



Universitatea
Ștefan cel Mare
Suceava

Facultatea de Inginerie
Electrică și Știința
Calculatoarelor

TEZĂ DE DOCTORAT

DOMENIUL CALCULATOARE ȘI TEHNOLOGIA INFORMAȚIEI

Contribuții la dezvoltarea interfețelor om-calculator

REZUMAT

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:

Prof.univ.dr.ing. Ștefan Gheorghe PENTIUC

DOCTORAND:

Ing. Gabriel CRAMARIUC

SUCEAVA, 2016

CUPRINS

LISTA TABELELOR 4

LISTA FIGURILOR 5

1.	INTRODUCERE ȘI OBIECTIVE	9
1.1	MOTIVAȚIE	10
1.2	OBIECTIVE	11
1.3	CONTRIBUȚII	11
2.	STADIUL CURENT ÎN INTERACȚIUNEA BAZATĂ PE GESTURI PENTRU COPII	13
2.1	INTERACȚIUNEA COPIL-CALCULATOR	13
2.2	INTERACȚIUNEA PRIN GESTURI CU SUPRAFEȚE SENSIBILE LA ATINGERE	18
2.2.1	INTRODUCERE	18
2.2.2	SUPRAFEȚE TACTILE	18
2.2.3	INTERFEȚE TOUCH-SCREEN PENTRU COPII	21
2.3	INTERACȚIUNEA PRIN GESTURI ALE CORPULUI	23
2.3.1	INTRODUCERE	23
2.3.2	CAPTURA VIDEO DE ADÂNCIME A GESTURILOR. SENZORUL MICROSOFT KINECT	23
2.4	DEZVOLTAREA DE ABILITĂȚI MOTORII LA COPII	25
3.	INTERACȚIUNEA PRIN GESTURI PE SUPRAFEȚE SENSIBILE LA ATINGERE PENTRU COPII DE VÂRSTĂ PREȘCOLARĂ	27
3.1	INTRODUCERE	27
3.2	EXPERIMENT	30
3.2.1	PARTICIPANȚI	30
3.2.2	ECHIPAMENTE	31
3.2.3	PROCEDURA EXPERIMENTALĂ	32
3.2.4	DESIGNUL EXPERIMENTAL	34
3.2.5	EVALUAREA ABILITĂȚILOR MOTORII	34
3.2.6	MASURĂTORI	35
3.3	APLICAȚII SOFTWARE PENTRU ACHIZIȚIA GESTURILOR	38
3.3.1	CHILDREN INTERACT – APLICAȚIA DE ACHIZIȚIE DE DATE	38

3.4	REZULTATE	44
3.4.1	METODE DE ANALIZĂ	44
3.4.2	RATA DE FINALIZARE A SARCINILOR	45
3.4.3	TIMPUL DE INTERACȚIUNE	46
3.4.4	PRECIZIA ATINGERII ȚINTELOR	49
3.4.5	ACURATEȚEA EXECUȚIEI TRASEULUI PE SUPRAFAȚA SENSIBILĂ LA ATINGERE	51
3.5	EVALUAREA SENSORIO-MOTORIE A COPIILOR ȘI CORELAȚIA CU PEFORMANȚA ÎN INTERACȚIUNE CU ECRANUL SENSIBIL LA ATINGERE	53
3.6	DISCUȚII	57
3.6.1	COPII ȘI ADULȚI	57
3.6.2	PREFERINȚE DE POZIȚIONARE A DEGETELOR PENTRU INTERACȚIUNEA CU ECRANE SENSIBILE LA ATINGERE	58
3.7	SETUL DE DATE	62
3.8	CONCLUZII	62
4.	INTERACȚIUNEA PRIN GESTURI 3-D ALE CORPULUI, PENTRU COPIII DE VÂRSTĂ PREȘCOLARĂ	63
4.1	INTRODUCERE	63
4.2	EXPERIMENT	67
4.2.1	PARTICIPANȚI	67
4.2.2	ECHIPAMENTE	68
4.2.3	PROCEDURA	69
4.2.4	DESIGNUL EXPERIMENTAL	70
4.2.5	DATE COLECTATE	70
4.2.6	METODOLOGIE	73
4.3	IMPLEMENTARE TEHNICĂ	74
4.4	REZULTATE	75
4.5	DISCUȚII	76
4.6	CONCLUZII	80
5.	IMPLICAȚII PENTRU DESIGNUL INTERFEȚELOR GESTUALE DEDICATE COPIILOR	80
5.1	IMPLICAȚII PENTRU DESIGNUL INTERFEȚELOR GESTUALE PENTRU TELEFOANE INTELIGENTE ȘI TABLETE DEDICATE COPIILOR	80

5.2	IMPLICAȚII PENTRU DESIGNUL INTERFEȚELOR PENTRU INTERACȚIUNII PRIN GESTURI ALE CORPULUI DEDICATE COPIILOR	87
6.	CONCLUZII, CONTRIBUȚII ȘI DEZVOLTĂRI VIITOARE	90
6.1	CONCLUZII	90
6.2	CONTRIBUȚII	90
6.3	DISEMINAREA REZULTATELOR	93
6.4	PROPUNERI PENTRU DIRECȚII VIITOARE DE DEZVOLTARE	94
7.	BIBLIOGRAFIE	95

1. INTRODUCERE ȘI OBIECTIVE

Interacțiunea gestuală este unul dintre cele mai recente și promițătoare domenii de cercetare în Interacțiunea om-calculator (HCI). În ultimii ani, dispozitive tehnologice care oferă acest tip de interacțiune, mai naturală și intuitivă pentru utilizatori, apar pe piață într-un ritm alert.

Prin urmare, este de așteptat ca noi aplicații bazate pe interacțiunea gestuală să fie de interes pentru consumatori. Unul dintre segmentele de vârstă care va beneficia cel mai mult de creșterea cererilor de dispozitive cu interacțiune gestuală va fi cel al preșcolarilor. Manipularea fizică a jucăriilor a stat la baza dezvoltării și educației copiilor timp de mulți ani. Interacțiunea gestuală poate fi folosită pentru a aduce tehnologiile informatice mai aproape de copiii preșcolari, contribuind astfel la dezvoltarea lor. În consecință, am considerat oportună și necesară cercetarea metodelor de interacțiune adecvate pentru această categorie de vârstă. Adaptarea tehnologiilor informatice la nevoile speciale ale preșcolarilor contribuie la dezvoltarea domeniului interfețelor om-calculator.

În capitolul introductiv sunt detaliate aspectele care au motivat această teză de doctorat, obiectivele specifice ale cercetării și contribuțiile aduse. În final, este prezentată structura tezei.

1.1 MOTIVAȚIE

În societatea noastră modernă, tehnologia este omniprezentă: la locul de muncă, în timpul liber, în spațiul relațiilor sociale. Încă de la prima includere a unei persoane în viața socială (vârsta preșcolară) tehnologia este prezentă în viața de zi cu zi.

Calculatoarele convenționale și aplicațiile interactive bazate pe mouse și tastatură nu sunt adecvate pentru nivelul de dezvoltare cognitivă și psihomotorie a copiilor (Healy, 1998) și nu le oferă aceleași beneficii în aspectele fundamentale ale dezvoltării lor precum activitățile de grup, exercițiile fizice, abilitățile de manipulare (Piaget, 1952). Plowman și Stephen (2005) au descris utilizarea calculatoarelor în etapa preșcolară și au identificat multe probleme. În general, profesorii educatori sunt reticenți în a utiliza calculatoarele în etapa preșcolară a educației, astfel încât acestea sunt rar folosite și oferă, prin urmare, o experiență limitată pentru cei mai mulți copii.

În ultimii ani, suprafețele tactile multitouch se dovedesc de un succes remarcabil, oferă o interacțiune mai intuitivă și mai naturală și pot fi operate de mai mulți utilizatori în același timp. Cu toate acestea, există riscul de a pierde o mare oportunitate pentru utilizarea eficientă a acestor tehnologii de către copiii preșcolari. Mansor et al. (2008) au observat dificultățile copiilor mici în

interacțiunea multitouch cu suprafețele tangibile, deoarece aceste dispozitive necesită un nivel ridicat de motricitate fină, care se atinge de obicei în jurul vârstei de șapte ani.

Astăzi, tehnologiile se schimbă și evoluează atât de repede, încât nu a existat timp pentru a construi o fundație solidă pentru proiectarea de jocuri și aplicații de învățare, care ar putea oferi experiențe plăcute și utile copiilor preșcolari. Există o literatură de specialitate foarte bogată în domeniul design-ului centrat pe utilizator (User-Centered Design, UCD), în care sunt prezentate diverse tehnici și metodologii de a implica utilizatorii în crearea de produse și aplicații (Norman, 1988). La începuturile dezvoltării domeniului, copiii mici nu au fost vizati de aceste tehnici, deoarece acestea sunt bazate pe verbalizarea opiniilor și gândurilor utilizatorilor. De curând, copiii au devenit o preocupare de interes ca potențiali utilizatori de tehnologie și, ca urmare, a apărut termenul de design centrat pe copii (Children-Centered Design, CCD).

Cercetarea practică cu implicarea copiilor în proiectarea de noi aplicații interactive este una dintre zonele de maxim interes în cercetarea interacțiunii om-calculator.

1.2 OBIECTIVE

Având în vedere provocările descrise anterior, obiectivul principal al acestei teze este creșterea accesibilității noilor tehnologii informatice pentru cea mai tânără categorie de utilizatori, copii cu vârste cuprinse între 3 și 6 ani, prin adaptarea abordărilor privind interacțiunile gestuale la vârsta preșcolară.

În acest context, teza de doctorat se concentrează pe:

1. Studiul modului în care copiii de vârstă preșcolară folosesc gesturi interactive din perspectiva celor două tehnologii prioritare ale momentului: ecrane touch-screen și camere video.
2. Evidențierea legăturilor dintre nivelul de dezvoltare psihomotorie și capacitatea de interacțiune gestuală a copiilor pe ecrane touch-screen (*en.*: touch gestures).
3. Evidențierea legăturilor dintre nivelul de dezvoltare psihomotorie și gesturile corpului (*en.*: whole-body gestures).
4. Informarea aspectelor de design și implementarea interfețelor gestuale adaptate vârstei și nivelului de dezvoltare psihomotorie.

Din acest punct de vedere, teza de doctorat are un caracter interdisciplinar, împrumută tehnici și metode din psihologie și propune aplicarea acestora în proiectarea interfețelor gestuale pentru un segment specific de utilizatori.

1.3 CONTRIBUȚII

Cercetările din cadrul acestei teze de doctorat au fost parte din proiectul:

Gesture-based Interactive System for the Development and Educational Support of Children: Applications in Education, Tourism, and Discovery of Patrimony, Sept. 2012 – Sept. 2014 în cooperare cu Universitatea din Mons, Belgium . Finanțat de UEFISCDI Romania și Wallonie-Bruxelles International (PNII Cooperări Bilaterale, 588/2012).

Contribuțiile acestei lucrări sunt:

- (1) Realizarea unui studiu observațional cu privire la interacțiunea touch a copiilor mici, cu vârste cuprinse între 3-6 ani, atunci când interacționează cu telefoane inteligente și tablete. Până acum, acest grup de vârstă a fost puțin studiat cu privire la interacțiunea touch. În acest sens, voi prezenta rezultatele experimentale ale studiului interacțiunii touch pentru cel mai mare grup de copii considerat vreodată în literatura de specialitate până la această dată (și anume, 89 de copii), cu o rată de finalizare a experimentului de 82%.
- (2) Corelarea performanțelor obținute de copiii preșcolari în timpul interacțiunii cu ecranele tactile cu nivelul lor de dezvoltare senzorio-motor. Am obținut corelații semnificative, cum ar fi: precizia traseelor drag and drop la copii corelează pozitiv cu nivelul lor de prelucrare visuo-spațială și negativ cu dexteritatea degetelor;
- (3) Realizarea unui studiu observațional cu privire la efectuarea de gesturi cu întreg corpul de către copiii preșcolari cu vârste cuprinse între 3-6 ani. În conformitate cu practica studiilor psihologice care recomandă un număr minim de 30 de participanți, a rezultat cea mai mare bază de date (posibil unică la acest moment) care cuprinde gesturi ale corpului (gesturi whole-body) pentru copii;
- (4) Calcularea acordului dintre gesturile corpului preșcolarilor. Am analizat cum este influențat acordul de grupa de vârstă, gen, tipul gestului.
- (5) Un set de linii directoare pentru proiectarea interacțiunilor cu ecranele tactile pentru copiii cu vârste cuprinse între 3 și 6 ani. Am luat în considerare perspectiva dezvoltării abilităților motorii și observațiile lui Piaget despre copiii aflați în timpul stadiului preoperațional.

3. INTERACȚIUNEA PRIN GESTURI PE SUPRAFEȚE SENSIBILE LA ATINGERE PENTRU COPIII DE VÂRSTĂ PREȘCOLARĂ

3.2 EXPERIMENT

3.2.1 PARTICIPANȚI

La acest experiment au participat 89 de copii cu vârste cuprinse între 3 și 6 ani, dintre care 47 au fost de sex feminin. Vârsta medie a fost 4,6 ani, iar vârstele medii au fost echivalente pentru cele două grupuri (4,8 ani pentru băieți și 4,5 ani pentru fete, $t(87) = 1,485$, $p > ,05$). Copiii au fost împărțiți pe 3 grupe de vârstă: (i) copii mai mici de 4 ani, (ii) cu vârste cuprinse între 4 și 5 ani și (iii) mai mari de 5 ani (vezi Tabelul 2). Potrivit stadiilor de dezvoltare a copiilor, participanții studiului au fost asimilați celui de-al doilea stadiu: stadiul preoperațional (Piaget, 2001), pe parcursul căruia se dobândesc abilități motorii mai exacte, copiii sunt în general egocentrice (reușesc cu greutate să vadă lucrurile din perspectiva altei persoane) și predomină gândirea sincretică (copiii identifică relații de cauzalitate acolo unde ele nu există).

GRUP DE VÂRSTĂ	MARIME GRUP	BĂIEȚI / FETE	MEDIA DE VÂRSTĂ & SD (ani)	ACCESUL LA TEHNOLOGIE
mai mici de 4 ani	28	9 / 19	3.61 / 0.23	6 (aproape zilnic)
4-5 ani	31	17 / 14	4.53 / 0.26	9 (de 2-3 ori pe săptămână)
mai mari de 5 ani	30	16 / 14	5.68 / 0.45	9 (de 2-3 ori pe săptămână)
Total	89	42 / 47	4.63 / 0.90	24 (de 2-3 ori pe săptămână)

Tabel 1. Descrierea grupului de copii participant la experimentul privind interacțiunea prin gesturi cu suprafețe sensibile la atingere.

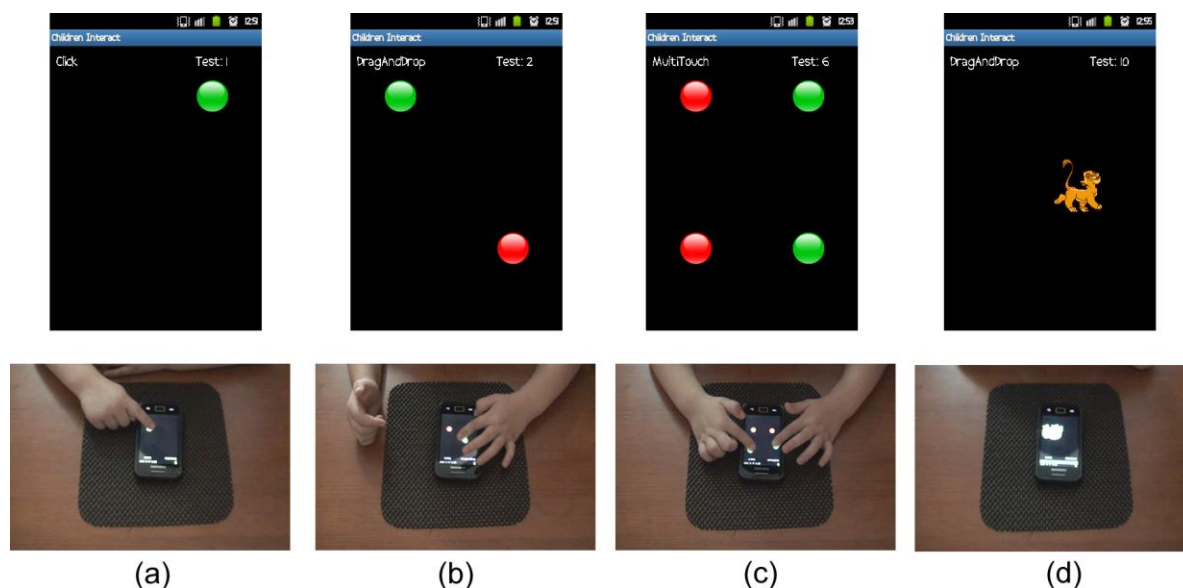


Figura 1. Fotografii ale aplicației prezentate copiilor pentru colectarea informațiilor de apăsare și dublă apăsare (a), drag and drop (b), multi touch drag and drop (c). Aplicația a redat animații după fiecare încercare de succes pentru a motiva copiii.

3.2.4 DESIGNUL EXPERIMENTAL

Experimentul a avut un design de tip *within-subjects* (design cu variabile de tip intra-subiect), cu patru variabile independente:

1. DISPOZITIVUL, variabilă nominală, cu două valori: telefonul inteligent și tableta. Acestea corespund unor dispozitive cu ecran touch de dimensiune mică, respectiv mare, cu diagonale de 3,5 inch și 10,1 inch, reprezentative pentru dimensiunile cele mai întâlnite ale ecranelor dispozitivelor mobile accesibile copiilor.
2. SARCINA, variabilă nominală cu patru valori: tap, dublu tap, single touch drag and drop, și multi touch drag and drop, reprezentative pentru acțiunile cele mai des executate pe dispozitive mobile cu ecran touch.
3. Am analizat performanțele în interacțiunea cu ecranele tactile la nivelul întregului grup de copii implicați, dar am acordat o atenție deosebită diferențelor de performanță în rândul copiilor pe criterii de GEN (variabilă nominală, două valori) și VÂRSTĂ (variabilă nominală, trei valori, vezi Tabel 2).

3.2.5 EVALUAREA ABILITĂȚILOR MOTORII

Copiii au fost testați folosindu-se testul pentru evaluarea abilităților motorii din cadrul bateriei de evaluare neuropsihologică NEPSY (Korkman et al., 1998). NEPSY este un instrument neuro-psihologic larg acceptat pentru măsurarea funcționării neurocognitive la copiii cu vârste cuprinse între 3 și 12 ani (Ahmad and Warriner, 2001; Korkman et al., 1998; Schmitt and Wodrich, 2004) și include teste care evaluează creierul ca pe un mozaic de interacțiuni funcționale ce servesc procesării cognitive (Luria, 1973). Bateria de teste NEPSY (acronim provenit din cuvântul neuropsihologie) include un număr de douăzeci și șapte de teste validate și etalonate pe populația din România. Aceste teste pot fi folosite în diverse combinații și evaluează următoarele funcții: senzorio-motorii, procesare vizual-spațială, atenție, memorie și învățare, limbaj. Foarte important este că acest instrument de testare nu a rezultat din adaptarea altor teste destinate populației adulte, ci a fost creat special pentru această categorie de vârstă, 3-12 ani.

3.2.6 MASURĂTORI

În acest studiu m-am referit și am analizat performanțele touch screen ale copiilor folosind rata de finalizare, timpul de execuție a sarcinii și acuratețea execuției, după cum urmează:

1. RATA DE FINALIZARE reprezintă procentul reușitelor din toate încercările la care copiii au avut dreptul. O rată scăzută pentru o sarcină dată sau un grup de vârstă devine un indicator al dificultăților întâlnite de copii când au executat acea sarcină.
2. TIMPUL DE ÎNDEPLINIRE A SARCINII reprezintă timpul de care copilul are nevoie pentru a executa o sarcină dată. Exemplu: timpul exprimat în milisecunde din

momentul în care degetul a atins suprafața touch și până în momentul când degetul este ridicat de pe această suprafață.

3. **PRECIZIA ATINGERII** reprezintă distanța în milimetri, măsurată între locul atingerii propriu-zise și centrul țintei. Am măsurat precizia atingerii pentru sarcini de tap și dublu tap.
4. **ACURATEȚEA TRASEULUI** măsoară acuratețea traiectoriei pe care o urmează copiii în executarea sarcinii de drag and drop prin comparație cu traiectoria dreaptă ideală pentru parcurgere respectivului traseu. Am calculat acuratețea traseului ca un raport între distanța Euclideană dintre primul și ultimul punct de atingere (linia dreaptă) și lungimea traiectoriei descrise de copil prin acțiunea sa. Prin definiție, valoarea ce dă acuratețea traseului este situată în intervalul $[0...1]$, 1 reprezentând traiectoria dreaptă ideală. Am studiat acuratețea traseului pentru sarcini de single touch și multi touch drag & drop.

În literatura de specialitate sunt menționate măsurători vizând analiza gestuală (Blagojevic et al., 2010; Rubine, 1991) sau cele care surprind acuratețea și compară performanța traiectoriei gestuale cu execuția ideală (Vatavu et al., 2013). În acest experiment au fost folosite măsurători standard în Interacțiunea Om-calculator (ratele de eroare și timpii execuție) împreună cu măsuri de acuratețe (atingerea și precizia atingerii).

Măsurătorile de performanțe touch au fost puse în relație cu alte patru măsurători care reflectă nivelul de dezvoltare a aptitudinilor motrice. Acestea au fost evaluate cu ajutorul unui psiholog care atestat copiii cu ajutorul procedurii standard de evaluare NEPSY (Korkman et al., 1998). Măsurătorile care reflectă nivelul de dezvoltare a aptitudinilor motrice sunt:

5. **TIMPUL DE ATINGERE AL DEGETULUI ARĂTĂTOR** reprezintă timpul în care copilul unește degetul mare cu degetul arătător de 32 de ori la rând (vezi Figura 5), timp în care este instruit să execute această mișcare cât mai repede posibil. Acest indicator arată dexteritatea arătătorului și viteza motrică, prin atenția îndreptată numai asupra unui deget (condiție de single touch). Valorile scăzute indică o dexteritate mai bună. Copiii au executat sarcina de atingere a degetului arătător cu fiecare dintre mâini și am luat în considerare media performanțelor obținute pentru cele două încercări (pentru fiecare mână în parte).
6. **TIMPUL DE ATINGERE AL TUTUROR DEGETELOR** reprezintă timpul în care copilul atinge degetul mare de fiecare dintre degetele unei mâini pe rând (vezi Figura 6). Aceasta se face de 8 ori, iar copilul este instruit să execute această mișcare cât mai repede posibil. Acest indicator arată dexteritatea degetelor copilului și viteza motrică, luând în considerare toate degetele (condiție de multi touch). Valorile mici indică o dexteritate mai bună. Copiii au executat această sarcină cu fiecare mână, iar noi am determinat performanța lor ca medie (pentru fiecare mână în parte).

7. **PRECIZIA VIZUO-MOTORIE** măsoară viteza și acuratețea grafomotrică a copilului prin evaluarea performanțelor pe care aceștia le obțin când desenează linii în interiorul unor trasee, cât de repede și de precis posibil (Figura 7). Măsurătorile indică numărul de erori ale copilului. Cu cât sunt mai scăzute valorile, cu atât nivelul preciziei vizuo-motorie a copilului este mai bun.
8. **PERFORMANȚA VIZUO-SPAȚIALĂ.** Abilitatea vizuo-spațială reprezintă capacitatea copilului de a face deosebire între obiecte, de a înțelege localizarea acestora, direcționalitatea și relațiile dintre acestea. Măsurătoarea a fost efectuată cu ajutorul subtestului NEPSY, copiii fiind rugați să reproducă o serie formată din 18 figuri geometrice cu complexitate diversă (vezi Figura 8). Psihologul a evaluat desenele lor, în conformitate cu schema NEPSY de evaluare a performanțelor (Korkman et al., 1998). Pentru fiecare desen, valoarea punctajului se situează între minim 1 și maxim 4. Pentru cele 18 desene folosite în experiment, scorul maxim este de 72 de puncte. Am folosit această limită superioară pentru a normaliza performanța vizuo-spațială în intervalul [0...1], pentru care 1 reprezintă cea mai bună performanță posibilă.

3.4 REZULTATE

3.4.1 METODE DE ANALIZĂ

În analiza datelor am utilizat o serie de teste statistice:

- Testul U al lui Mann-Whitney.
- Testul Kruskal-Wallis..
- Testul Pearson chi-squared Formula de calcul este: $\chi^2 = \sum \frac{(f_O - f_E)^2}{f_E}$.

3.5 EVALUAREA SENSORIO-MOTORIE A COPIILOR ȘI CORELAȚIA CU PERFORMANȚA ÎN INTERACȚIUNE CU ECRANUL SENSIBIL LA ATINGERE

Abilitățile senzorio-motorii ale copiilor au fost evaluate de un psiholog prin administrarea testelor pentru evaluarea funcțiilor senzorio-motorii din bateria NEPSY (Korkman et al., 1998). Pentru acest studiu, au fost incluși patru indicatori de măsurare: timpul de atingere a degetului mare cu arătătorul, timpul de atingere a tuturor degetelor, precizia vizuo-motorie și nivelul de procesare vizuo-spațială.

Rezultatele evaluării senzorio-motorii	Măsurătorile touch	Pearson r
Telefon inteligent		
nivelul de procesare vizual spațială	acuratețea traseului single-touch	.499**
timpul de atingere a tuturor degetelor	acuratețea traseului single-touch	-.448**
nivelul de procesare vizual spațială	timp single-touch drag and drop	-.400**
precizia vizual motrică	precizia atingerii tap	.362**
nivelul de procesare vizual spațială	precizia atingerii tap	-.341**
nivelul de procesare vizual spațială	timp double tap	-.329**
precizia vizual motrică	acuratețea traseului single-touch	-.301**
Tabletă		
nivelul de procesare vizual spațială	precizia atingerii tap	-.457**
nivelul de procesare vizual spațială	precizia atingerii double tap	-.406**
timpul de atingere a degetului mare cu arătătorul	precizia atingerii tap	.376**
nivelul de procesare vizual spațială	acuratețea traseului single-touch	.358**
timpul de atingere a tuturor degetelor	timp tap	.330**
timpul de atingere a tuturor degetelor	precizia atingerii tap	.317**
timpul de atingere a tuturor degetelor	timp double tap	.315**

** corelația este semnificativă pentru $p = .01$.

Tabel 2. Coeficienții r ai corelației Pearson (N=89) calculați între măsurarea abilităților senzorio-motorii și cei de touch.

3.6 DISCUȚII

În această secțiune, am centralizat rezultatele legate de performanțele copiilor în îndeplinirea sarcinilor pe dispozitive touch-screen și a sarcinilor fundamentale de interacțiune touch. Aceste rezultate sunt discutate într-un context mai larg, prin compararea rezultatelor copiilor cu performanțele obținute de adulți. De asemenea, am în vedere teme specifice, cum ar fi preferințele copiilor pentru utilizarea degetului în interacțiunile touch screen. S-au observat anumite preferințe ale copiilor pentru ipostazeneobișnuite ale mâinii, folosite pe parcursul experimentului. În plus, rezultatele cercetării au fost centralizate în forma unui ghid de proiectare pentru practicienii care dezvoltă interfețe touch screen pentru copiii de vârstă preșcolară. Am avut în vedere teoria lui Piaget în ceea ce privește dezvoltarea senzorio-motorie a abilităților cognitive preoperaționale și motrice la copii (Piaget and Inhelder, 1956) (Piaget and Inhelder, 1969) (Piaget and Inhelder, 1974) (Piaget, 2004).

3.7 SETUL DE DATE

Pentru această cercetare am colectat un număr mare de date rezultate pe baza celor 2.912 înregistrări ale sarcinilor de touch pentru tap, dublu tap, single touch și multi touch drag & drop, executate de 89 de copii cu vârste cuprinse între 3 și 6 ani. Au fost folosite două dispozitive

touch: un telefon inteligent și o tabletă. În plus, au fost adunate 583 de înregistrări touch executate de 30 de tineri, pentru a servi ca bază de comparație. Consider că, în acest moment, acest set de date este cel mai mare din literatura de specialitate care urmărește interacțiunea touch a copiilor, dacă luăm în considerare numărul participanților implicați (Tabelul 1 cuprinde studii similare în domeniu, pentru care am evidențiat mărimea grupului și grupele de vârstă ale copiilor participanți la cercetările menționate).

3.8 CONCLUZII

În cadrul acestui studiu au fost evidențiate noi aspecte legate de interacțiunea touch screen ale copiilor cu vârste cuprinse între 3 și 6 ani, pe telefon inteligent și tabletă, iar rezultatele obținute au fost corelate cu măsurile touch și evaluările senzorio-motorii. Acest studiu a arătat că preșcolarii au dificultăți în atingerea cu precizie a țintei și în tragerea cu ușurință a țințelor pe suprafața touch, dar că ei devin mai rapizi și mai preciși pe măsură ce înaintează în vârstă și își dezvoltă abilitățile cognitive și motrice. Prin urmare, am formulat recomandări de linii directe (bune practici) pentru îmbunătățirea proiectării interfețelor touch screen pentru copiii de vârste mici prin adoptarea punctului de vedere bazat pe dezvoltarea cognitivă și senzorio-motorie a copiilor, conform observațiilor lui Piaget în ceea ce privește etapa preoperațională. În această perioadă, copiii dezvoltă strategii care îi ajută să se adapteze mai bine la mediul lor de viață. Copiii învață abilități lingvistice, se dezvoltă abilitățile motorii, memoria și imaginația. Consider că rezultatele acestei cercetări vor contribui la o mai bună înțelegere a modului de interacțiune a copiilor cu dispozitivele touch screen din ziua de azi și vor permite îmbunătățirea designului interfețelor touch, în vederea adaptării acestuia la abilitățile cognitive și motorii ale copiilor.

4. INTERACȚIUNEA PRIN GESTURI 3-D ALE CORPULUI, PENTRU COPIII DE VÂRSTĂ PREȘCOLARĂ

4.2 EXPERIMENT

4.2.1 PARTICIPANȚI

La acest experiment au participat 30 de copii de la Grădinița „Sfântul Ioan cel Nou” de la Suceava, cu vârste cuprinse între 3 și 6 ani. Dintre aceștia, cincisprezece au fost fete. Vârsta medie a fost 4,44 ani, iar vârstele medii au fost apropiate pentru cele două grupuri (4,36 ani pentru băieți și 4,51 ani pentru fete). Copiii au fost împărțiți în 3 grupe de vârstă: (i) cu vârste cuprinse între 3 și 4 ani, (ii) cu vârste cuprinse între 4 și 5 ani și (iii) cu vârste cuprinse între 5 și 6 ani. Potrivit stadiilor de dezvoltare a copiilor descrise de Piaget, participanții studiului au fost

asimilați celui de-al doilea stadiu, și anume stadiul preoperațional (Piaget, 2004), pe parcursul căruia se dobândesc abilități motorii precise, copiii sunt în general egocentrici (i.e., foarte greu reușesc să vadă lucrurile din perspectiva altei persoane) și predomină gândirea sincretică (i.e., copiii identifică relații de cauzalitate acolo unde ele nu există).

Grupa de vârstă	Dimensiunea grupului	Băieți / fete	Vârsta medie	Acces la tehnologie kinect
cu vârste cuprinse între 3 și 4 ani	10	5 / 5	3.38	1 (aproape zilnic)
cu vârste cuprinse între 4 și 5 ani	10	5 / 5	4.54	1 (aproape zilnic)
cu vârste cuprinse între 5 și 6 ani	10	5 / 5	5.40	1 (o dată pe săptămână)
Total	30	15 / 15	4.44	3 (aproape zilnic)

Tabel 3. Descrierea grupului de copii participanți la studiu I – interacțiunea preșcolarilor cu camere de adâncime Kinect

4.2.4 DESIGNUL EXPERIMENTAL

Designul experimentului a fost unul participativ cu contribuții din partea subiecților testați, cu trei variabile independente:

1. SARCINA, variabilă nominală cu 15 valori (vezi tabelul 7) reprezentând acțiunile cerute în cadrul experimentului.
2. GEN (variabilă nominală, două valori).
3. VÂRSTA (variabilă nominală, trei valori – vezi tabelul 6).

4.2.5 DATE COLECTATE

Înregistrările video ale fiecărui participant au fost transcrise, codate și comparate, apoi au fost analizate calitativ. Secvențe de mișcări au fost individualizate, clasificate și etichetate.

Am codificat similaritățile și diferențele gestuale ale fiecărui participant ca răspuns la cele 15 sarcini. Pentru a identifica tipare comune și trenduri, datele au fost apoi grupate, folosind o analiză inductivă ca metodă de abordare. Deoarece, în anumite cazuri, participanții au folosit mai multe părți ale corpului pentru a executa un gest, am analizat atât gesturile lor primare, cât și cele secundare. Prin gest primar înțeleg gestul principal al sarcinii primite, iar prin gest secundar înțeleg mișcările colaterale (i.e., la sarcina: „sari cât poți de sus”, picioarele descriu gesturile principale, iar mâinile descriu gesturile secundare).

Am obținut un set de date care constă într-un număr de 1295 înregistrări pentru cele 15 sarcini de gest executate de cei 30 de copii. Rata de finalizare este de 95,93%. Acest rezultat este în concordanță cu cercetările lui Brewer și colaboratorii care au raportat o rată de finalizare de 73% și 97%, dar în ceea ce privește copii puțin mai mari, cu vârste cuprinse între 5 și 7 ani (Brewer et al., 2013).

Dacă comparăm această ratele de finalizare între cele două experimente, observăm că rata de finalizare a sarcinilor în cazul interacțiunii prin gesturi ale corpului (95,93%) este mult mai mare decât rata de finalizare a sarcinilor în cazul interacțiunii prin gesturi touch (81,8%). Acest rezultat arată că naturalețea interacțiunii prin gesturi ale corpului este mai potrivită la această vârstă, mai ușor de îndeplinit de către copii.

4.2.6 METODOLOGIE

În studiul realizat am urmărit gesturile propuse de copii pentru fiecare sarcină în parte și am folosit metodologia propusă de(Wobbrock et al., 2005).

Pentru calculul nivelului de consens (accord) între participanți am folosit formula introdusă de (Wobbrock et al., 2005).Intuitiv, acordul ar trebui să fie de 100%, atunci când gesturile propuse de participanți sunt identice și de $\approx 0\%$, atunci când acestea sunt unice. De exemplu, dacă în 20 de propuneri de gest r , dacă 15/20 sunt de o formă și 5/20 sunt de alta, ar trebui să existe un acord mai mare decât în cazul în care 15/20 sunt de o formă, 3/20 sunt de alta, și 2 / 20 sunt de a treia (Wobbrock et al., 2005). Ecuația care surprinde acest lucru este:

$$A = \frac{\sum_{r \in R} \sum_{P_i \subseteq P_r} \left(\frac{|P_i|}{|P_r|} \right)^2}{|R|}$$

4.3 IMPLEMENTARE TEHNICĂ

Aplicația implementată folosește senzorul Microsoft Kinect pentru a achiziționa gesturile efectuate de către utilizatori. Fiecare gest este reprezentat sub forma unei secvențe de posturi ce reprezintă de fapt obiecte de tip Skeleton furnizate de către senzor cu o frecvență de aproximativ 25 fps.Fiecare postură este reprezentată sub forma unei mulțimi alcătuite din 20 de puncte distribuite pe întregul corp al persoanei urmărite (vezi figura 33):

Punct	Valoare	Descriere
AnkleLeft	14	glezna stângă
AnkleRight	18	glezna dreaptă
ElbowLeft	5	cot stâng
ElbowRight	9	cot drept
FootLeft	15	picior stâng
FootRight	19	picior drept
HandLeft	7	mâna stângă
HandRight	11	mâna dreaptă
HandTipLeft	21	extremitate mâna stângă

HandTipRight	23	extremitate mâna dreaptă
Head	3	cap
HipLeft	12	şold stânga
HipRight	16	şold dreapta
KneeLeft	13	genunchiul stâng
KneeRight	17	genunchiul drept
Neck	2	gât
ShoulderLeft	4	umăr stâng
ShoulderRight	8	umărul drept
SpineBase	0	baza coloanei vertebrale
SpineMid	1	mijloc coloana vertebrală
SpineShoulder	20	coloana vertebrală în dreptul umerilor
ThumbLeft	22	degetul mare stânga
ThumbRight	24	degetului mare dreapta
WristLeft	6	încheietura mâinii stângi
WristRight	10	încheietura mâinii drepte

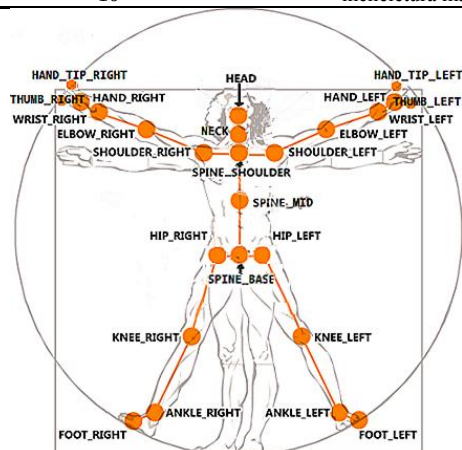


Figura 2. Puncte Skeleton si repartiția lor pe corpul uman (sursa imaginii: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/microsoft.kinect.jointtype.aspx>)

Mișcările gestuale sunt segmentate de către experimentator și salvate în fișiere de tip XML, folosind următoarele tag-uri:

- BodyMovement: reprezintă un gest efectuat cu întregul corp
- BodyPosture: postură este reprezentată sub forma unei mulțimi alcătuite din 20 de puncte
- Joint: un punct în spațiul 3-D caracterizat prin coordonatele X, Y, Z exprimate în metri


```
<BodyMovement>
<BodyPosture ID="361" T="75498196,7011" Name="hands up">
<Joint Type="HipCenter" X="0,327093720436096" Y="-0,105928167700768" Z="2,29773092269897" SX="388" SY="298" />
<Joint Type="Spine" X="0,302166819572449" Y="-0,0698430314660072" Z="2,32961463928223" SX="381" SY="290" />
<Joint Type="ShoulderCenter" X="0,279794752597809" Y="0,1590176820755" Z="2,35254430770874" SX="375" SY="239" />
<Joint Type="Head" X="0,300212234258652" Y="0,300458073616028" Z="2,35147309303284" SX="379" SY="207" />
<Joint Type="ShoulderLeft" X="0,208197548985481" Y="0,0653043687343597" Z="2,2886757850647" SX="360" SY="259" />
<Joint Type="ElbowLeft" X="0,159767687320709" Y="-0,0914311856031418" Z="2,22531294822693" SX="351" SY="295" />
<Joint Type="WristLeft" X="0,17601203918457" Y="-0,208833381533623" Z="2,17391991615295" SX="356" SY="324" />
<Joint Type="HandLeft" X="0,178062334656715" Y="-0,261870712041855" Z="2,16536521911621" SX="356" SY="337" />
<Joint Type="ShoulderRight" X="0,389932364225388" Y="0,0631591528654099" Z="2,38172888755798" SX="399" SY="260" />
<Joint Type="ElbowRight" X="0,425651848316193" Y="-0,10344619274139" Z="2,36869359016418" SX="407" SY="296" />
<Joint Type="WristRight" X="0,436168164014816" Y="-0,226983308792114" Z="2,33843922615051" SX="411" SY="324" />
<Joint Type="HandRight" X="0,428159445524216" Y="-0,277889490127563" Z="2,32311725616455" SX="410" SY="336" />
<Joint Type="HipLeft" X="0,300228148698807" Y="-0,151235669851303" Z="2,26384830474854" SX="382" SY="309" />
<Joint Type="KneeLeft" X="0,260066241025925" Y="-0,394102931022644" Z="2,24158215522766" SX="374" SY="366" />
<Joint Type="AnkleLeft" X="0,230341613292694" Y="0,593236804008484" Z="2,16724109649658" SX="369" SY="417" />
<Joint Type="FootLeft" X="0,277700334787369" Y="0,629254519939423" Z="2,14804840087891" SX="381" SY="428" />
<Joint Type="HipRight" X="0,377658188343048" Y="0,158771723508835" Z="2,31815385818481" SX="399" SY="310" />
<Joint Type="KneeRight" X="0,325101912021637" Y="-0,443107426166534" Z="2,30300617218018" SX="387" SY="374" />
<Joint Type="AnkleRight" X="0,322643876075745" Y="-0,608413636684418" Z="2,2853536605835" SX="387" SY="414" />
<Joint Type="FootRight" X="0,339053303003311" Y="-0,646932423114777" Z="2,26580119132996" SX="392" SY="424" />
</BodyPosture>
<BodyPosture ID="361" T="75498322,7083" Name="hands up">
<Joint Type="HipCenter" X="0,326548993587494" Y="-0,107475757598877" Z="2,2973644733429" SX="388" SY="298" />
<Joint Type="Spine" X="0,303854048252106" Y="-0,0716079026460648" Z="2,3319673538208" SX="381" SY="290" />
<Joint Type="ShoulderCenter" X="0,279498338699341" Y="0,159038126468658" Z="2,3520040512085" SX="375" SY="239" />
<Joint Type="Head" X="0,30387869477272" Y="0,300479620695114" Z="2,35163283348084" SX="380" SY="207" />
<Joint Type="ShoulderLeft" X="0,208646342158318" Y="0,0653873756527901" Z="2,28845882415771" SX="361" SY="259" />
<Joint Type="ElbowLeft" X="0,160723656415939" Y="0,0913687869906425" Z="2,22448992729187" SX="351" SY="295" />
<Joint Type="WristLeft" X="0,175740286707878" Y="-0,20919793844223" Z="2,17374396324158" SX="356" SY="324" />
<Joint Type="HandLeft" X="0,177947849035263" Y="-0,262301236391068" Z="2,16546177864075" SX="356" SY="337" />
<Joint Type="ShoulderRight" X="0,383154600858688" Y="0,0662854090332985" Z="2,37587642669678" SX="398" SY="260" />
<Joint Type="ElbowRight" X="0,423657059669495" Y="0,0989172831177711" Z="2,36843490600586" SX="407" SY="296" />
<Joint Type="WristRight" X="0,435007095336914" Y="0,222592949867249" Z="2,33865141868591" SX="411" SY="324" />
<Joint Type="HandRight" X="0,425110101699829" Y="0,257137715816498" Z="2,31413626670837" SX="409" SY="332" />
<Joint Type="HipLeft" X="0,297252535820007" Y="-0,148487687110901" Z="2,26113152503967" SX="382" SY="308" />
<Joint Type="KneeLeft" X="0,259917706251144" Y="-0,393828332424164" Z="2,2415075302124" SX="374" SY="366" />
<Joint Type="AnkleLeft" X="0,230247795581818" Y="0,593492925167084" Z="2,16744089126587" SX="369" SY="417" />
<Joint Type="FootLeft" X="0,277641981840134" Y="0,629212081432343" Z="2,14779090881348" SX="381" SY="428" />
<Joint Type="HipRight" X="0,373327314853668" Y="0,158803284168243" Z="2,3139216682434" SX="398" SY="310" />
<Joint Type="KneeRight" X="0,324817925691603" Y="0,442897617816925" Z="2,30219101905823" SX="387" SY="374" />
<Joint Type="AnkleRight" X="0,323262542486191" Y="0,610891580581665" Z="2,28473949432373" SX="387" SY="414" />
<Joint Type="FootRight" X="0,33425572514534" Y="0,645494163036346" Z="2,25615787506104" SX="391" SY="424" />
</BodyPosture>
<BodyPosture ID="361" T="75498498,7184" Name="hands up">
<Joint Type="HipCenter" X="0,329625874757767" Y="-0,105672374367714" Z="2,30264234542847" SX="388" SY="298" />
</BodyPosture>
</BodyMovement>
```

Figura 3. Exemplu de fișier de date achiziționate – gesturi efectuate cu întregul corp

6. CONCLUZII, CONTRIBUȚII SI DEZVOLTĂRI VIITOARE

6.1 CONCLUZII

Lucrarea de față aduce în atenția cercetătorilor din domeniul interacțiunii om-calculator cea mai tânără categorie de utilizatori de tehnologie, și anume preșcolarii. În urma experimentelor realizate a rezultat o bază de date importantă pentru literatura de specialitate din domeniul interacțiunii copiilor preșcolari cu tehnologia multitouch și cu tehnologia touch-less. Analiza celor două studii au condus la alcătuirea unui ghid de bune practici pentru designerii interacțiunilor copil-calculator. Îmbunătățirea interfețelor pentru o interacțiune naturală copil-calculator deschide calea dezvoltării unor aplicații consistente pentru această grupă de vârstă, în domenii esențiale pentru preșcolari (abilități cognitive, abilități motorii, educație, diagnosticarea precoce a unor deficiențe psiho-motorii, corectarea unor deficiențe psiho-motorii, etc).

6.2 CONTRIBUȚII

Contribuții teoretice:

1. Studiul sistemelor și interfețelor gestuale curente pentru achiziția și recunoașterea gesturilor efectuate de copii
2. Studiul problemelor de interacțiune prin gesturi multi-touch ale copiilor de vârstă preșcolară
3. Set de recomandări privind dezvoltarea de interfețe gestuale multitouch pentru copii.

Am formulat un set de linii directoare pentru proiectarea interacțiunilor pentru copii cu vârste cuprinse între 3 și 6 ani, luând în considerare perspectiva dezvoltării abilităților motorii și observațiile lui Piaget despre copii în timpul stadiului preoperațional și rezultatele, observațiile și concluziile cercetărilor ce fac obiectul acestui studiu.

Contribuții practice:

1. Constituirea unei baze de date consistente de gesturi de atingere (multi-touch) efectuate de către copii cu vârste între 3 și 6 ani, alcătuind un eșantion de studiu format din 89 de subiecți.

Astfel, teza de doctorat prezintă rezultate experimentale pentru cel mai mare grup de copii considerat vreodată în literatura de specialitate cu privire la interacțiunea touch până la această dată (și anume, 89 de copii), pentru care am realizat o rată ridicată de finalizare totală a experimentului de 82%. Această bază de date este deja disponibilă și altor cercetători interesați, fiind referită în articolul *Touch interaction for children aged 3 to 6 years: Experimental findings and relationship to motor skills* publicat în revista *International Journal of Human-Computer Studies* 74, 54-76.

2. Constituirea unei baze de date cu gesturi ale corpului efectuate de copii cu vârste între 3 și 6 ani aparținând unui eșantion considerabil de subiecți din această categorie de vârstă (30 de copii).

Am realizat un studiu observațional cu privire la efectuarea de gesturi cu întregul corp de către copii preșcolari, cu vârste cuprinse între 3-6 ani. În conformitate cu practica studiilor psihologice care recomandă un număr minim de 30 de participanți, a rezultat o **bază de date importantă (posibil unică la acest moment) de gesturi cu întregul corp** realizate de copii. Am calculat acordul dintre gesturile preșcolarilor și am analizat cum

este influențat acesta de grupa de vârstă, de gen și de tipul gestului. Un prim articol pe această cercetare a fost prezentat și publicat la conferința eLearning & Software for Education: *Observing motor development of preschool children using depth cameras*.

3. Analiza experimentală a gesturilor de atingere efectuate de copii pe un eșantion important, alcătuit din subiecți cu vârste între 3 și 6 ani, unul dintre cele mai mari considerate vreodată în literatura de specialitate (89 de copii).

Am realizat un studiu observațional cu privire la interacțiunea touch a copiilor mici, cu vârste cuprinse între 3-6 ani, în interacțiunea cu telefoane inteligente și tablete, grup de vârstă care a fost puțin studiat până acum, cu privire la acest aspect. Am corelat performanțele touch ale copiilor cu nivelul lor de dezvoltare senzorio-motor și am obținut rezultate semnificative. Una dintre cele mai importante observații este aceea că precizia traseelor drag and drop la copii corelează pozitiv cu nivelul lor de prelucrare visuospatial și negativ cu dexteritatea degetelor.

4. Analiza experimentală corelațională între mișcarea gestuală și dezvoltarea senzori-motorie a copiilor.

Am evidențiat relațiile dintre performanțele touch ale copiilor preșcolari și abilitățile lor senzorio-motorii. Aceste concluzii au fost publicate în articolul *Relations between familiarity with touch interfaces and sensorimotor skills in preschoolers* în The International Scientific Conference eLearning and Software for Education, vol 2 la 1 aprilie 2014.

5. Analiza comparativă a diferențelor dintre gesturile efectuate de copii și cele efectuate de către adulți.

Am colectat date specifice interacțiunii touch de la 30 de tineri sub 25 ani, reprezentând voluntari din rândul studenților universității, pentru a prezenta cercetarea asupra performanțelor touch ale copiilor într-un context mai amplu, comparativ cu performanța adulților cu abilități motorii complet dezvoltate.

6. Analiza de consens a gesturilor întregului corp efectuate de copii cu vârste între 3 și 6 ani pe cel mai mare eșantion de copii din această categorie de vârstă considerat vreodată în literatura de specialitate (30 de copii).

6.3 DISEMINAREA REZULTATELOR

Rezultatele și contribuțiile prezentate în această lucrare au fost concretizate prin publicarea și prezentarea următoarelor lucrări științifice:

1. Bogdan Florin Gheran, Gabriel Cramariuc, Ionela Rusu, 2016. Tools for collecting users' touch and free-hand gestures on mobile devices in experimental settings. International Conference on Development and Application Systems (DAS), 248-253.
2. Cramariuc, G., Pentiu, Ș.G., 2015. Observing motor development of preschool children using depth cameras. The International Scientific Conference eLearning and Software for Education 1: 518-523. Bucharest: "Carol I" National Defence University. (2015).
3. Vatavu, R.-D., Cramariuc, G., Schipor, D.M., 2015. Touch interaction for children aged 3 to 6 years: Experimental findings and relationship to motor skills. International Journal of Human-Computer Studies 74, 54-76.
4. Schipor, M.D., Cramariuc, G., Clipa, O., Pentiu, S.G., 2014. Relations between familiarity with touch interfaces and sensorimotor skills in preschoolers. The International Scientific Conference eLearning and Software for Education 2, 430.
5. Clipa, O., Colomeischi, A.A., Schipor, D.M., Cramariuc, G., 2014. Students perceptions upon ict in university training process. The International Scientific Conference eLearning and Software for Education 3, 109.
6. Cramariuc, G., 2013, Provocări în domeniul interacțiunii copil-calculator, Cercetare și practică în științele educației, București : Editura Didactică și Pedagogică, 2013, ISBN 978-973-30-3516-9
7. Cramariuc, C., Cramariuc G., 2013, Aplicarea metodelor și mijloacelor e-learning pentru realizarea temei "Economia interbelică" la clasa a X-a, Cercetare și practică în științele educației, București : Editura Didactică și Pedagogică, 2013, ISBN 978-973-30-3516-9
8. Cramariuc, G., 2009. An Overview of Current Perspectives in E-learning Research. Seminarul Sisteme Distribuite (<http://www.eed.usv.ro/SistemeDistribuite>), 2009, ISSN 2067 – 5259, pag. 98-102.

6.4 PROPUNERI PENTRU DIRECȚII VIITOARE DE DEZVOLTARE

Este bine cunoscută dinamica și impactul tehnologiei asupra dezvoltării umane. Una dintre cele mai promițătoare zone de dezvoltare este cea educațională, în care se urmăresc modalitățile în care tehnologia influențează dezvoltarea copiilor preșcolari. Rezultatele obținute în urma cercetării de față reprezintă puncte de reper în desfășurarea ulterioară a altor direcții de studiu care să vizeze monitorizarea, testarea și dezvoltarea abilităților cognitive și motorii ale preșcolarilor. Realizarea de noi metodologii de evaluare motorie a copiilor folosind ecrane tactile și camere de adâncime poate constitui unul dintre obiectivele unei lucrări viitoare de cercetare.

Studiul interacțiunii bazate pe gesturi la preșcolari poate fi extins și pe alte dispozitive de achiziție a gesturilor (de exemplu: senzorul Leap Motion pentru studierea motricității fine a mâinilor sau ceasuri SmartWatch care includ accelerometre).

O altă direcție pentru dezvoltări ulterioare va fi studiul interacțiunii bazate pe gesturi la preșcolari pentru alte contexte de aplicare, de exemplu realitatea augmentată. Implicațiile jocurilor și dezvoltarea de aplicații de tip joc ce implică realitate augmentată pentru cercetări în domeniul interacțiunii copil calculator sunt obiective pe care mi le propun în perioada imediat următoare.

CUVINTE CHEIE: interacțiunea copil-calculator, suprafețe sensibile la atingere, interacțiunea prin gesturi ale corpului, evaluarea sensorio-motorie, designul interfețelor gestuale dedicate copiilor