 13]. Din acest motiv se recomandă ca specificarea variabilelor efect să fie parte din specificarea constructului formativ și nu o etapă ulterioară. Cadrul de lucru teoretic avut în vedere și variabilele efect alese determină setul de indicatori ales (domeniul indexului) iar realizarea empirică variază de la un studiu la altul.

DEZVOLTAREA ȘI ESTIMAREA INDEXULUI FORMATIV

Echipament și sarcini

ARTP este un mediu AR de tip desktop: utilizatorii au în față un ecran „see-through”, pe care sunt suprapuse imagini ale obiectelor virtuale (imagini generate de calculator) peste imaginea observată a unui obiect real [28].



Figura 2. Elevi testând scenariul de biologie (st.) și chimie (dr.)

Testarea cu utilizatori a fost realizată pe platforma din ICI București, care este echipată cu 4 module organizate în jurul unei mese, după cum se vede în Figura 2.

În aplicația de biologie, obiectul real este reprezentat de un mulaj al sistemului digestiv uman. În configurația dată, un mulaj a fost partajat de către doi elevi care au stat față în față. Un dispozitiv de poziționare având o bilă colorată la capătul unei tije și o telecomandă Wii Nintendo a fost folosit ca instrument de interacțiune, care a servit pentru trei tipuri de interacțiune: selectarea unui obiect real, selectarea unui obiect virtual și selectarea unui articol din meniu. Participanții au avut de îndeplinit patru sarcini: urmărirea unui program demo și trei exerciții. Sarcinile au fost prezentate prin intermediul unei interfețe vocale în limba națională a elevilor.

În aplicația de chimie, obiectele reale sunt tabelul periodic al elementelor și un set de bile colorate simbolizând atomi. Tabelul periodic are două părți: partea A, prezentând simbolurile elementelor chimice și partea B, prezentând doar numerele 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 a avut propriul tabel periodic. Participanții au avut de îndeplinit 14 sarcini: o introducere și 13 exerciții grupate în 3 lecții. Prima lecție este despre structura chimică a atomilor și a cuprins două exerciții. A doua lecție este despre formarea moleculelor și cuprinde 8 exerciții. Cea de-a treia lecție este despre reacții chimice și cuprinde 3 exerciții.

Sarcinile au fost prezentate prin intermediul unei interfețe vocale în limba națională a elevilor (în acest caz, în limba română).

Eșantioane utilizate

La testare au participat 139 de elevi, având vârsta de 13-14 ani (clasa a 8-a), dintre care 65 băieți și 74 fete, provenind de la 3 școli generale din București (în total 6 clase, câte două clase din fiecare școală). Nici unul dintre elevi nu era familiarizat cu tehnologia AR. Elevii au venit în grupuri de 7-8, însoțiți de către un profesor.

Chestionarul de utilizabilitate a cuprins 28 de itemi care măsoară ergonomia platformei (ERG), ușurința în utilizare (PEOU), utilitatea percepută (PU), plăcerea percepută (PE) și intenția de utilizare (INT). Mai multe detalii privind instrumentul de evaluare și procedura pot fi găsite în [5].

Acest studiu utilizează două eșantioane colectate în 2008. Eșantioanele inițiale de către 139 de observații au fost analizate din punctul de vedere al valorilor marginale (*outliers*) și normalității cu ajutorul programelor SPSS 17.0 for Windows și AMOS 17.0 [3]. Pe baza analizei datelor, au fost eliminate pe rând un număr de observații astfel încât eșantioanele de lucru pentru biologie (N=130) și chimie (N=128) au abateri moderate de la normalitate fiind adecvate pentru prelucrarea cu metode CSA.

Specificarea indexului formativ

În acest studiu, valoarea motivațională (PE) este modelată ca un construct formativ având șase indicatori:

- PE1: Sistemul face învățarea mai interesantă
- PE2: Lucrul în grup cu colegii este stimulant
- PE3: Îmi place să interacționez cu obiecte reale
- PE4: Efectuarea exercițiilor este captivantă
- PE5: În general, îmi place să învăț cu acest sistem
- PE6: În general, apreciez că sistemul este incitant

În vederea specificării și estimării constructului formativ au fost utilizate două constructe cu indicatori reflectivi, care măsoară utilitatea percepută și intenția de utilizare.

În acest fel, s-a obținut modelul structural prezentat în Figura 3, care permite formularea unor ipoteze privind relația cauzală dintre indicatorii mășurați formativ și variabila latentă, precum și a două ipoteze privind efectele indexului formativ asupra utilității percepute și intenției de utilizare. Argumentele privind rețeaua nomologică care cuprinde PE, PU și INT sunt prezentate pe larg în [5].

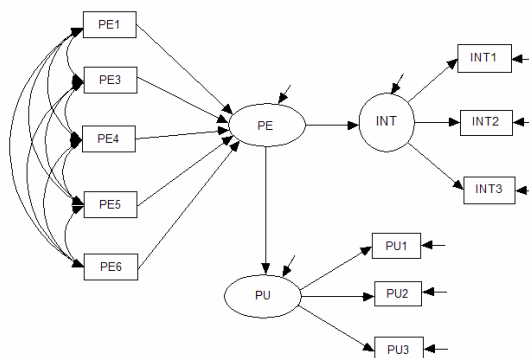


Figura 3. Modelul structural

PE este specificată ca o variabilă latentă compozită, care există în mod independent de indicatorii săi, independența reprezentată de existența unui termen de eroare.

Având în vedere că modelul de măsurare include două constructe reflectivă, este necesară verificarea consistenței interne și unidimensionalității acestora, precum și a validității convergente și discriminante.

Constructul PU are patru indicatori:

- PU1: Utilizarea aplicației mă ajută să înțeleg mai rapid lecția
- PU2: Utilizând aplicația voi obține rezultate mai bune la teste
- PU3: După utilizarea aplicației voi ști mai multe despre acest subiect
- PU4: În general, apreciez că sistemul este util pentru învățare.

O estimare preliminară a modelului, arată lipsa validității discriminante, datorită corelației ridicate a întemului PU4 cu itemii care măsoară intenția de utilizare. În consecință, PU4 a fost eliminat și au fost verificate din nou condițiile pentru constructul PU cu trei indicatori reflectivi.

Consistența sub-scalei PU a fost .811 (Cronbach's alpha > 0.7). Analiza dimensionalității a fost făcută pe baza analizei comunalităților și gradului de saturație (*factor loading*), corespunzător pragurilor date de Hair et al. [14]. Analiza validității convergente s-a făcut pe baza comparării fiabilității compuse (CR) și varianței medii extrase (AVE) cu valorile prag (CR>0.7 și AVE > 0.5) date de Hair et al. [14]. Rezultatele obținute pentru primul scenariu CR=0.808 și AVE=0.585, respectiv CR=0.779 și AVE=0.541 pentru al doilea scenariu, demonstrează că PU are validitate convergentă.

Constructul INT are trei indicatori:

- PU1: Aș dori să dispun de acest sistem în școală
- PU2: Intenționez să utilizez acest sistem pentru învățare
- PU3: Voi recomanda altor colegi să utilizeze acest sistem

Consistența sub-scalei INT a fost .863. Analiza validității convergente pentru INT a condus la următoarele rezultate: CR=0.861 și AVE=0.675 pentru scenariul de biologie, respectiv, CR=0.793 și AVE=0.561 pentru scenariul de chimie, deci și acest construct are validitate convergentă. Analiza validității discriminante a fost făcută comparând corelația dintre constructe (COR) cu rădăcina pătrată a varianței medii extrase. Pentru primul scenariu COR=.769 iar pentru al doilea COR=.658, rezultate care sunt acceptabile.

Estimarea modelului structural

Modelul structural a fost estimat în AMOS 17.0 [3]. O estimare preliminară a modelului formativ a arătat că indicatorul PE2 nu este semnificativ iar magnitudinea sa este mică. În consecință, PE2 a fost eliminat din index.

Rezultatele estimării pentru cele două aplicații AR sunt prezentate în Tabelul 1.

Așa cum se observă, coeficienții γ (vezi Figura 1b) sunt semnificativi justificând includerea în index. Există o

singură excepție, în cazul scenariului de chimie unde PE3 este marginal semnificativ la un prag de 0.1.

Colinearitatea itemilor, analizată cu statistica VIF (*variation inflation factor*), a fost sub pragul recomandat în [9]. Analiza rezultatelor (indicii de modificare) denotă proporționalitatea efectelor structurale (indexul mediază complet efectele) în ambele scenarii, corespunzător cerințelor din [13].

Tabelul 1. Rezultatele estimării modelului structural

| PE | Biologie | | Chimie | |
|---------------------------|--------------------|----------|--------------------|----------|
| | (γ/β) | Sig. (p) | (γ/β) | Sig. (p) |
| Cauze | | | | |
| PE1 | .29 | < 0.001 | .27 | < 0.001 |
| PE3 | .24 | 0.001 | .10 | 0.108 |
| PE4 | .18 | 0.045 | .17 | 0.031 |
| PE5 | .27 | 0.001 | .48 | 0.001 |
| PE6 | .19 | 0.010 | .26 | 0.002 |
| Efecte | | | | |
| PU | .88 | < 0.001 | .73 | < 0.001 |
| INT | .87 | < 0.001 | .90 | < 0.001 |
| Variantă explicată | | | | |
| PE | 87% | | 96% | |
| PU | 76% | | 53% | |
| INT | 77% | | 82% | |

Modelul structural estimează valoarea motivațională ca un construct compozit determinat de cinci indicatori și având efecte asupra utilității percepute și intenției de utilizare. Sintetic, valoarea motivațională înseamnă interesant, interacțiune plăcută, captivant, învățare plăcută și incitant.

Așa cum se observă, pentru scenariul de biologie, cea mai importantă contribuție o are itemul PE1. De asemenea, itemii PE3 și PE5 au o contribuție mai mare decât PE4 și PE6.

Pentru scenariul de chimie, cea mai importantă contribuție o are itemul PE5. Contribuția mai mică a itemului PE3 în acest scenariu pare contradictorie, dar este explicată prin nemulțumirile exprimate de elevi în răspunsurile la întrebările deschise, în ceea ce privește instabilitatea bilelor.

Ambele scenarii de învățare implementate pe platforma AR au fost percepute ca interesante. Scenariul de chimie a fost perceput ca fiind mult mai plăcut pentru învățare și mai incitant decât cel de chimie.

Indicii de adecvare ai modelului, prezentați în Tabelul 2, au valori acceptabile, peste pragurile minime recomandate de Hair et al. [14].

Tabelul 2. Indicii de adecvare ai modelului

| Scenariu | χ^2 | df | χ^2/df | GFI | CFI | srmr |
|----------|----------|----|-------------|-------|------|-------|
| Biologie | 57.77 | 32 | 1.80 | 0.927 | 0968 | 0.038 |
| Chimie | 40.35 | 32 | 1.26 | 0.947 | 0985 | 0.043 |

Coeficienții β (efectele indexului PE asupra lui PU și INT) sunt semnificativi în ambele cazuri, fapt care confirmă cele două ipoteze privind medierea de către variabila latentă a influenței pe care o au indicatorii formativi ai plăcerii percepute asupra utilității percepute și intenției de utilizare a ARTP.

În cazul scenariului de biologie, indexul formativ are o influență pozitivă similară asupra celor două constructe. În cazul scenariului de chimie, influența asupra intenției de utilizare ($\beta=0.90$) este mai mare decât influența asupra utilității percepute ($\beta=0.73$), fapt care denotă rolul important al valorii motivaționale pentru intenția de a utiliza această aplicație pentru învățare.

Așa cum se observă în Tabelul 1, itemul PE5 (plăcerea de a învăța cu ARTP) are o contribuție mult mai importantă în aplicația de chimie decât în cea de biologie. Rezultate similare au fost obținute și în studiile anterioare, pe baza analizei datelor cantitative și calitative, care au arătat că elevilor le-a plăcut mai mult scenariul de chimie [4].

Limite ale studiului

Există unele limite inerente acestui studiu de caz. În primul rând, construirea indexului a fost făcută pe un eșantion existent, având ca scop studierea unui model de măsurare alternativ, pentru analiza influenței unor măsuri care au fost eliminate din rațiuni de unidimensionalitate și validitate. În al doilea rând, eșantioanele utilizate sunt relativ mici (în raport cu numărul de itemi și parametrii modelului).

O altă limitare este faptul că instrumentul de evaluare elaborat inițial (în 2007) a fost primul de acest gen pentru tehnologii AR de tip desktop. În acest sens, studiul literaturii de specialitate nu a permis identificarea de scale de măsurare existente care să permită adaptarea unor constructe cu itemi validați într-o rețea nomologică. De asemenea, nu existau constructe măsurate formativ pentru acest tip de aplicații.

CONCLUZII ȘI DIRECȚII DE CONTINUARE

Se cuvine a fi menționat că reconsiderarea modelelor formative de măsurare este de dată recentă, cu aplicare mai ales în sistemele de management și marketing [10], iar cazurile în care constructe formative sunt estimate prin metode CSA sunt relativ rare chiar în aceste domenii [11]. Din punct de vedere metodologic, fiecare tip de metodă surprinde anumite aspecte. În acest sens, utilizarea unor metode diferite, ca și studierea unor modele de măsurare alternative, este benefică pentru încrederea în rezultate și deschide noi perspective în evaluare.

Deși modelul structural are o complexitate redusă față de modelul specificat în [5], variația explicată de către model la nivelul variabilelor latente considerate este mult mai mare. În acest sens, specificarea plăcerii percepute ca index cu indicatori formativi este utilă pentru înțelegerea unor aspecte specifice experienței utilizatorului și a direcțiilor în care trebuie rafinat modelul de măsurare. Concluzii asemănătoare privind utilitatea modelelor de măsurare cu indicatori formativi s-au desprins și din studiile anterioare [25, 26].

O concluzie importantă a studiilor efectuate pe platforma ARTP este necesitatea includerii unor criterii specifice de evaluare pentru valoarea motivațională a unui sistem educațional: dorința de a avea un grad de control asupra procesului de învățare, plăcerea de a manipula obiecte reale, caracterul interesant, captivant, plăcut și incitant al învățării.

Atât studiul de față cât și rezultatele obținute anterior [4] au arătat că motivația intrinsecă este mai mare în cazul aplicației de chimie decât a celei de biologie. Concluzia este utilă, având în vedere că fiecare aplicație are la bază o altă paradigmă de interacțiune. Întrucât tehnologia AR este relativ scumpă, este de dorit ca utilizarea acesteia în mediul școlar să fie făcută diferențiat, pentru fiecare disciplină, în funcție de efectele estimate și de valoarea adăugată față de tehnologia de e-learning tradițională.

În acest sens, se intenționează realizarea unei versiuni îmbunătățite a aplicației de învățare a chimiei pe ARTP. Unele rezultate preliminare au fost publicate în [6]. După finalizarea aplicației, se intenționează testarea cu elevii a platformei și aplicarea unui nou instrument de evaluare, care va cuprinde atât scale măsurate reflectiv cât și indexuri formative.

Confirmare

Multumim celor trei școli din București pentru sprijinul acordat și d-nelor profesoare care au însoțit elevii la testare pe parcursul proiectului: Elena Apostolescu (Sc. Generală Nr. 56 « Jose Marti »), Nicoleta Stan și Georgeta Prodănescu (Sc. Generală nr. 172 « Sfântul Andrei »), Florica Aldea și Gheorghiza Nistoroiu (Sc. Generală nr. 191).

REFERINȚE

1. Alonso-Tapia, J., Pardo, A. (2006) Assessment of learning environment motivational quality from the point of view of secondary and high school learners. *Learning and Instruction* 16, 295-309.
2. Anderson, J.C., Gerbing, D.W. (1988). Structural Equation Modelling in Practice: A Review and Recommended Two-Step Approach. *Psychological Bulletin* 103 (3), 411-423.
3. Arbuckle, J.L. (2007). AMOS 16.0 User's Guide. Amos Development Corporation
4. Balog, A., Iordache, D.D., Pribeanu, C. (2008) Evaluare comparativă a două scenarii de învățare bazate pe realitate îmbogățită. *Revista Română de Interacțiune Om-Calculator*, 1(Număr special – RoCHI 2008), 49-52.
5. Balog, A., Pribeanu, C. (2010). The Role of Perceived Enjoyment in the Students' Acceptance of an Augmented Reality Teaching Platform: a Structural Equation Modelling Approach. *Studies in Informatics and Control*, 19 (3), 319-330.
6. Barbu DC, Bunea S-R, Măgureanu S. (2010) O tehnică de urmărire a bilelor pentru aplicații de realitate îmbogățită. *Română de Interacțiune Om-Calculator*, 3(Număr special – RoCHI 2010), 55-58.
7. Brom C, Preuss M, Klement D (2011) Are educational computer micro-games engaging and effective for knowledge acquisition at high-schools? A quasi-experimental study. *Computers & Education* 57, 1971-1988.
8. Cockton, G. (2006) Valuing User Experience. *Proc. of UX Workshop NordiCHI 2006*, ACM Press. 100-105.
9. Diamantopoulos, A., Winklhofer, H. (2001) Index construction with formative indicators: an alternative to scale development. *Journal of Marketing Research* 28, 269-277.

10. Diamantopoulos, A., Riefler, P., Roth, K. (2008) Advancing formative measurement models. *Journal of Business Research* 61, 1203-1218.
11. Diamantopoulos A. (2011) Incorporating formative measures into covariance-based structural equation models. *MIS Quarterly* 35 (2). 335-358.
12. Edwards, J., Bagozzi, R. (2000) On the nature and direction of relationship between constructs and measures. *Psychological Methods* 5(2), 155-174.
13. Franke, G., Preacher, K., Rigdon, E. (2008) Proportional structural effects of formative indicators. *Journal of Business Research* 61, 1229-1237.
14. Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., Anderson, R.E., Tatham, R.L. (2006). *Multivariate Data Analysis*. 6th Ed., Prentice Hall, 2006.
15. Hamza-Lup F, Murrel E, LaPlant J, Baird W, Popovici DM (2010) Simulator vizualo-tactil (Visuo-Haptic) pentru reprezentarea conceptelor de frecare statică și dinamică. *Revista Română de Interacțiune Om-Calculator* 3(1), 1-16.
16. Hassenzahl, M. (2005) The thing and I: understanding the relationship between user and product. Chapter 3 in: Blythe, M., Overbeeke, K., Monk, A., Wright, P. (eds.) *Funology: from usability to enjoyment*, 31-42. Springer.
17. Huang, H.M., Rauch, U., Liaw, S.S. (2010) Investigating learners' attitude towards virtual reality learning environments: based on a constructivist approach. *Computers & Education*, 55, 1171-1182.
18. Iordache, D., Pribeanu, C. (2009) Evaluarea valorii motivaționale a unui sistem de realitate îmbogățită destinat învățării biologiei. *Revista Română de Interacțiune Om-Calculator*, 2(Număr special – RoCHI 2009), 65-68.
19. Iordache, D.D. (2010) Cercetări asupra acceptării sistemelor de e-learning. *Revista Română de Interacțiune Om-Calculator* 3(2), 125-138.
20. ISO 9126-1:2001 Software Engineering - Software product quality. Part 1: Quality Model.
21. Jarvis, C.B., Mackenzie, S., Podsakoff, M. (2003) A critical review of construct indicators and measurement models misspecification in marketing and consumer research. *Journal of Consumer Research* 30, 199-218.
22. Law, E. L-C., Roto, V., Hassenzahl, M., Vermeeren, A., Kort, J. (2009). Understanding, scoping and defining user experience: A survey approach. *Proceedings of CHI 2009 – User Experience*. ACM Press, pp. 719-728.
23. Lee, E.A-L, Wong K.W., Fung C.C. (2010) How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach. *Computers & Education* 55(4), 1424-1442.
24. Pribeanu, C., Iordache, D.D., Balog, A. (2008) Evaluarea utilizabilității unui scenariu de învățare a biologiei implementat pe o platformă de realitate îmbogățită. *Revista Română de Interacțiune Om-Calculator* 1(1), 39-56
25. Pribeanu, C. (2011) Studiu de caz în specificarea unui index formativ pentru analiza utilizabilității unei aplicații de e-learning. *Revista Română de Interacțiune Om-Calculator* 4(1), 65-80.
26. Pribeanu, C. (2011) Influența acurateții perceptuale asupra experienței utilizatorului unei aplicații AR de învățare a biologiei. *Revista Română de Interacțiune Om-Calculator*, 4(Număr special – RoCHI 2011), 59-62.
27. Vos N, Meijden H, Denessen E (2011) Constructing versus playing an educational game on student motivation and deep learning strategy used. *Computers & Education* 56, 126-137.
28. 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.