

**Numar contract: 315/2014**  
**Nr. inregistrare: PT\_770/16.09.2014**  
**Cod proiect: PN-II-PT-PCCA-2013-4-2241**

## **Asistent pentru persoane varstnice bazat pe modele de mobilitate (Mobile@Old) – 315/2014**

### **Etapa 3/2016: Implementare componente**

**1.01.2016-31.12.2016**

**Coordonator:** Universitatea POLITEHNICA din București (UPB)  
**Parteneri:** **P1: Centrul IT pentru Știință și Tehnologie**  
**P2: Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca**  
**P3: Universitatea Ștefan cel Mare, Suceava**

**Descriere proiect:** Scopul principal al acestui proiect este de a dezvolta o platformă prietenoasă, adaptată nevoilor persoanelor vârstnice, pentru asistarea acestora și a-i ajuta să-și mențină un stil de viață sănătos. Platforma abordează problemele persoanelor vârstnice în corelare cu activitatea fizică desfășurată. Sistemul va analiza parametri medicali ai persoanei supravegheate (pulsul, ritmul cardiac, etc) și le recomanda exerciții fizice adaptate profilului personal. Sistemul este format din două componente: (a) VSM (Vital Sign Monitoring): analiza parametrilor vitali folosind expertiza; (b) PAT (Physical Activity Trainer): recomandarea efectuării de exerciții fizice suplimentare. Aceste exerciții vor fi efectuate în mod interactiv, sub forma unui joc adaptiv, conceput pentru persoanele vârstnice, având la bază expertiza medicală (kinetoterapeut și medic).

**Rezumat Etapa 3/2016:** Scopul etapei 3/2016 – "Implementare componente" constă în definitivarea arhitecturii sistemului, realizarea de experimente cu dispozitivele ce urmează a fi integrate în sistem, rafinarea implementării componentelor platformei: VSM și PAT și testarea acestora în condiții de laborator și evaluarea bunăstării psihologice a utilizatorilor. Componenta VSM a fost implementată sub forma unei aplicații Web ce permite crearea unui cont utilizator, posibilitatea de completarea a informațiilor medicale și a celor oferind informații statistice legate de exercițiile fizice realizate. Completarea acestor informații se poate realiza automat (prin salvarea datelor prevenite de la senzori sau a informațiilor calculate în urma efectuării unor exerciții fizice) sau manual de către medic/asistentă sau utilizator. Pentru componenta PAT a fost extins setul de exerciții ce pot fi realizate și recunoscute de către utilizator. Totodată a fost realizată o primă versiune de adaptare a caracteristicilor exercițiilor fizice ce sunt impuse utilizatorului în vederea realizării acestora, adaptare ce va fi finalizată în etapa 4/2017. Obiectivele acestei etape au fost realizate în proporție de 100%.

## **1. Arhitectura sistemului**

Jocurile pe calculator pot fi în măsură să contribuie la întârzierea degradării cognitive - mecanismul de joc și dinamica jocului sunt în măsură să influențeze pozitiv comportamentul uman, deoarece acestea sunt concepute pentru a conduce jucătorii deasupra pragului de activare. În acest scop, aceste jocuri trebuie să fie adaptate persoanelor vârstnice atât din punctul de vedere al poveștii jocului cât și din cel al obiectivelor și al interfeței. Nivelul de intensitate al exercițiilor fizice recomandate se va genera și adapta în funcție de profilul utilizatorilor, pe baza informațiilor medicale (specificate pe baza expertizei medicale) și, de asemenea, pe baza comportamentului observat al utilizatorului. Platforma este compusă din două componente: *Vital Signs Monitoring (VSM)* și *Physical Activity Trainer (PAT)*. Structura generală a sistemului este prezentată Figura 1.

Componentele principale ale platformei Mobile@Old sunt:

*Vital Sign Monitoring (VSM)* - analizează parametri vitali folosind expertiza medicală. Frecvența cardiacă, pulsul, glicemia sau saturația de oxigen vor fi măsurate automat cu diferiți senzori, precum centura Bioharness Zephyr (Zephyr), glucometru, pulsoximetru, brațara Microsoft sau ceas inteligent (ceas Garmin). Totodată vor fi stocate datele necesare determinării modelului de mobilitate: număr de pași efectuați, număr de trepte urcate/coborâte, precum și distanța parcursă (model ce va fi finalizat în etapa 4 – 2017). Parametri vitali vor fi analizați în vederea generării de remindere, structurate în: informații despre medicația curentă (alarme pentru anunțarea momentului în care trebuie luată medicația curentă), respectiv remindere legate de activitatea zilnică (nivelul de mișcare).

*Physical Activity Trainer (PAT)* – realizează recomandarea efectuării de exerciții fizice suplimentare, în cazul detectării unui nivel scăzut al activității fizice. Exercițiile vor fi stabilite pe baza istoricului medical al persoanei supravegheate. Aceste exerciții fizice vor fi realizate prin joc, iar gradul de realizare va fi calculat pe baza acurateții mișcărilor realizate, ținând cont de parametri medicali și influența emoțiilor. Totodată nivelul jocului va fi adaptat în funcție de timpul de răspuns al utilizatorului.

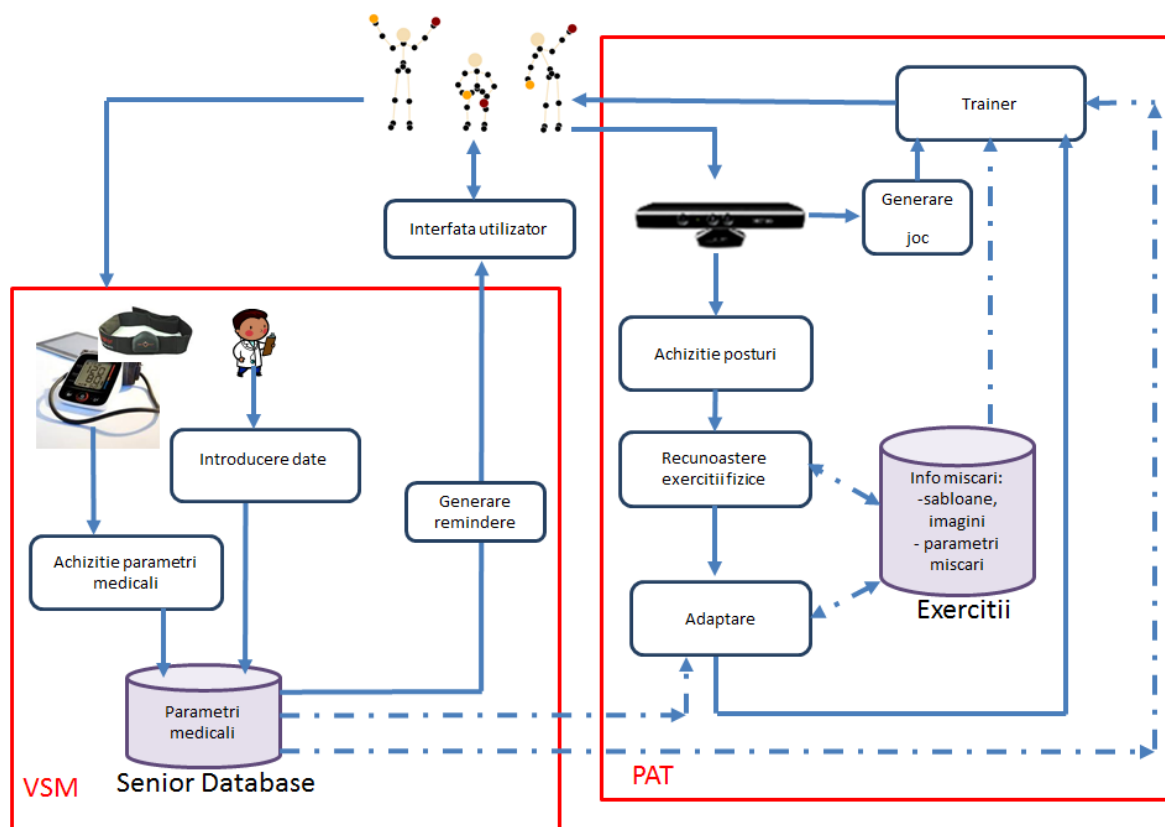


Figura 1. Arhitectura sistemului

Exercițiile fizice vor fi prezentate utilizatorilor sub forma unui joc în care va exista un avatar personal și un avatar al trainer-ului care-i va prezenta exercițiile utilizatorului.

Pentru implementarea componentei PAT a fost necesară identificarea principiilor de baza pentru practicarea kinetoterapiei în cazul persoanelor vârstnice ce trebuie respectate de echipa de cercetare. Acestea privesc cei doi piloni majori: *vârștnicii* și *kinetoterapeutul*. Sediințele de gimnastică sunt organizate în încăperi bine aerisite, luminoase, înaintea mesei sau cu două ore după masă.

*Principalele reguli pentru pacient* presupun: participarea activă la toate exercițiile. Frecvența antrenamentelor este de 3-4 ori/săptămână sau chiar zilnic. S-a optat pentru antrenamente periodice de 3-4/săptămână și doar pentru unii seniori la cele zilnice.

*Principalele reguli pentru kinetoterapeut:* (i) să informeze pacientul despre importanța kinetoterapiei, tipul de terapie aplicată, mijloacele și efectele sale, modul de evaluare și controlul periodic; (ii) să aibă un dialog permanent cu pacientul, calm, răbdare și empatie pentru o cooperare bună cu seniorul; (iii) să analizeze, să selecteze și să dozeze complexe de exerciții diferențiat, adaptându-le continuu situației și condiției clinice a bolnavului; (iv) să selecteze pozițiile cele mai stabile pentru vârstnic.

Caracteristicile principale pe care trebuie să le îndeplinească un astfel de sistem sunt descrise în lucrarea (Bodea, 2016). Acestea sunt: (i) ușor de utilizat; (ii) conceput special pentru vârstnici - ușor de învățat și ușor de utilizat. Sistemul trebuie să conțină opțiuni utile și care să-i ajute pe vârstnici: (i) Instrumente de monitorizare; (ii) Funcția memento; (iii) Evenimente de urgență; (iv) Monitorizarea semnelor vitale; (v) Recomandare terapiei; (vi) Tratament medicamentos. Totodată trebuie ținut cont de satisfacția utilizatorului, care trebuie să permită: (i) activitatea socială, (ii) Interacțiunea dintre utilizatori; (iii) Partajarea informațiilor, (iv) Interacțiunea cu platforma. În primul rând, ne-am dedicat cercetările noastre pentru vârstnici și nevoilor lor pentru a propune un model având în vedere tocmai nevoile vârstnicilor. În al doilea rând, pentru că ei sau persoanele care îngrijesc de ei (în cazul în care acestea nu pot) trebuie să fie în măsură să utilizeze aplicația / instrumentul / echipamentul. Pentru persoanele care nu au abilități bune cu telefoane sau gadget-uri, modelul nostru este ușor de utilizat și are principalele caracteristici care să acopere nevoile lor. Principalele nevoi identificate din chestionarele aplicate sunt: activități de monitorizare, activități de amintire a diferitelor sarcini; recomandarea diferitelor activități și altele. În al treilea rând, platforma Mobile@Old trebuie să îi ajute să se simtă fericiți, activi și utili.

Mulți autori subliniază beneficiile utilizării dispozitivelor mobile pentru persoanele vârstnice în viața de zi cu zi pentru activități, cum ar fi: (1) necesitatea administrării medicației pe termen lung cu mai multe tipuri de medicamente în același timp, (2) o atenție sporită este acordată stării de sănătate prin monitorizarea pulsului, tensiunii arteriale, oxigenului și nivelurile de zahăr și utilizarea acestor date pentru a planifica exercițiile fizice de rutină, (3) durata exercițiilor fizice zilnice / săptămânale. Astfel, sistemul va oferi următoarele funcționalități: memento, instrumente de stocare și monitorizarea a semnelor vitale, mesaje de amintire referitoare la

medicamentația ce trebuie luată sau exercițiile fizice ce trebuie realizate (ca urmare a identificării lipsei de activitate).

Cum majoritatea vârstnicilor suferă de numeroase afecțiuni, se impune o evaluare preliminară, realizată de unul (sau mai mulți medici specialiști). Aceștia introduc în modulul *Recommendation* datele legate de starea pacientului, bolile cronice, medicația necesară, conduita și modul de viață recomandat, precum și restricțiile necesare. În plus medicii stabilesc intervalul de timp pentru evaluarea periodică. Toate aceste date specifice fiecărui pacient sunt gestionate în baza de date *Senior Database*, considerente prezentate în lucrarea (Rusu et al, 2016). Datorită acestor constrângeri, PAT este proiectat în două variante funcționale:

- Joc interactiv*: ce permite utilizatorilor să execute activități fizice. Mișcările utilizatorului sunt captate și redate cu ajutorul senzorului Kinect. Jocul este realizat sub forma a două avataruri, unul pentru utilizator și altul pentru antrenor. După efectuarea exercițiilor utilizatorul primește răspuns referitor la gradul de corectitudine cu care a realizat exercițiile. Totodată trainer-ul își poate adapta viteza în funcție de viteza de execuție de către utilizator.
- Vizualizare exerciții*: utilizatorul nu dispune de senzorul Kinect. Acesta va putea accesa exercițiile recomandate de kineto-terapeut sub forma unor filme, urmând ca ulterior acesta să realizeze aceste exerciții. În acest caz utilizatorul nu va primi informații despre gradul de realizare al exercițiilor fizice.

Exercițiile sunt memorate pe baza recomandărilor kineto-terapeutului. Fiecare utilizator va fi înregistrat cu profilul personal care conține informații medicale și recomandări ale tipurilor de exerciții fizice, înregistrate în baza de date ce conține informații despre exerciții. Pentru fiecare exercițiu din *Exercise Database* sunt memorate: numele exercițiului, descrierea exercițiului, categoria exercițiului, nivel de dificultate, articulații relevante pentru exerciții, numărul de repetări, precum și un câte un film demonstrativ per exercițiu înregistrat în cele două variante corespunzătoare celor două forme de joc (cu sau fără senzorul Kinect).

Înainte de a începe realizarea exercițiilor, sistemul, printr-un mesaj vocal va cere utilizatorului să-si măsoare principalii parametri de sănătate (specifiți condiției sale). Aceștia sunt salvați în baza de date *Senior Database*, parametri care sunt comparați cu valorile maxime asociate de medic pe parcursul efectuării exercițiilor.

Rezultatele obținute de VSM și PAT sunt prezentate utilizatorilor (persoana supravegheată sau îngrijitorii formali/informali) prin intermediul unei interfețe în care opțiunile pot fi selectate prin intermediul gesturilor.

## 2. Achiziția de date în condiții de laborator pe modelele experimentale ale componentelor VSM, PAT

### Achiziția și interpretarea datelor în vederea extragerii informațiilor de mobilitate

Poziționarea la interior în vederea elaborării unor modele de mobilitate în etapa 4 a proiectului Mobile@Old se poate realiza prin utilizarea a mai multor tehnologii. În articolul (Cramariuc et al., 2016) s-a ales ca metodă de localizare la interior metoda de amprentare a semnalului receptat (fingerprinting the received signal strength - RSS) de la o rețea wireless (WLAN). Prin fingerprinting se înțelege că suprafața spațiului interior în care se dorește localizarea este mai întâi mapată (amprentată) prin măsurarea puterii semnalului de la rețeaua de WLAN și crearea unei baze de date care va fi folosită ulterior în momentul în care se dorește poziționarea unei persoane. Clusterizarea amprentelor reprezintă o etapă importantă de pre-procesare a datelor în vederea obținerii unui optim între precizie, eficiență și necesarul de date colectate anterior procesului propriu-zis de localizare. Clusterizarea datelor achiziționate a fost făcută prin utilizarea algoritmului K-means. Rezultatele obținute astfel au fost comparate cu rezultatele obținute folosind metoda tradițională de amprentare. Achiziția datelor a fost făcută manual folosind o tabletă. Procesul de colectare a început cu utilizatorul marcându-și poziția pe harta etajului, hartă afișată pe tabletă. Apoi, utilizatorul a străbătut întreaga suprafață a etajului deplasându-se în linii drepte de-a lungul camerelor și coridoarelor. La capătul fiecărei traiectorii drepte, utilizatorul și-a marcat din nou poziția pe harta afișată pe tabletă. Rata de achiziție a RSS a fost de trei amprente pe secundă. Achiziția a fost făcută în două clădiri universitare. Datele colectate au fost apoi împărțite într-un set de învățare și un set de testare. Clusterizarea amprentelor se poate face în două moduri distincte, folosind coordonatele 3D ale amprentelor sau folosind RSS. În Figura 2 sunt prezentate rezultatele clusterizării prin aceste două moduri.



Figura 2: (a) Clusterizarea bazată pe coordonate 3D folosind K-means; (b) Clusterizarea RSS bazată pe affinity propagation. Fiecare culoare reprezintă un cluster.

Se poate vedea că în ambele cazuri clusterurile se distribuie pe mai multe etaje ceea ce se explică prin faptul că înălțimea etajului este mai mică decât lungimea maximă pe orizontală.

Eroarea de poziționare la nivelul unui etaj precum și între etaje a depins de metoda folosită pentru clusterizare. În Tabelul 1 sunt prezentate erorile obținute cu diferitele metode. Cea mai bună precizie atât din punct de vedere al poziționării 2D cât și a identificării etajului a avut-o folosirea clusterizării 3D pe baza de K-means și utilizarea unei metrici PLGD propusă în [1]. În plus, rezultatele obținute demonstrează o îmbunătățire a timpului de poziționare indiferent de metoda folosită.

Figura 3 prezintă rezultatele obținute pentru evaluarea a șase metode diferite în vederea realizării clusterizării. Metodele evaluate sunt 1) LGD (Logarithmic Gaussian Distance); 2) PLGD (Penalized Logarithmic Gaussian Distance); 3) RSS clustering (affinity propagation) + LGD; 4) RSS clustering (affinity propagation) + PLGD; 5) 3D clustering (k-means) + LGD; 6) 3D clustering (k-means) + PLGD (proposed), descrise în (Cramariuc et al., 2016).

Un exemplu al estimării traiectoriei prin cladire este arată în Figura 4.

	1	2	3	4	5	6
eroare medie poziționare pe etaj (m)	4.0	3.8	4.1	4.0	3.8	3.6
eroare medie poziționare între etaje (%)	97	97	97	97	97	98

Figura 3: Evaluare metode de clusterizare

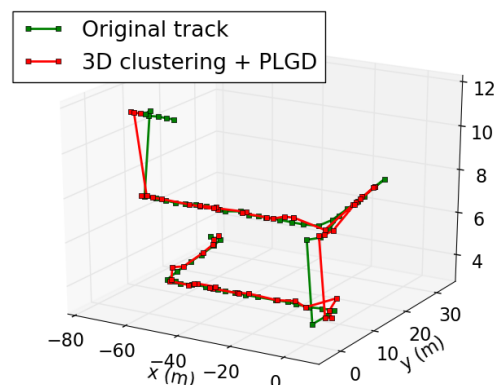


Figura 4. Traiectorie estimata versus traiectorie reala.

## Achiziția și interpretarea datelor în vederea localizării utilizatorului în interiorul casei în vederea extragerii informațiilor de mobilitate

O altă metodă a fost analizată în vederea identificării poziției în interiorul casei pentru elaborarea unor modele de mobilitate în etapa 4. Ideea principală a acestei metode constă în analiza imaginilor preluate din interiorul casei (imagini preluate cu ajutorul unui telefon mobil), plasat pe utilizator, imagini ce sunt analizate în vederea recunoașterii încăperii în care utilizatorul se află (bucătărie, dormitor, etc). Pentru a crește acuratețea identificării scenei din interior, analiza imaginilor pe baza caracteristicilor de nivel scăzut (de exemplu: culoare, formă sau textură) poate fi folosită împreună cu o ontologie probabilistică ce poate filtra din rezultatele "false positive" detectate de algoritmul de recunoaștere, metodă descrisă în lucrarea în evaluare (Scarlat et al., 2016). Această ontologie va modela relațiile spațiale dintre obiectele din interiorul casei.

Ontologia folosită conține ca entități obiectele și scenele, iar ca relații - relațiile stocastice dintre obiecte și între scene și obiecte. Fiecare entitate are o probabilitate a priori și fiecare relație este, de asemenea, descrisă cu probabilitatea ca acesta să fie adevărată într-o scenă. Relațiile între obiecte sunt descrise de un atribut numit "Interpretation" care ajută la distincția între relații pozitive și negative. Relațiile pozitive sunt cele pentru care obiectele sunt conectate semantic între ele, ceea ce înseamnă că acest lucru face mai probabil ca acestea să apară în aceeași scenă. Relațiile negative sunt opuse și înseamnă că cele două obiecte sunt mai puțin susceptibile de a fi găsite împreună într-o scenă.

Pentru filtrarea elementelor "false positive" obținute ca urmare a detectării obiectelor, abordarea actuală folosește obiectele găsite anterior în scenă și relațiile pe care le putem conecta la obiectul nou găsit. În cazul în care aceste relații sunt cele pozitive, acest lucru va spori încrederea de detectare a obiectului verificat, dar în cazul în care relațiile au o interpretare negativă, atunci acest lucru va diminua încrederea de detecție. În cazul în care încrederea de detectare a obiectului nou găsit a scăzut în mod considerabil după această actualizare, atunci acesta este considerat a fi un fals pozitiv și va fi eliminat din lista de obiecte găsite.

Obiectele candidat, care se află în relații pozitive cu obiecte găsite anterior, cu rată mare de detecție sunt mai potrivite pentru a fi căutate ulterior decât obiectele candidate, care se află în relații negative cu obiecte găsite anterior. De asemenea, acest raționament se aplică nu numai pentru obiectele căutate și găsite, dar, de asemenea, pentru obiectele căutate și neidentificate. Dacă un obiect nu a fost găsit după scanarea scenei curente, atunci obiectele candidat, care sunt într-o relație negativă cu el sunt mai potrivite pentru căutarea următoare decât cele care sunt într-o relație pozitivă cu acesta. Cu toate acestea, ponderea influenței obiectelor care nu a fost găsit în alegerea unui nou candidat este mai mică decât ponderea pentru obiectele găsite. Acest lucru este justificat de faptul că, chiar dacă un obiect nu este găsit într-o scenă, aceasta nu înseamnă neapărat că în contextul actual nu este potrivit pentru ea. De asemenea, acest raționament este util în cazul în care algoritmul este într-o stare atunci

când toate obiectele precedente căutate nu sunt găsite și ar trebui să se încerce căutarea de obiecte din diferite contexte față de cele în care deja s-a realizat căutarea, astfel încât șansele de a găsi un nou obiect să crească.

Pentru a recunoaște o scenă după ce au fost recunoscute o serie de obiecte, soluția propusă folosește informația semantică stocată sub forma relațiilor dintre scene și obiecte din interiorul ontologiei probabilistice. Relația "inScene" este descrisă de probabilitatea unui obiect de a fi într-o anumită scenă. La fiecare pas al algoritmului, setul de obiecte deja identificate în scenă este utilizat împreună cu relațiile dintre ele și întregul set de scene pentru a calcula valoarea unei fitness pentru fiecare scenă. Numărul de obiecte necesare pentru a recunoaște o scenă poate varia foarte mult în funcție de obiectele și modul în care acestea sunt corelate cu o anumită scenă. În unele cazuri, doar câteva obiecte pot fi suficiente pentru a cunoaște scena, atâta timp cât rata de detecție este destul de mare. De exemplu, în cazul în care s-a găsit un obiect aragaz și are o rată de detecție foarte mare atunci scena va fi etichetată ca bucătărie. De fiecare dată când un nou obiect este găsit, valoarea de fitness este calculată pentru fiecare scenă și în cazul în care scena cu cea mai mare valoare de fitness este mult peste medie, atunci procesul de recunoaștere a obiectului se termină.

Structura sistemului este descisă în Figura 5. Acesta primește ca intrare o imagine și oferă ca ieșire finală scena recunoscută împreună cu lista de obiecte găsite. De asemenea, sistemul utilizează ca date stocate atât un model de ontologie probabilistică care conține entități obiect și scene și relațiile dintre ele și un set de obiecte mapate pe entitățile obiect conținute de modelul ontologiei probabilistice. Componenta "Object Recognition Module" analizează imaginea primită la intrare și întoarce ca rezultat dreptunghiul înconjurător corespunzător unui obiect identificat și rata de încredere asociată. Componenta de inferență "Inference Module" reprezintă algoritmul principal de raționament care la fiecare iterație, trimite o cerere către "Object Recognition Module" în vederea identificării unui anumit obiect. Pe baza rezultatului obținut: obiect găsit/negăsit modulul de inferență utilizează ontologia probabilistică în vederea determinării obiectului care va fi utilizat la pasul următor cât și pentru a determina dacă o scenă poate fi recunoscută.

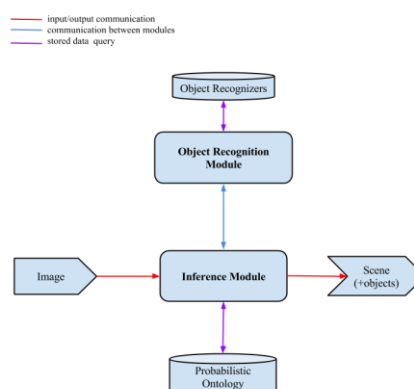


Figura 5. Arhitectura sistemului de localizare

## Achiziția și interpretarea parametrilor de sănătate

### Utilizarea dispozitivelor de monitorizare a sănătății

Monitorizarea stării de sănătate la domiciliu include următorii parametri de sănătate: greutate, tensiune arterială, niveluri de glucoză și niveluri de oxigen. Pentru ca utilizatorii vârstnici să realizeze măsurătorile, sunt necesari senzori și dispozitive. În cadrul proiectului Mobile@Old am utilizat următoarele dispozitive:

- Cântar: Producător A&D Medical; Model UC-351PBT-Ci.
- Monitorizare tensiune + glucometru: Producător Foracare; Model: D40b. Adițional, sunt necesare benzi pentru glucometru și ace.
- Oximetru: Producător Nonin; Model: Onyx II 9560.
- Senzori Zefir: BioHarness 3; Model BH3 și BioPatch; Model BH3-M1

Toți senzorii și dispozitivele menționate mai sus sunt dotate cu Bluetooth pentru transferul de date către un colector de tip tabletă sau smartphone. Este de asemenea necesar ca dispozitivele să fie folosite în aria de acoperire a colectorului, astfel ca dispozitivele să se conecteze la colector pe durata măsurătorilor.

### Protocolul pentru măsurarea greutății

Protocolul de față trebuie să fie implementat de către vârstnici și de către îngrijitori când se măsoară și înregistrează greutatea. Dispozitivul trebuie mai întâi să fie conectat cu colectorul prin Bluetooth. Aceasta va permite transmiterea de date și stocarea și analiza lor. Se recomandă ca conectarea dispozitivului să fie realizată de către personal specializat. Pentru a conecta dispozitivul, trebuie urmați următorii pași: (1) Scoateți cele 4 baterii AA din cântar; (2) Descărcați complet cântarul prin încercarea de a realiza o cântărire. Apăsăți butonul "Masuratoare", atingeți comutatorul pentru degetul de la picior, sau atingeți suprafața dispozitivului, după cum este indicat. Nota: măsurătoarea nu se va realiza și ecranul LCD va rămâne gol; (3) Introduceți cele 4 baterii AA înapoi în dispozitiv; (4) Activați o sesiune de căutare și interogare Bluetooth. Dispozitivul va fi disponibil pentru identificare pe o durată de 60 de secunde, după introducerea bateriilor. Dacă colectorul nu se conectează la dispozitiv, repetați pașii de la 1 la 3. Odată ce dispozitivul a fost descoperit, introduceți codul PIN "123456" ca parola, pentru a încheia procesul de conectare.

Pentru a realiza cântărirea propriu-zisă, cântarul trebuie poziționat pe o suprafață dreaptă și solidă, cum ar fi gresie, podea de lemn sau parchet laminat. Dacă trebuie să utilizați cântarul pe covor, atunci este necesar să se atașeze învelișul de plastic pentru picioare. Utilizarea cântarului cu învelișul de plastic pentru picioare, pe covor crește riscul de cădere și nu este recomandat. Vârstnicul trebuie să efectueze următorii pași pentru a realiza cântărirea: (1) Măsurăți-vă întotdeauna greutatea purtând același tip de haine sau complet dezbrăcat, de preferință. Incercați să vă cântăriți în același moment din zi, de preferință după prima masă a zilei; (2) Reglați comutatorul lateral pe poziția corectă. Exemplu: reglați comutatorul lateral pe poziția [WEIGHT B]; (3) Apăsăți ușor comutatorul de măsurare. Toate segmentele de afișaj sunt active pentru câteva secunde; (4) Așteptați până când este afișat simbolul **o** în colțul stâng al afișajului. Așteptați până se afișează "0.0 kg /0.0 lb" și simbolul Ready/Complete. Nota: Dacă se afișează "0.0 kg /0.0 lb" și simbolul Ready/Complete pentru 45 de secunde, cântarul se va opri automat; (5) Urcați-vă ușor pe cântar și rămâneți nemișcat pe durata măsurătorii. Veți vedea că afișajul se schimbă în liniuțe. Rămâneți nemișcat cât puteți de mult. Greutatea dumneavoastră este afișată după afișarea simbolului; (6) După aproximativ 15 secunde, cântarul se va opri automat; (7) Dați-vă jos de pe cântar.

Rezultatele măsurătorilor vor fi automat transmise către colectorul conectat, la fiecare măsurătoare. În cazul unei transmisii eșuate, dispozitivul stochează în memorie ultimele 25 de măsurători. Dispozitivul trimite datele la următoarea conexiune reușită și eliberează memoria.

### **Protocolul pentru măsurarea tensiunii arteriale**

Măsurarea tensiunii arteriale se face ne-invaziv, la mână, folosind metoda oscilometrică. Dispozitivul Foracare nu poate măsura tensiunea dacă persoana suferă de aritmie – bătăi arteriale sau ventriculare, fibrilații arteriale. Dispozitivul poate citi în mod eronat.

Înainte de utilizarea pentru prima dată a dispozitivului, acesta trebuie să fie inițializat și conectat la colector. Reglarea inițială a dispozitivului presupune fixarea datei, a orei și a formatului preferat pentru ora, a volumului difuzorului, și, opțional, ștergerea datelor stocate anterior în memorie. Adicional, se pot stabili utilizatorii dispozitivului. Se pot defini până la 4 utilizatori, iar rezultatele pentru fiecare dintre ei vor fi stocate separate, sub numărul fiecăruia. Dispozitivul Foracare dispune și de instrucțiuni audio, potrivite mai ales pentru utilizatorii vârstnici. Când monitorul este pornit, pentru a începe o măsurătoare a tensiunii, se aude mesajul: "Multumim ca ai ales acest produs. Numărul utilizatorului este 1, selectează numărul utilizatorului. Numărul utilizatorului este (număr), relaxează-te pe durata măsurătorii."

Înainte de măsurători: (1) De evitat cafea, ceai, alcool și tutun, cu cel puțin 30 de minute înainte de măsurătoare; (2) Să se aștepte 30 de minute după exerciții fizice sau baie înainte de măsurătoare; (3) Să se stea jos sau întins cel puțin 10 minute înainte de măsurătoare; (4) Să nu se măsoare dacă utilizatorul se simte agitat sau încordat; (5) Să se ia o pauză de 5-10 minute între măsurători. Această pauză poate fi mai lungă, în funcție de condițiile fizice; (5) Tensiunea variază de la un braț la celălalt. Să se măsoare de fiecare dată tensiunea la același braț.

Poziționare corectă pentru măsurătoare și poziționarea manșetei: (1) Stați jos sau întins cel puțin 10 minute înainte de măsurătoare; (2) Puneți cotul pe o suprafață plană. Relaxați-vă mâna cu palma în sus. Unghiul la cot ar trebui să fie aproximativ 90 de grade; (3) Asigurați-vă că manșeta este aproximativ la aceeași înălțime ca și inimă. Rămâneți calm și nu vorbiți/nu vă mișcați în timpul măsurătorii. Aplicați întotdeauna manșeta înainte de a porni monitorul; (4) Selectați utilizatorul; (5) Monitorul vă oferă două moduri de măsurare a tensiunii. Selectați din următoarele opțiuni: a) Măsurătoare unică, ce realizează o măsurătoare de tensiune individuală; b) Măsurătoare medie, care realizează automat trei măsurători consecutive și afișează valoarea finală medie; (6) Apăsăți butonul de măsurare (**S**). După pornirea monitorului, manșeta va începe să se umfle automat. Simbolul inimii va palpa când se detectează pulsul pe durata umflării; (7) După măsurare, monitorul afișează tensiunea sistolică, diastolică și pulsul; (8) Utilizatorul poate opri dispozitivul sau acesta se va opri automat dacă este inactiv pentru 3 minute.

Hipertensiunea sistolică izolată ar trebui să fie gradată (hipertensiune 1, 2, 3) conform valorilor tensiunii sistolice în domeniile indicate, dacă valorile diastolice sunt < 90mmHg.

### **Protocolul pentru măsurarea glucozei**

Glucometrul este integrat în același dispozitiv ca și cel pentru măsurarea tensiunii. Astfel, reglarea inițială a dispozitivului se analog cu protocolul inițial al măsurării tensiunii. Glucometrul măsoară cantitatea de zahăr (glucoza) în sânge. Testarea glucozei se face prin măsurarea curentului electric generat de reacția dintre glucoză cu reactantul de pe bandă. Intensitatea curentului produs de reacție depinde de cantitatea de glucoză în proba de sânge. Foracare D40 afișează instrucțiuni pas cu pas, care ghidează utilizatorul pe parcursul măsurării. Monitorul oferă 4 moduri pentru măsurarea glucozei, iar utilizatorul poate comuta între ele: (i) General: se poate folosi la orice moment al zilei, indiferent de cât timp a trecut de la ultima masă; (ii) AC: nu s-au consumat alimente de cel puțin 8 ore; (iii) PC: 2 ore după masă; (iv) QC: test cu soluția de control.

Procedura de măsurare pentru sânge: (1) Începeți cu monitorul oprit. Introduceți o bandă de test pentru a porni monitorul. Așteptați să se afișeze banda de test și simbolul picatura de sânge; (2) Apăsăți **M** pentru a comuta între modurile General, AC, PC și QC; (3) Spălați-vă și ștergeți-vă pe mâini înainte de a începe. Alegeți locul inciziei pe varfurile degetelor sau în alte părți ale corpului; (4) Curățați locul de incizie folosind vată imbibată în alcool 70% și lăsați să se usuce la aer; (5) Frecați locul inciziei pentru 20 de secunde înaintea penetrării; (6) Apăsăți ferm varful lancetei spre partea de jos a varfului degetului. Apăsăți butonul pentru a întepa, apoi un sunet va indica ca incizia

este realizată; (7) După penetrare, ștergeți picătura de sânge cu un șervețel curat sau cu vată. Strângeți ușor zona incizată pentru a obține o nouă picatură de sânge. Atenție SA NU CONTAMINATI picătura de sânge. Volumul probei trebuie să fie cel puțin 0.5 microlitru ( $\mu\text{L}$ ); (8) Selectați numărul utilizatorului; (9) Aplicați proba: țineți picătura de sânge astfel încât să atingă orificiul absorbant al benzii de test. Sângele va fi absorbit și, după ce fereastra de confirmare este complet plină, monitorul începe să numere înapoi. Dacă nu se aplică o picatură nouă în următoarele 3 minute, monitorul se va închide automat. Banda trebuie să fie scoasă și reintrodusă pentru a realiza o nouă măsurătoare; (10) NOTA: Fereastra de confirmare trebuie să fie plină cu sânge înainte ca monitorul să înceapă să numere înapoi. NICIODATA să nu încercați să mai adăugați sânge pe banda de test după ce picătura s-a deplasat. Aruncați banda de test folosită și retestați, cu una nouă; (11) Rezultatul măsurării glicemiei va apărea după ce monitorul numără înapoi până la 0. Rezultatul va fi memorat automat și trimis spre colector; (12) Scoateți banda de test folosită și scoateți lanceta. Pentru a scoate banda de test, orientați banda spre un container pentru obiecte ascuțite. Monitorul se va opri automat după ce banda de test este scoasă.

Dacă glicemia este mai scăzută sau mai ridicată decât de obicei, și nu există alte simptome, repetați testul. Pot de asemenea să existe variații în rezultate deoarece nivelul zahărului în sânge se poate modifica semnificativ la intervale scurte de timp, în special dacă utilizatorul tocmai a mâncat, a luat medicamente sau a făcut exerciții fizice. Mai mult, dacă utilizatorul a luat masa recent, nivelul glicemiei măsurate la deget poate fi cu până la 70 mg/dL (3.9 mmol/L) mai mare decât cel măsurat din sânge luat din venă, folosit pentru teste de laborator. Astfel, este mai bine să nu se consume nimic cu 8 ore înainte de a face teste comparative. Factori ca numărul de globule roșii din sânge sau pierderea de lichide (deshidratare) pot de asemenea să producă rezultate diferite față de cele ale unui test de laborator. Cu toate acestea, dacă un utilizator prezintă simptome care nu justifică nivelul glicemiei și el/ea a urmat toate instrucțiunile descrise în manualul de utilizare, atunci trebuie alertată o persoană cu pregătire de specialitate.

### **Protocol pentru măsurarea oxigenării sângelui**

Pulsoximetria este o metodă neinvazivă pentru monitorizarea saturației oxigenului în sânge. Se consideră a fi un indicator neinvaziv, nedureros, general al livrării oxigenului spre țesuturile periferice (degete, lobul urechii, sau nas). Este utilă în diferite afecțiuni, cum ar fi: astm, atac de cord, insuficiență cardiacă, boala pulmonară cronică, anemie, cancer pulmonar, și apnee.

Utilizarea pulsoximetriei în cazul inhalării de fum sau de monoxid de carbon nu este utilă deoarece oximetrul nu poate detecta între saturație cu oxigen normală în hemoglobina și saturație cu carboxihemoglobină. Care apare la inhalarea fumului sau a dioxidului de carbon. În plus, alți factori sau condiții pot afecta rezultatul testului. Aceștia includ, dar nu se limitează la: (1) Flux de sânge scăzut spre vasele periferice; (2) Lumina bate direct spre sonda de oximetrie; (3) Deplasarea zonei la care sonda este atașată; (3) Anemie severă (număr de globule roșii scăzut); (4) Răceală sau fierbinteală excesivă a zonei pe care este atașată sonda; (5) Transpirație excesivă a zonei pe care este atașată sonda; (6) Injectarea recentă a lichidului de contrast; (7) Fumat; (8) În unele situații, dispozitivul va interpreta mișcarea ca valoare potrivită a pulsului. Să se reducă mișcarea pacientului, pe cât posibil.

Toate condițiile de mai sus trebuie să fie luate în calcul atunci când se evaluează rezultatele testelor pentru subiecții testelor în teren. Reglarea inițială a oximetrului trebuie să fie realizată de către o persoană cu pregătire în domeniu. Se vor urma pașii următori: (1) Conectarea dispozitivului cu colectorul. Se utilizează dispozitivul în aria specificată (aproximativ 100 metri, rază sferică, line of sight). Deplasare în afara acestei zone poate cauza pierderea și/sau citirea imprecisă a datelor; (2) În cazul interferențelor cu dispozitive radio sau TV, se vor aplica următoarele măsuri: a) Reorientarea sau repositionarea antenei receptoare; b) Creșterea distanței dintre echipament și receptor; c) Conectarea echipamentului la o priză ce funcționează pe alta fază decât priză la care este conectat receptorul; (3) Activarea dispozitivului prin introducerea degetului pacientului în dispozitiv. Dispozitivul detectează degetul și luminează afisajul, în mod automat. Pentru măsurători corecte, este necesar ca degetul să fie poziționat corect.

Pasi de urmat pentru achiziția de date: (1) Asigurați-vă că utilizatorul se află în raza de acoperire a colectorului (100 m); (2) Introduceți degetul, cu unghia în sus, în dispozitiv, până când varful degetului atinge pragul integrat; (3) Asigurați-vă că degetul stă drept (nu într-o parte) și este centrat în raport cu dispozitivul. Pentru rezultate optime, țineți dispozitivul la nivelul inimii sau al pieptului; (4) Dacă dispozitivul nu porneste, scoateți degetul și așteptați câteva secunde până să îl introduceți din nou; (5) Când se introduce un deget, dispozitivul realizează o scurtă secvență de inițializare. Verificați ca toate LED-urile să se aprindă pe durata secvenței de inițializare. Dacă unul din LED-uri nu se aprinde, nu folosiți Model 9560; contactați Nonin Technical Service pentru depanări și înlocuirea produsului. După secvența de inițializare, dispozitivul începe să detecteze pulsul (indicat prin luminare intermitentă a indicatorului de calitate a pulsului). Lăsați dispozitivul să se stabilizeze și observați timp de 4 secunde iluminarea verde a indicatorului calității pulsului înainte de a baza pe rezultatele afisate. OBSERVAȚIE: Este normal ca valorile afisate să varieze pe o durată de câteva secunde. Dacă indicatorul luminează galben sau roșu, încercați cu un alt deget; (6) Scoateți degetul. Semnul minus (-) apare în partea din stânga sus a afisajului pentru %SpO<sub>2</sub> când dispozitivul detectează ca degetul a fost scos. Ultima valoare măsurată pentru SpO<sub>2</sub> și puls sunt afisate pentru 10 secunde, timp în care dispozitivul se oprește automat; (7) Dispozitivul se oprește automat (pentru conservarea duratei de viață a bateriei) la aproximativ 10 secunde după scoaterea degetului, sau după 2 minute de semnal de puls inadecvat.

Afisajul dispozitivului se va închide după 30 de secunde dacă nu măsura nimic sau măsura neadecvat.

### Achizitia de date in conditii de laborator

Testele s-au desfășurat cu 8 utilizatori vârstnici prin deplasarea la domiciliul acestora sau invitarea lor la sediul nostru. S-a urmărit ca utilizatorii să aparțină următoarelor categorii de vârstă: 80+, 70-80, 65-70. Au fost 4 utilizatori primari din categoria 80+, 2 din categoria 70-80 și 2 din categoria 65-70. Toți utilizatorii sunt independenți și au grijă de ei înșiși, cu ajutor ocazional de la persoanele care îi îngrijesc informal. Toți utilizatorii folosesc un telefon mobil, dar numai 4 utilizatori folosesc un smartphone. Unul dintre utilizatorii 80+ a menționat că nu utilizează telefonul mobil în mod regulat, numai atunci când pleacă de acasă. Procentul utilizatorilor care folosesc un computer a fost același ca și cel pentru utilizarea smartphone-ului, dar nu a existat nicio corelație între cele două grupuri.

Având în vedere că toți utilizatorii au fost  $\geq 65$  de ani și că 57% dintre utilizatori au fost peste 80 ani, nu este de mirare că aceștia suferă de diferite afecțiuni cronice. Hipertensiunea arterială este prezentă la toți, mai puțin unul, și diabet la 57%. Alte aspecte includ probleme precum hipotiroidism și colesterol ridicat. Dispozitivele folosite cel mai des în viața de zi cu zi sunt tensiometrul (6 utilizatori), glucometrul (4 utilizatori), oximetru (1 utilizator), cântar (2 utilizatori).

Înainte de a testa, s-a făcut o scurtă prezentare a proiectului și obiectivelor acestuia. În plus, s-au testat toate dispozitivele de monitorizare a sănătății (tensiometru, oximetru, glucometru, cântar și termometru) că sunt funcționale și transmit date prin Bluetooth. Au fost folosiți senzorii: glucometru, oximetru, tensiometru, cântar (Figura 6).



Figura 6. Dispozitivele utilizate pentru măsurarea parametrilor de sănătate.

### Implementarea testelor

La începutul testelor, după prezentarea platformei, utilizatorii au fost informați cu privire la confidențialitatea datelor lor și li s-a cerut să semneze acceptarea lor de a participa la testare și de a li se utiliza datele anonim pentru rapoartele proiectului și pentru evaluare. Ulterior, și înainte de a se realiza măsurătorile individuale, persoanele au pus câteva întrebări și au discutat ideea generală a proiectului. În cadrul discuțiilor a devenit clar că utilizatorii din categoria de vârstă 80+ sunt mai puțin familiarizați cu calculatoarele, internetul sau serviciile web. Alte aspecte care au apărut în discuție au fost costurile unui astfel de serviciu și costul dispozitivelor. Cei mai mulți utilizatori au apreciat dispozitivele ca fiind scumpe, mai ales cântarul (cca 100 euro), oximetru (220 euro). După discuția preliminară liberă, utilizatorilor li s-a explicat cum să lucreze cu dispozitivele. Operarea dispozitivelor nu a părut greu de înțeles și de stăpânit. Au fost efectuate mai mult măsurători de către fiecare utilizator și apoi li s-a aratat cum să verifice măsurătorile lor prin intermediul interfeței. Răspunsurile la chestionar a celor 8 utilizatori sunt prezentate în **Anexa A**.

## 3. Implementarea componentei VSM

Componenta VSM este realizată sub forma unui sistem informatic inteligent și colaborativ format dintr-o componentă web care interacționează cu un nucleu mobil multi-platformă pentru susținerea activităților în crearea și monitorizarea proceselor de urmărire a persoanelor vârstnice, atât prin prisma medicației cât și a analizelor efectuate, platforma oferind posibilitate de reconfigurare dinamică în funcție de rezultatele analizelor și a indicilor/parametrilor stării de sănătate introduși de vârstnic.

Modelul experimental este realizat sub forma unei platforme software constituită din două sub-componente interactive:

- Sub-componenta Web care realizează gestiunea bazelor de date privind structurile de control a planului de tratament și de exerciții fizice a vârstnicilor, cât și setarea unor constante personalizabile, denumită platforma *M@O*;
- Sub-componenta mobilă multi-platformă care reprezintă programul de reminder, respectiv monitorizarea stării de sănătate a vârstnicului, denumită *MR@Old*.

*Sub-componenta M@O* este o aplicație de tip web ce funcționează în regim multiuser, dezvoltată cu ajutorul unor tehnici de programare de tip open source și accesibilă prin intermediul browserelor de navigare pe internet: Internet Explorer, Google Chrome. Aceasta controlează următoarele activități:



- accesul utilizatorilor, funcție de rolul pe care pot să îl ocupe;
- gestiunea datelor pentru persoanele vârstnice: date personale, plan tratament, exerciții kinetoterapeutice, istoric al analizelor;
- întreținerea platformei Mobile@Old,
- gestiunea exercițiilor kinetoterapeutice: adăugare exercițiu, descriere, tip de persoană sau disfuncționalități pe care le adresează, tipuri de tratament;
- gestiunea planurilor de tratament: medic care a propus planul de tratament, persoane subordonate (asistenta, kinetoterapeut, îngrijitor), vizualizarea analizelor, a istoricului analizelor, a alertelor aferente fiecărui vârstnic și a nivelelor indicilor care îi declanșează.

Sub-componenta M@O conține următoarele module:

1. *Modulul de acces* - permite accesul diverselor categorii de utilizatori la activitățile pe care le au de realizat/supervizat;

2. *Modulul de creare/validare cont utilizator* - permite creerea unui cont aferent vârstnicului respectiv validarea acestora de către administratorul platformei M@O;

3. *Modulul de întreținere a platformei M@O* - permite introducerea/modificarea/ștergerea structurilor de date fixe ale bazei de date;

4. *Modulul de administrarea a unui vârstnic* - permite vârstnicului sau îngrijitorului să introducă/actualizeze datele specifice analizelor și indicilor urmăriți, vizualizeze planul de tratament, să vizualizeze și să urmărească exercițiile recomandate de kinetoterapeut;

5. *Modul de administrare a planului de tratament*, care permite medicului sau medicilor responsabili de un vârstnic să stabilească planul de tratament, să asigneze persoane responsabile de vârstnicul în cauză, să urmărească un istoric al analizelor și al medicamentelor luate;

6. *Modulul de vizualizare rețea M@O*: permite vizualizarea datelor privind medicii și vârstnicii cat și relațiile dintre acestia, sortate pe scheme de tratament în vigoare sau încheiate. Tehnologiile utilizate în realizarea modulelor de tip open source care compun aplicația M@O sunt: Apache; MySql; HTML; PHP, JavaScript și AJAX.

Sub-componenta MR@Old este o aplicație de tip mobil multi-platforma care controlează procesul de remindere a intervalelor de luare a tratamentului și monitorizare a parametrilor pacientului. Tehnologiile utilizate în realizarea pachetelor software care compun aplicația MR@Old sunt: HTML5, CSS3, Java.

Interfața platformei M@O este accesibilă printr-un browser rulând fie pe un calculator fix, fie pe un dispozitiv mobil de genul tabletă sau smartphone. Meniul Principal (**Figura 7**) permite navigarea spre diferitele module sau funcționalități ale sistemului grupate în două categorii: meniul de sănătate și meniul de informații.



Figura 7. Meniul Principal.

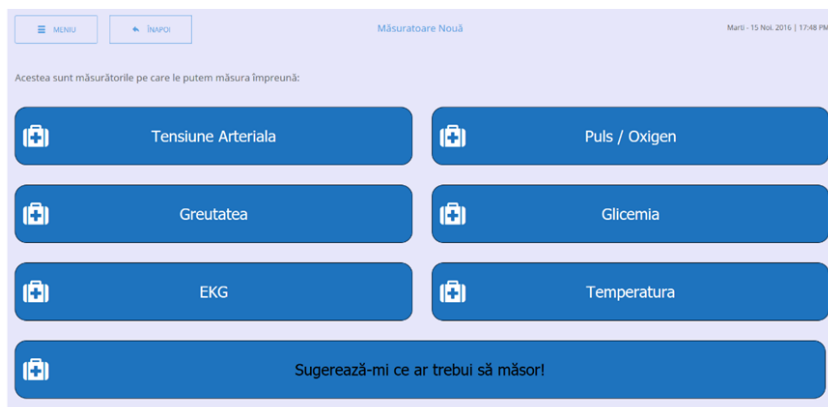
Meniul "Informații" permite editarea și afișarea profilului utilizatorului. Meniul "Sănătate" permite utilizatorului de a naviga la una din cele trei opțiuni (**Figura 8**):



Figura 8. Meniul Sanatate.

- *Măsurătoare nouă*, în cazul în care utilizatorul dorește să își măsoare un nou parametru de sănătate prin utilizarea unuia din dispozitivele intergrate în modulul VSM,
- *Exerciții*, în cazul în care utilizatorul dorește să efectueze un exercițiu fizic supervizat de către modulul PAT,
- *Istoric*, în cazul în care utilizatorul dorește să își vizualizeze propriul său istoric de măsurători de sănătate.

Pagina "*Istoricul Sanatati*" afișează propriul istoric de măsurători pentru fiecare utilizator în parte, măsurătorile fiind grupate pe categorii (Tensiune Arteriala, Puls / Oxigen, Greutatea, Glicemia, EKG). Utilizatorul are opțiunea a alege modul de vizualizare a informațiilor: Listă, Grafică, Valoare unică, etc. Pagina "*Masuratoare Noua*" permite utilizatorului de a naviga către pagina care permite măsurarea parametrilor de sănătate: Tensiune Arteriala, Puls / Oxigen, Greutatea, Glicemia, EKG. Utilizatorul poate solicita sistemului să îi sugereze ce trebuie să măsoare în funcție de istoricul acestuia și profilului înregistrat în platforma Mobile@Old (**Figura** ).



**Figura 9. Masuratoare noua.**

Pagina "*Sugestii*" va afișa utilizatorului măsurătorile sugerate de către platforma Mobile@Old pe baza istoricului și profilului acestuia (**Figura** ). Butoanele colorate albastru sunt cele active care corespund măsurătorilor sugerate.



**Figura 10. Meniul de sugerare din partea platformei Mobile@Old a unei masuratori a parametrilor de sanatate.**

Pagina "*Tensiune Arteriala*" afișează informații despre cum se procedează pentru a măsura tensiunea arterială indicându-i utilizatorului pașii pe care trebuie să îi urmeze pentru a efectua măsurătoarea (**Figura 11**).

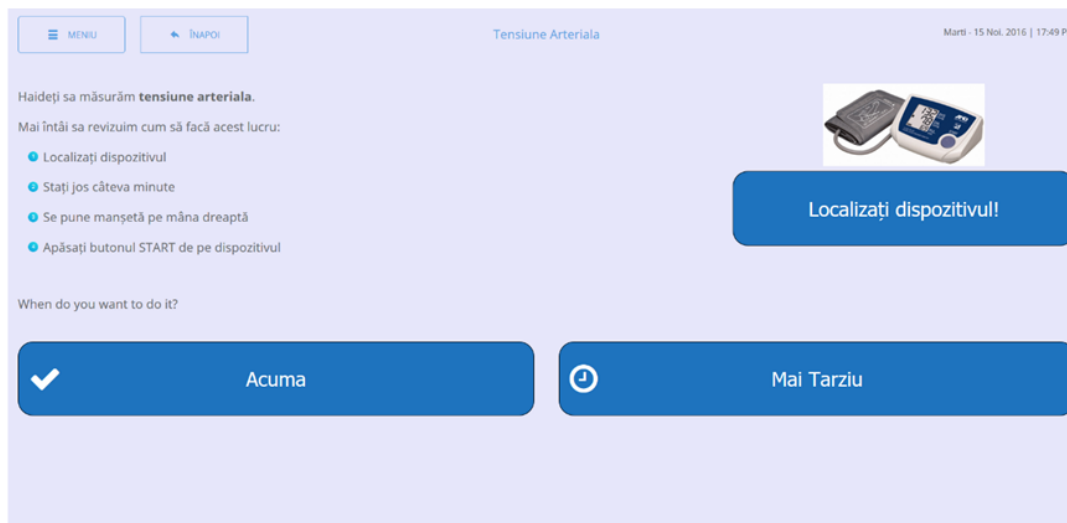


Figura 11. Pagina de măsurare a tensiunii arteriale.

În urma efectuării măsurătorii interfața afișează imaginea din **Figura** . În momentul achiziționării valorii măsurate în platforma Mobile@Old utilizatorul va fi redirecționat automat către pagina de rezultate.

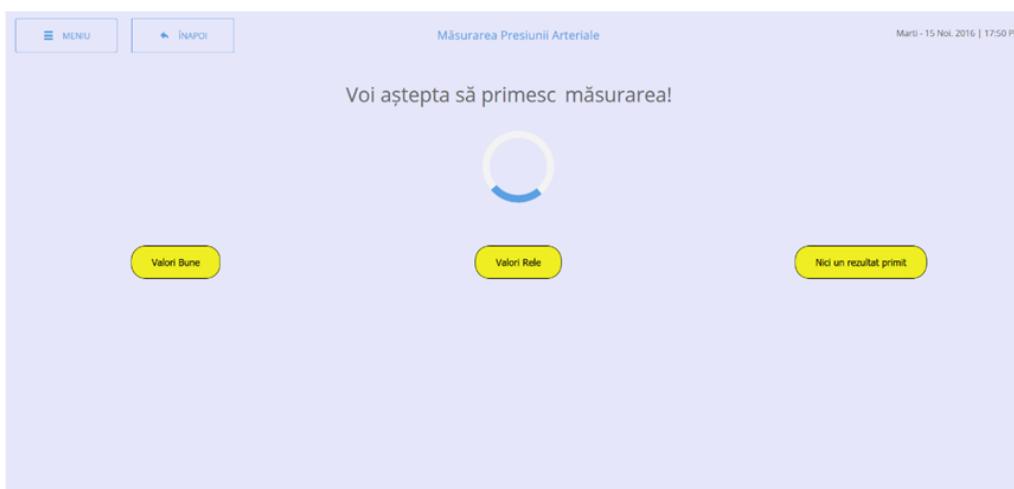


Figura 12. Pagina prezentată utilizatorului în timpul achiziționării datelor de sănătate.

În cazul în care valorile măsurate sunt în afara intervalului normal, acestea apar marcate în roșu. În cazul unor valori normale, acestea apar gri. În același timp, sistemul afișează mesaje de apreciere precum „*Totul arata OK*” sau îl îndeamnă pe utilizator să repete măsurătoarea „*Nu va îngrijorati, mai masurati odata*” (**Figura 13**).

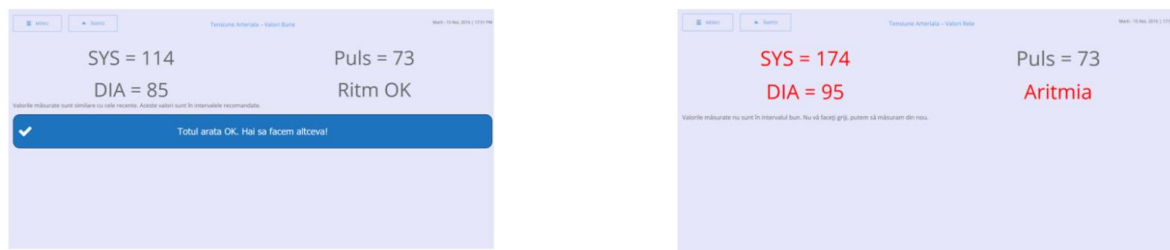


Figura 13. Valori normale (stânga) și valori în afara intervalului recomandat (dreapta).

pagina „Exerciții” afișează utilizatorului o listă cu exercițiile fizice pe care le poate executa cu ajutorul platformei Mobile@Old și oferă posibilitatea de a naviga către fiecare din acestea (**Figura 14**). Fiecare din paginile unui exercițiu va afișa metoda de preparare pentru acest exercițiu, va monitoriza utilizatorul în timp ce execută exercițiul și va afișa la finalul exercițiului scorul obținut și potențiale recomandări.



Figura 14. Meniul pentru selectarea unui exercițiu fizic.

## Descrierea sub-componenei M@O

Aceasta sub-componenta este formata din modulul de acces și modulul de creare/validare utilizator.

**Modulul de acces** reprezintă pagina principala a platformei. Cu ajutorul acestui modul sunt controlate nivelele de acces în cadrul aplicației, fiecare utilizator având asociate anumite drepturi stabilite pe scară ierarhică de utilizatorii cu nivel imediat următor. Modulul de acces reprezintă totodată și pagina implicită care se va deschide la accesarea aplicației web care gestionează platforma ul M@O. Prin modulul de acces se realizează următoarele operații: (i) accesul în cadrul aplicației pe bază de nume utilizator și parolă; (ii) vizualizarea rețelei medic-pacient; (iii) adaugarea unui utilizator nou impreuna cu datele aferente. Pagina web aferentă acestui modul (prezentata în Figura 15) este împărțită în 5 secțiuni, fiind formată din următoarele părți componente:

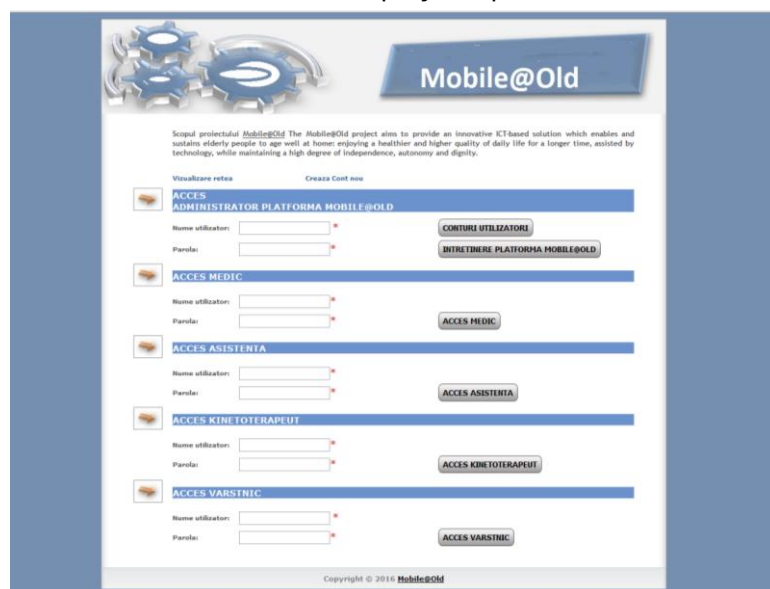


Figura 15 – Pagina aferentă modulului de acces în platforma M@O, index.php

1. în partea de sus se regăesc cele două *linkuri* aferente vizualizării rețelei medic-pacient și adăugării unui nou utilizator.
2. secțiunea de administrare a platformei Mobile@Old care cuprinde două controale de tip *TextBox*-uri obligatorii de completat în care se tasteaza numele de utilizator și parola și două controale de tip *Button* prin care se realizeaza validarea conturilor utilizator create și întreținerea platformei M@O.
3. secțiunea aferentă unui responsabil plan tratament, respectiv medic care cuprinde două controale de tip *TextBox*-uri obligatorii de completat în care se tasteaza numele de utilizator și parola și un control de tip *Button* prin care se realizeaza intrarea în secțiunea de administrarea a unui plan de tratament.
4. secțiunea aferentă asistentei care cuprinde două controale de tip *TextBox*-uri obligatorii de completat în care se tasteaza numele de utilizator și parola și un control de tip *Button* prin care se realizeaza intrarea în secțiunea de administrarea a unui tratament.
5. secțiunea aferentă kinetoterapeutului care cuprinde două controale de tip *TextBox*-uri obligatorii de completat în care se tasteaza numele de utilizator și parola și un control de tip *Button* prin care se realizeaza intrarea în secțiunea de administrare a unui plan kinetoterapeutic, în secțiunea de adăugare a unui nou exercițiu cu descrierea și componentele necesare.

6. secțiunea aferentă vârstnicului care cuprinde două controale de tip *TextBox*-uri obligatorii de completat în care se tastează numele de utilizator și parola și un control de tip *Button* prin care se realizează intrarea în secțiunea de administrarea a vârstnicului (date personale, plan de tratament, exerciții kinetoterapeutice, persoane de contact, analize și istoric analize, declanșatori pentru alerte).

În cazul linkului „Vizualizare rețea” la apariția evenimentului *OnClick*, se oferă posibilitatea vizualizării întregii rețele medic – pacient rezidentă în cadrul platformei M@O, ordonată pe medici, specializări sau vârstnici. Linkul „Cont nou” oferă posibilitatea de a crea un nou cont ales dintr-o listă derulantă, respectiv: medic, asistenta, kinetoterapeut, îngrijitor, vârstnic (Figura 16).

În cazul în care nu s-a ales un anumit tip de cont ce va fi creat utilizatorul nu va fi lăsat să treacă la pasul următor din aplicație. În cazul linkului „Cont nou medic” la apariția evenimentului *OnClick* se oferă posibilitatea de creare a unui nou cont de medic, cont care cuprinde informațiile aferente medicului și care trebuie validat de administrator. Butonului „Validare cont utilizator”, declanșează evenimentul *OnClick* care verifică corectitudinea informațiilor introduse în câmpurile nume utilizator și parola, câmpuri obligatorii, prin compararea datelor introduse de utilizator cu cele existente din baza de date (Figura 17).



Figura 16 – Listă combo care permite alegerea tipului de cont care va fi creat

```

if(isset($_POST['submit']))
{ if ($_POST['submit']=="valid_admin")
{ //se verifica daca user și parola apartin administratorului
    $sql="SELECT * FROM administratori WHERE Utilizator='".$_POST['admin']."' AND
Parola='".$_POST['parola_admin]."'";
    $result=mysql_query($sql);
    if (!$result)
    { die('Error: ' . mysql_error());
    }
    if(!mysql_num_rows($result)>0)
    { echo "<script type='text/javascript'>alert('User sau Parola gresita');</script> ";
      echo "<script>window.location.replace('index.php');</script>";
    }
    else
    { $member=mysql_fetch_assoc($result);
      $_SESSION['NAME']=$_POST['admin'];
      $_SESSION['PASS']=$_POST['parola_admin'];
      $_SESSION['LVL']="admin";
      echo "<script>window.location.replace('".$pag."');</script>";
    }
  }
}
}

```

Figura 17. Securizarea administratorului

**Modulul de creare/validare cont utilizator:** Prin modulul de creare a unui cont de utilizator, se dă posibilitatea oricărei persoane autorizate să se înscrie în sistemul Mobile@Old. Datele introduse de utilizator sunt validate de un administrator, care verifică datele introduse în sistem, urmând ca în caz favorabil să valideze contul nou creat; abia din acel moment utilizatorul dobândind acces în aplicație. Pagina aferentă creării unui nou cont (Figura 18), conține date aferente mai multor tipuri de informații. Toate câmpurile sunt obligatorii, iar în cazul în care nu sunt completate, utilizatorul este avertizat de existența unui câmp rămas necompletat. În formular trebuie introduse date cu privire la numele, prenumele, adresa de email, trebuie să aleagă un nume de utilizator și o parola, ca și credențiale pentru accesul în sistemul Mobile@Old. În cazul în care numele de utilizator a fost ales de altcineva, utilizatorul este atenționat și rugat să aleagă un alt nume de utilizator; în continuare sunt introduse date cu privire la poza și funcția ocupată. Dacă până acum am avut de-a face doar cu controale *TextBox*, acum apare necesitatea utilizării unor

controale *BLOB* sau *ComboBox* pentru poză respectiv funcție deținută; ultimul control este de tipul *Button* și permite prin acționare crearea contului în cauză.

Figura 18– Pagina aferentă modulului de creare a unui nou cont de medic

La nivelul paginii au fost implementate mai multe funcții de validare care la ieșirea dintr-un câmp, evenimentul *OnBlur*, execută o serie de operațiuni, astfel: a) câmpurile nume, prenume nu pot conține cifre; b) CNP-ul (în cazul vârstnicului) trebuie să conțină exact 13 caractere, cu descrierea lor corectă, conform normelor în vigoare; c) email-ul trebuie să fie valid, adică să conțină caracterul „@”;

*ComboBox*-ul aferent Specializare se completează automat, folosind metode AJAX, cu datele aferente, doar în cazul în care s-a ales o funcție se populează doar cu specializările respective. Butonul „Creare Cont” (evenimentul *OnClick*), se face o nouă verificare pentru a se vedea dacă au fost completate toate câmpurile și se salvează informațiile în tabelele corespondente, cu mențiunea că datele trebuie validate de un administrator. Modulul de validare a contului unui utilizator poate fi accesat de un cont cu drepturi de administrator, după ce în prealabil s-a făcut autentificarea prin modulul de acces în secțiunea destinată administrării platformei M@O. În cadrul modulului de validare se pot efectua mai multe operații: (i) vizualizarea unor noi conturi create de utilizatori și posibilitatea de a le valida sau a le șterge; (ii) vizualizarea conturilor existente în sistem cu posibilitatea de a modifica sau de a șterge conturile respective; (iii) posibilitatea de a adăuga noi actori-uri în platforma M@O. Pagina web aferentă, (Figura 5), cuprinde două secțiuni distincte: a) secțiune cu *conturi care trebuie validate* – afișează conturile nou create și care trebuie validate de un administrator și trei controale de tip *Button*: *Incarcă medic* destinat salvării datelor despre un medic în baza de date, *Validează vârstnic* destinat validării unui cont nou și *Stergere cont* destinat ștergerii unui cont fără a-l mai valida; b) secțiune cu *conturi validate* – afișează datele aferente unui cont validat și conține două controale de tip *Button*: *Modificare utilizator* și *Stergere utilizator* care permit modificarea datelor contului respectiv ștergerea acestuia.

În partea de sus a paginii se regăsește un link destinat delogării din sistem. Prin delogare sunt resetate și apoi distruse toate variabilele de sesiune, pentru a face imposibilă logarea frauduloasă în aplicație; totodată utilizatorul este redirecțat spre pagina de început, spre modulul de acces. La încărcarea paginii, în cursul evenimentului *OnLoad*, se verifică dacă utilizatorul s-a autentificat anterior în sistem și dacă privilegiile asociate îi permit accesarea paginii. În caz contrar este redirecțat automat spre pagina de început a aplicației, spre modulul de autentificare.

Tot în cadrul evenimentului *OnLoad* se execută operațiile de populare a datelor în tabelele corespondente. Această operație se realizează în două etape: se caută conturile nou create și sunt afișate în secțiunea destinată conturilor care trebuie validate, iar în secțiunea conturi validate sunt încărcate conturile validate din sistem. În acest scop a fost creat un flag, *Stare* - un câmp în baza de date care se inițializează cu 0 în momentul creării unui nou cont, simbolizând faptul că respectivul cont nu a fost validat; după validarea contului de un administrator, valoarea acestui câmp este modificată în 1.

În secțiunea conturilor care trebuie validate controalele de tip *Button* care apar sunt inițializate în funcție de diverși parametrii ale contului candidat. Astfel, dacă datele contului candidat, nu sunt încărcate în platforma M@O, butonul „*Incarcă Cont*” este activ, iar butonul „*Validează Cont*” este inactiv; în caz contrar, dacă datele contului candidat, sunt încărcate în platforma M@O, butonul „*Incarcă Cont*” este inactiv, iar butonul „*Validează Cont*” este activ. În acest scop a fost definită o funcție încărcată la începutul paginii, care realizează inactivarea controalelor în cauză. Precauția este datorată informațiilor confidențiale ce privesc fiecare pacient vârstnic în parte.

#### 4. Implementarea componentei PAT (activități 3.3, 3.6)

Extinderea implementării componentei PAT s-a bazat pe varianta de recunoaștere a exercițiilor fizice implementată în etapa anterioară, ce folosea o abordare de recunoaștere supravegheată care, pe baza unei mulțimi de exemple de mișcări de antrenare (i.e., setul de modele de antrenare), identifică cea mai bună potrivire dintre mișcarea candidat realizată de către utilizator și cel mai asemănător model dintre exemplele disponibile. Cea mai bună potrivire este determinată din perspectiva costului sau efortului minim de a alinia în spațiul 3-D posturi ale corpului aparținând celor două mișcări (mișcarea candidat și mișcarea exemplu) supuse comparației. Distanța de disimilaritate folosită pentru implementare în etapa anterioară a fost Dynamic Time Warping (DTW), vezi (Myers, 1981; Keogh și Ratanamahatana, 2005; Salvador și Chan, 2007).

Algoritmul de recunoaștere a mișcărilor a fost extins în cadrul acestei etape pentru a furniza, pe lângă scorul de disimilaritate, și o caracterizare detaliată a modului în care posturile corpului utilizatorului din timpul realizării exercițiului fizic s-au pliat pe modelul de exercițiu de mișcare disponibil ca exemplu. Astfel, erori locale (sub forma abaterilor de la model în termeni de distanță Euclidiană în spațiul 3-D) sunt calculate pentru fiecare dintre cele 20 de încheieturi (*HipCenter, Spine, ShoulderCenter, Head, ShoulderLeft, ElbowLeft, WristLeft, HandLeft, ShoulderRight, ElbowRight, WristRight, HandRight, HipLeft, KneeLeft, AnkleLeft, FootLeft, HipRight, KneeRight, AnkleRight, FootRight*) detectate și raportate de către senzorul Microsoft Kinect pentru corpul utilizatorului. Calculul erorilor se realizează chiar în timpul rulării algoritmului de potrivire optimă a mișcărilor Dynamic Time Warping prin (a) memorarea traseului de aliniere optimă a posturilor corpului pentru cele două mișcări supuse comparației și (b) calculul și actualizarea erorilor globale pentru fiecare încheietură. Algoritmul actualizat DTW redat în **Anexa B**, folosind limbajul C# și platforma .NET 4.5 și reflectă pașii necesari calculului acestor erori de poziționare. Costul adițional al implementării în termeni de complexitate temporală este  $O(k \times J)$ , unde  $k$  reprezintă numărul de posturi comparate în mod direct de către algoritmul DTW pentru determinarea costului minim de aliniere a celor două mișcări supuse comparației iar  $J$  reprezintă numărul de încheieturi (*joints*) detectate și raportate în timp real de către senzorul Microsoft Kinect ( $J = 20$ ).

Erorile calculate pentru fiecare încheietură a corpului față de pozițiile corespunzătoare din cadrul modelului de exercițiu fizic disponibil în cadrul aplicației PAT sunt exprimate în unități fizice (metri sau centimetri). Figura 20 ilustrează un exemplu de valori numerice obținute pentru două mișcări ale corpului (redate pe scurt în Figura 19) conținând 274, respectiv 385 de posturi executate într-un interval de timp de 9.1, respectiv 12.8 secunde. Suma erorilor calculate pentru fiecare încheietură (cu o valoare de 2.1 metri pentru acest exemplu) reprezintă diferența totală, în spațiul 3-D, dintre posturile corpului care constituie cele două mișcări supuse comparației.

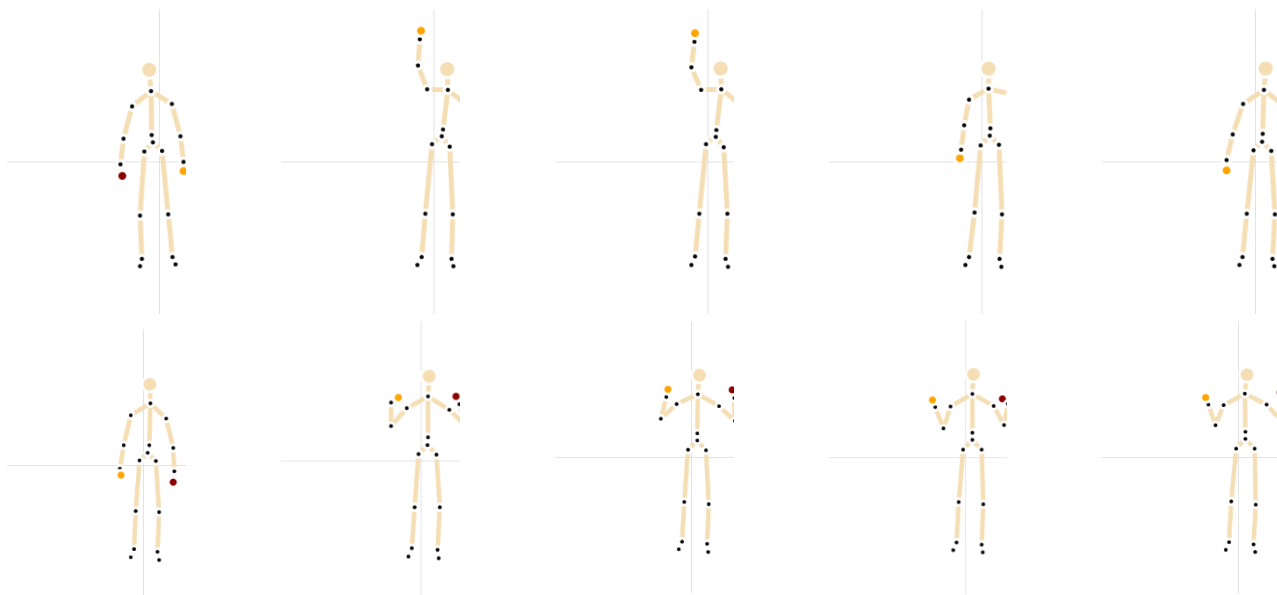
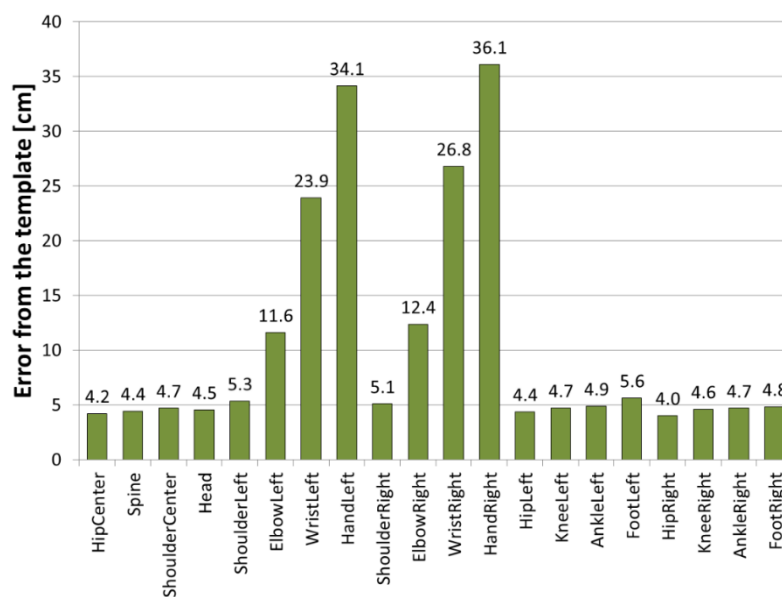
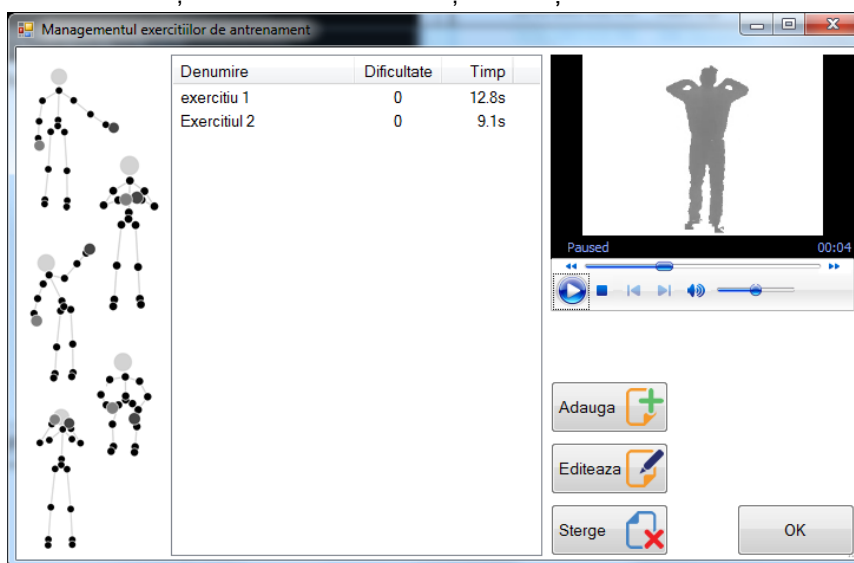


Figura 19. Două secvențe de mișcare pentru care au fost surprinse cinci instantanee redată aici prin intermediul scheletului utilizatorului surprins la diverse momente de timp. Erorile de poziționare dintre aceste două mișcări sunt disponibile ca valori numerice în Figura 3.



**Figura 20. Erori de poziționare ale încheieturilor corpului utilizatorului în timpul realizării unui exercițiu de mișcare față de modelul de exercițiu fizic furnizat drept exemplu (vezi Figura 2). Erorile sunt exprimate în unități fizice (cm).**

Componenta PAT a fost actualizată în cadrul acestei etape cu un modul de management al exercițiilor de antrenament (vezi Figura 21) care permite un acces simplu la modelele de exerciții definite anterior (caracterizate prin dificultate, timp de execuție, precum și printr-un scurt video demonstrativ). Acest modul conține implementarea versiunii actualizate a algoritmului DTW pentru evaluarea disimilarității dintre mișcările corpului, împreună cu calculul erorilor de poziționare a încheieturilor față de modelul de exercițiu de mișcare.



**Figura 21. Managementul exercițiilor de mișcare în cadrul aplicației Physical Activity Trainer.**

Modelul de recunoaștere a exercițiilor fizice a fost integrat într-o aplicație sub forma unui joc 3D, realizat în nity 3D. În cadrul jocului există un avatar al trainerului care îi va reda utilizatorului exercițiile pe care acesta trebuie să le realizeze și un avatar la utilizatorului pe care sunt mapate mișcările utilizatorului preluate cu ajutorul senzorului Kinect. Figura 22 prezintă o imagine a aplicației. Pentru înregistrarea progresului fiecărui utilizator, a fost dezvoltat un site Web. Interfața Web este realizată cu ajutorul tehnologiei Razor din pachetul ASP .NET. Pentru optiunea de realizare a graficelor a fost utilizată biblioteca Highcharts . Aceasta este foarte ușor de integrat și suficient de interactivă pentru a satisface necesitățile utilizatorului. De asemenea, pentru ca utilizarea aplicației Web să fie posibilă și de pe terminale mobile, a fost implementat framework-ul Bootstrap. În consecință, în momentul schimbării dimensiunii ecranului pe care rulează front-end-ul, interfața se va redimensiona automat.





Figura 22. Aplicația 3D pentru componenta PAT

A fost implementată o primă variantă de adaptare a exercițiilor. Astfel s-a definit o mulțime de vectori care să descrie toate componentele corpului pe baza unghiurilor dintre părțile componente ale corpului. 22 de astfel de vectori au fost utilizați pentru a putea captura mișcarea și totodată a identifica mișcările. Acești vectori sunt descriși pe baza unghiurilor dintre părțile componente (definite de punctele de articulații, conform punctelor furnizate de senzorul Kinect – specificate în Figura 23: (1) Head-Left - Shoulder-Neck; (2) Spine Shoulder - Neck-Spine Mid; (3) Head - Spine Shoulder - Spine Mid; (4) Right Wrist - Right Elbow - Right Shoulder; (5) Right Elbow - Right Shoulder - Spine Shoulder; (6) Right Ankle - Right Knee - Right Hip; (7) Left Wrist - Left Elbow - Left Shoulder; (8) Left Elbow - Left Shoulder - Shoulder Center; (9) Left Ankle - Left Knee - Left Hip; (10) Right Hip - Spine Base - Right Knee; (11) Left Hip - Spine Base - Left Knee; (12) Right Wrist - Right Hand - Right Elbow; (13) Left Wrist - Left Hand - Left Elbow; (14) Right Ankle - Right Foot - Right Knee; (15) Left Ankle - Left Foot - Left Knee; (16) Spine Base - Spine Mid - Left Hip; (17) Spine Base - Spine Mid - Right Hip; (18) Spine Shoulder - Spine Mid - Spine Base; (19) Neck-Head - Spine-Shoulder; (20) Head-Right - Shoulder-Neck; (21) Head-Left - Shoulder-Neck; (22) Spine Shoulder - Neck-Spine Mid.

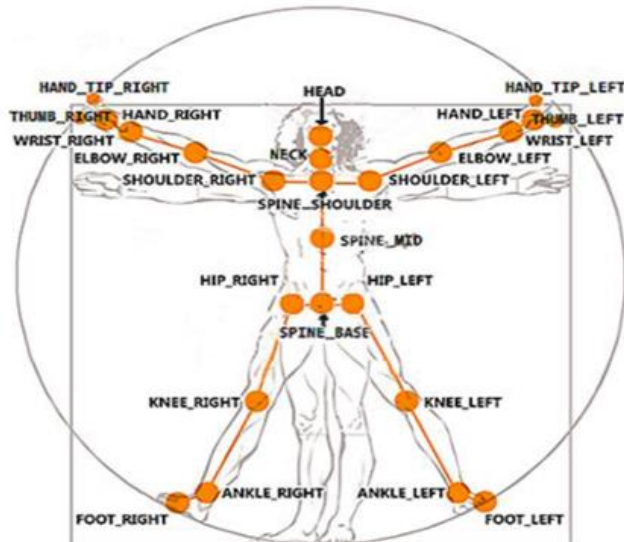


Figura 23. Puncte de articulație utilizate pe scheletul uman

Distanța dintre mișcările utilizatorului și mișcările trainerului este calculată folosind DTW (Dynamic Time Warping), așa cum a fost utilizată și în etapa 2, care realizează o aliniere a posturilor comparate. În vederea determinării întârzierii între mișcările realizate de utilizator față de mișcările de referință efectuate de trainer s-a folosit "cross-correlation", care rezează un concept de bază în procesarea de semnal punând în evidență corelarea dintre două serii de timp, obținute la momente diferite de timp. Astfel viteza trainerului poate fi adaptată după următorul algoritm, descris în (Mocanu et al., 2016):

*Intrare:*  $\alpha_t$ ,  $\alpha_u$  – variația unghiurilor în timp pentru utilizator, respective trainer;  $T$  = numărul de repetări ale unui exercițiu;  $I_t$ ,  $I_u$  = unghiurile  $\alpha_t$ ,  $\alpha_u$  (în timp)

*Ieșire:* noua viteză a trainerului

-se împarte  $\alpha_i$  în I<sub>r</sub>/T componente ( $\alpha_{ui}$ )

-for each  $\alpha_{ui}$

Calculează  $c$  = coeficientul de corelare  $\alpha_{ui}$  și  $\alpha_i$  începând de la momentul de început

if  $0.8 \leq |c| \leq 1$  calculează întârzierea (pe baza cross-correlation)

-calculează valoarea medie pentru toate întârzierile calculate =  $m_{lag}$

-return noua viteză = viteza anterioară \* (1/ $m_{lag}$ )

Un set de exerciții (prezentat în Figura 24) a fost testat pe 10 utilizatori cu și fără adaptare. În cazul utilizării adaptării, scorul are o valoare mai mare, ceea ce duce la un timp de joc (de efectuare a exercițiilor fizice) mai mare, așa cum este arătat în Figura 25.

Exercise	Relevant Joints	Score (without adaptation)	Score (with adaptation)
Arm stretches	Shoulder, Elbow, Wrist	94	98
Lateral Stretch	Shoulder, Elbow, Spine (shoulder, mid, base), Hip	91	93
Quadriceps Stretch	Knee, Foot	90	92
Lateral Lunge	Hip, Knee, Foot	90	91
Squats	Hip, Knee, Foot, Spine (mid, base)	81	85
Hip Extension	Hip, Knee, Spine (base)	78	83

Figura 24. Scorul calculate pentru un set de exerciții

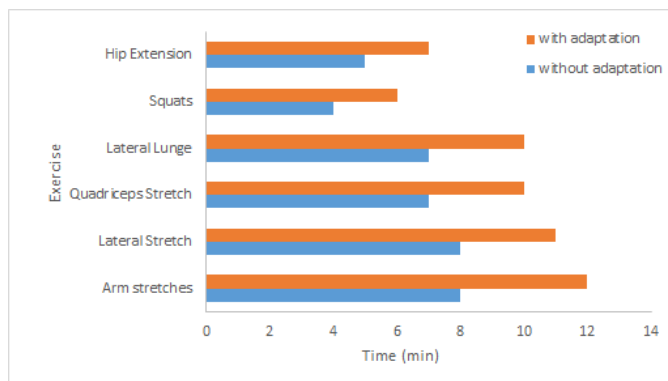


Figura 25. Timpul de joc

## 5. Experimentări în laborator pe modelele funcționale ale componentelor independente/separate: VSM, PAT

### Prezentarea generală a experimentelor

La această evaluare au participat 12 vârstnici cu vârsta între 60-78 de ani (6 bărbați și 8 femei) precum și 2 îngrijitori cu vârsta între 37-60 de ani. Persoanele implicate trăiesc în București. Unele dintre persoane au studii superioare iar cele mai multe dintre ele folosesc computerele și tabletele în rutina zilnică. Selecția participanților a fost făcută astfel încât să fie reprezentanți din ambele sexe, cu nevoi și stare a sănătății diferite, locuind cu sau fără membrii ai familiei. Așa cum s-a decis de către consorțiu, am încercat să implicăm utilizatori vârstnici care trebuie să își măsoare parametrii de sănătate în mod regulat din cauza bolilor cronice.

**Organizare** (dispozitive, interfețe etc.): Utilizatorii au primit două sau mai multe dispozitive dintr-un set pregătit pentru teste, set care include glucometru, aparat pentru monitorizarea tensiunii, cântar și un aparat pentru măsurarea pulsului și oxigenării. Alegerea dispozitivelor a fost făcută după un scurt interviu cu utilizatorul și a fost bazată pe preferințele lui/lei precum și pe problemele de sănătate. Problemele de sănătate menționate au fost: aritmie, hipertiroidism și hipotiroidism, probleme ale articulațiilor, cataractă, hipertensiune, miocardita și diabet zaharat.

Testele au fost făcute sub îndrumarea și supravegherea personalului din consorțiul Mobile@Old. Fiecare test a fost efectuat pe o perioadă de minim 2 săptămâni, depinzând de decizia utilizatorului. O persoană din partea Mobile@Old a fost întotdeauna la dispoziția utilizatorului și a fost consultat în orice problemă la telefon sau în mod personal. La fiecare două zile, a fost contactat utilizatorul și întrebat despre posibilele probleme întâlnite. S-a întâmplat în mai multe rânduri ca utilizatorii să nu fie capabili să rezolve problemele tehnice ei înșiși, acestea constând în mare parte în deconectarea dispozitivelor Bluetooth de tableta colectoare.

### Analiza opiniei utilizatorilor în urma experimentării

**Prima reacție:** 10 dintre utilizatori au fost încântați de noua tehnologie când au auzit despre ea pentru prima dată și au avut o șansă să o testeze. Două persoane vârstnice nu au avut nici o opinie. Nici o atitudine negativă nu a fost observată.

**Utilitatea sistemului:** În general, utilizatorii au evaluat sistemul ca o mare îmbunătățire în monitorizarea parametrilor de sănătate (10 utilizatori) mai ales datorită istoriei parametrilor de sănătate pe care o pot avea cu ușurință la dispoziție.

**Acceptarea platformei:** După 2 săptămâni de utilizare, 5 participanți au avut o acceptare bună a noii tehnologii, 5 au rămas neutri și 2 au fost reținuți în evaluarea acceptabilității. Este interesant să notăm ca o rată bună de acceptare a fost observată printre utilizatorii în vârstă de 60-65 de ani care au fost în general și cei mai experimentați în utilizarea tehnologiilor ICT sau cei mai dornici să învețe despre noile tehnologii. Printre utilizatorii neutri au fost acei utilizatori care nu au exploatat în întregime funcționalitățile platformei. Aceștia au continuat să facă măsurătorile în propriul lor ritm și stil și nu și-au făcut timp să învețe platforma și să o utilizeze. Toți utilizatorii, inclusiv cei cu rata mare de acceptabilitate, s-au plâns de instabilitățile platformei în recepționarea măsurătorilor, dispozitivele deconectându-se de mai multe ori de la tableta colectoră.

**Cantitatea de muncă suplimentară cerută în monitorizarea sănătății:** 6 utilizatori au apreciat cantitatea de muncă suplimentară cerută la folosirea platformei ca nesemnificativă, 4 au perceput-o ca fiind prea mare și doi au apreciat-o ca fiind acceptabilă.

**Increderea în sistem:** 6 utilizatori au declarat sistemul ca nedemn de încredere. Alți 5 au consimțit că este destul de demn de încredere. Ultimul utilizator a decis că are potențial dar este instabilă.

**Setul de dispozitive:** Intrucât utilizatorii nu pot alege dispozitivele folosite în mod normal, ei au fost mulțumiți cu setul pe care l-au testat. Cântarul s-a dovedit dispozitivul cu cea mai mică utilitate din punct de vedere al testelor efectuate. S-a remarcat totuși că el poate deveni util în momentul unei folosințe îndelungate. Mai ales în cazul persoanelor hipertensive sau diabetice pentru care menținerea unei greutate normale este deosebit de important. Multora dintre varstnici le-ar plăcea să aibe un dispozitiv care să le permită monitorizarea altor parametri precum cei din sânge, de exemplu colesterol, viteza de coagulare, etc.

**Utilizarea permanentă a platformei:** Utilizatorii sunt interesați în utilizarea platformei permanent cu o condiție ca aceasta să funcționeze fără probleme.

**Disponibilitatea de a plăti:** Cei care locuiesc singuri sunt mai dornici să plătească pentru servicii de genul celor oferite de platformă decât cei cu familie sau îngrijitori. Vârstnicii au subliniat faptul că ceea ce ei sunt gata să plătească este un serviciu și anume prezența (la distanță sau reală) a cuiva care poate analiza datele și care poate să îi ajute în caz de nevoie. Ei nu vor să plătească doar pentru stocarea datelor. Platforma și setul de dispozitive sunt doar o unealtă care poate să-i facă să se simtă mai încrezători.

Prețul dispozitivelor a fost categoric considerat prea mare de către mulți utilizatori. Ei au declarat că ar plăti maximum 50 de euro pentru anumite dispozitive (de exemplu, aparatul pentru măsurat tensiunea, glucometrul).

**Confidențialitate:** Persoanele testate nu s-au declarat deloc îngrijorate în legătură cu confidențialitatea datelor salvate și stocarea lor pe un dispozitiv conectat la internet. Ei presupun că nimeni nu este interesat de parametri de sănătate ai unor persoane în vârstă.

## Prezentarea unor cazuri individuale

### Cazul numărul 1

Numele și toate informațiile ce ar putea duce la identificarea persoanei implicate sunt confidențiale. Dna T.B. – este o doamnă în vârstă de 78 de ani care locuiește împreună cu soțul său și are legături regulate (săptămânal) cu familia ei (2 fete măritate având copii). Ea are o ușoară dificultate de auz și astm de 15 ani. În ultimii 5 ani și-a măsurat și tensiunea cu regularitate din motive de hipertensiune. Datorită problemelor ei de sănătate și dorinței de a avea o monitorizare a sănătății regulată ea a fost înclinată să aibă parametri ei de sănătate monitorizați cu ajutorul platformei Mobile@Old. Doamna T.B. își măsoară tensiunea și nivelul de oxigenare a sângelui în mod neregulat câteva zile pe săptămână. În cadrul experimentului ea a consimțit să își testeze parametrii de sănătate de două ori pe zi – dimineața și seara – pe întreaga durată a experimentului. Figura 26 o prezintă pe dna T.B. folosind platforma. Poza a fost inclusă cu aprobarea sa.

La sfârșitul experimentului planificat ea a raportat o experiență bună cu tehnologia și dispozitivele noi. Ea și membrii familiei ei au comentat că utilizarea noilor dispozitive nu a fost grea sau stresantă. Ei au raportat, de asemenea, că dispozitivele au fost în opinia lor destul de demne de încredere pentru faza de testare a proiectului. Ei și-au exprimat opinia ca interfața să conțină instrucțiuni grafice și audio pentru persoanele în vârstă.



Figura 26. Dna T.B. în timp ce își măsoară parametrii de sănătate.

### Cazul numărul 2

Dna A, în vârstă de 76 de ani, suferă de diabet și hipertensiune. Ea locuiește împreună cu soțul care suferă și el de aceleași probleme de sănătate. Dna A a folosit glucometrul și tensiometrul. După un experiment inițial de 2 săptămâni, soțul Dnei A a fost și el interesat să participe la experimente fiind interesat să urmărească regulat nivelul glucozei. Valorile înregistrate de Dna A pe parcursul a 2 săptămâni sunt prezentate în Figura 27 alături de o foaie de hârtie pe care Dna A își nota parametri de tensiune înaintea începerii experimentelor cu platforma.

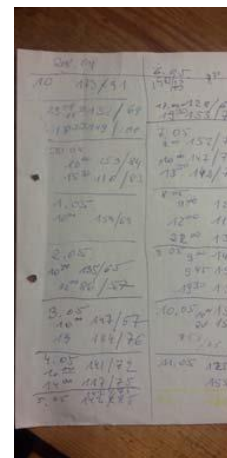
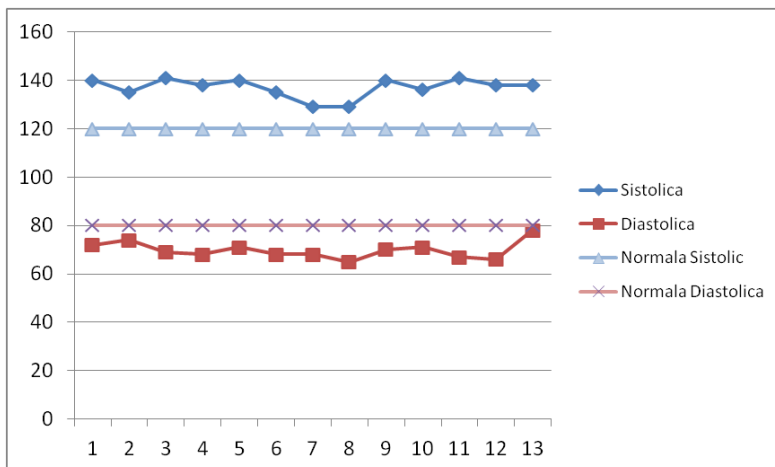


Figura 27. Valorile măsurate în timpul experimentelor (stânga), valorile marcate pe hârtie înaintea experimentelor (dreapta).

Figura 28 o arată pe Dna A folosind platforma Mobile@Old. Poza a fost inclusă cu consimțământul persoanei

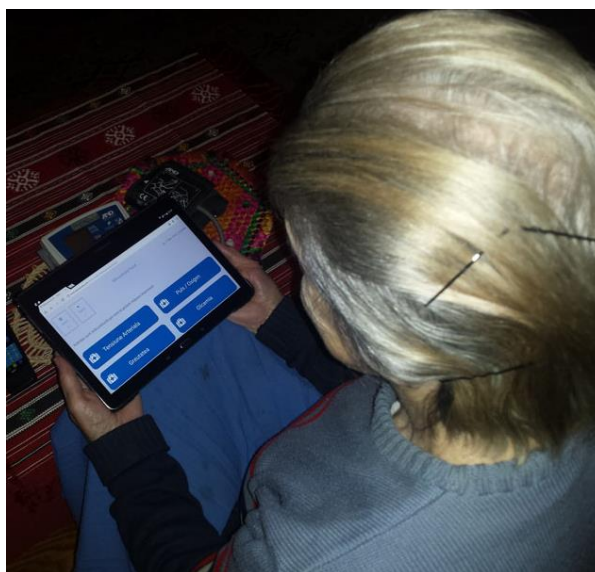


Figura 28. Folosirea interfeței VSM a platformei Mobile@Old.

La sfârșitul experimentului ambii utilizatori au raportat o experiență bună cu tehnologia și dispozitivele utilizate. Cel mai mult au apreciat lipsa necesității marcării pe o hârtie a parametrilor de sănătate și faptul că puteau să ia tableta cu ei la medicul de familie astfel încât acesta să poată urmări cu ușurință evoluția sănătății.

## 6. Evaluarea bunăstării psihologice

Pentru a realiza o colaborare eficientă între kinetoterapeut și vârstnic, programul de exerciții necesită următoarele etape obligatorii: (a) testarea inițială la effort; (b) stabilirea programului de exerciții funcțional și analitic; (c) integrarea și adaptarea dinamică a măsurilor recuperatorii la condițiile clinice și de viață ale pacientului precum și la capacității sale de effort; (d) corelarea respirației cu mișcarea, alternarea seriei de exerciții cu relaxarea organismului.

Intensitatea antrenamentului și numărul de repetări al fiecărei mișcări se stabilește până la apariția oboselii și prin monitorizarea permanentă trei parametri: (1) frecvența respiratorie; (2) frecvența cardiacă ( $H_R$ ) și tensiunea arterială sistolică ( $BP_S$ ) și diastolică ( $BP_D$ ). Indicațiile medicilor specialiști precizează că valoarea maximă a  $H_R$  este 70-75% din  $H_{R\ max}$  și  $BP_{S\ max} = 170-180$  respectiv  $BP_{D\ max} = 105-110$ , ritmul de execuție a mișcărilor este moderat iar intensitatea antrenamentului este invers proporțională cu durata acestuia. Apariția oboselii sau depășirea uneia din aceste valori impune încetarea efortului și restabilirea organismului.

Contraindicațiile care privesc majoritatea seniorilor pot fi sintetizate în: ortostatismul prelungit, staționat pe scaun, efort fizic prelungit cu gloată închisă, efortul anaerob, ridicarea greutăților mari, exercițiile unde corpul coboară sub orizontala față de trunchi, schimbările bruste de poziții, exerciții cu bază de susținere îngustă.

Pentru fiecare senior care a acceptat participarea la acest proiect s-a monitorizat starea de sănătate și parametri vitali: *aparitia obosealii, frecvența respiratorie, frecvența cardiac (HR) și tensiunea arterial sistolică (BPS) și diastolică (BPD)*, în timpul realizării exercițiilor. Antrenamentele s-au desfășurat în intervale stabilite, în funcție de starea de sănătate și contraindicațiile pacientului, durata maximă a unui antrenament neputând depăși 20-30 minute/zi. În Figura 29 este prezentată evoluția acestor parametri pe perioada a două luni de antrenamente, 3/săptămână, cu durata de 20 minute/zi. Pacientul este un bărbat de 68 ani, care suferă de cardiopatie ischemică dureroasă, hipertensiune arterială și artroza.

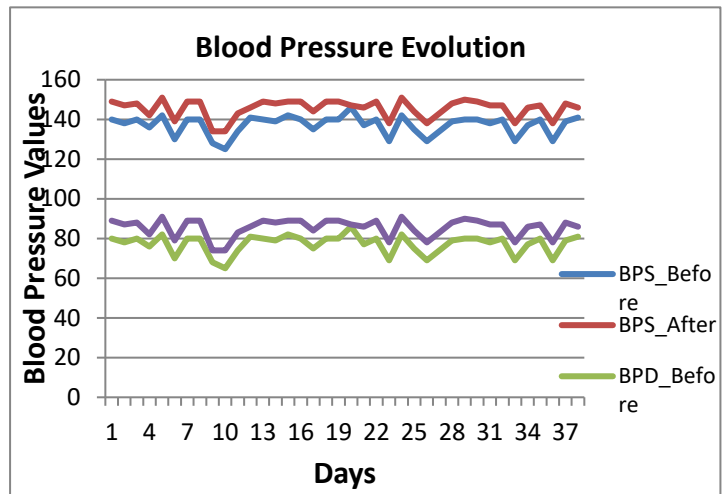


Figura 29. Evoluția parametrilor vitali

Gradarea efortului este progresivă, pentru adaptarea treptată a organismului la efort. Conținutul programului de exerciții este variat, în funcție de necesități și concretizat spre nevoile personalizate ale fiecărui senior. Mișcările sunt executate cu amplitudinea specifică posibilităților individuale, fără suprasolicitarea articulațiilor, evitând apariția durerilor, cu precădere la nivelul coloanei vertebrale. Exercițiile care privesc grupe musculare scheletice largi, sunt realizate gradual, începând cu o intensitate scăzută „de încălzire” și progresând în intensitate.

### Descrierea generală a participanților

Un număr de 40 de utilizatorii vârstnici implicați în proiectul Mobile@Old au participat la un sondaj de opinie în vederea evaluării bunăstării psihologice. Vârsta respondenților a fost cuprinsă între 55 și 75 de ani, dintre care 19 femei și 21 bărbați. Majoritatea subiecților (46%) au o diplomă universitară sau mai mult. Al doilea tip de educație este învățământul liceal (28%) (Figura 30)

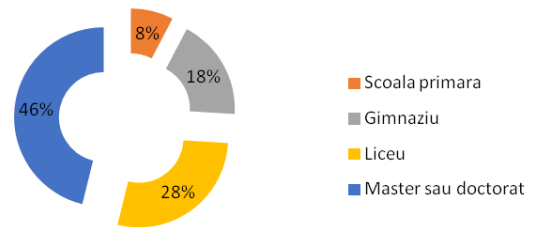
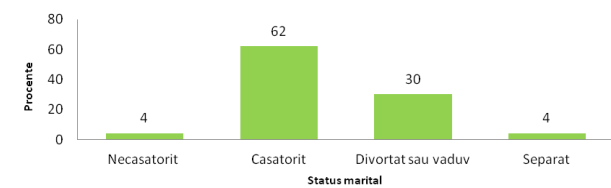
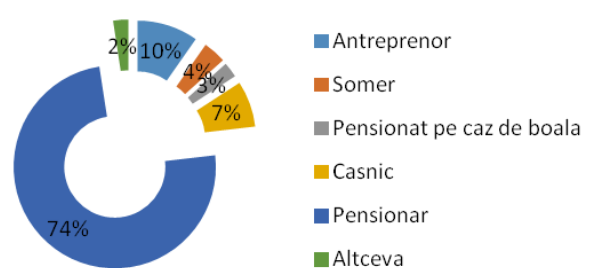


Figura 30. Descrierea participanților

Majoritatea subiecților sunt căsătoriți (64%) iar aproape 30% dintre subiecți sunt văduvi sau divorțați (Figura 31 a). Mai mult de jumătate dintre subiecți sunt pensionați (55%) dintre care 30% sunt încă activi în propria afacere sau reangajați în câmpul muncii (Figura 31 b).



a)



b)

Figura 31. Structura persoanelor intervievate

## Aprecierea accesului și utilizării tehnologiilor moderne

Un total de 15% dintre subiecți au cel puțin un dispozitiv portabil. 85% dintre ei au 4 dispozitive sau mai puține. Valoarea medie a numărului de dispozitive este de 3. Numărul de dispozitive deținute nu depinde de sex și vârstă. Mici influențe au nivelul de educație și numărul de persoane cu care locuiesc subiecții (Figura 32).

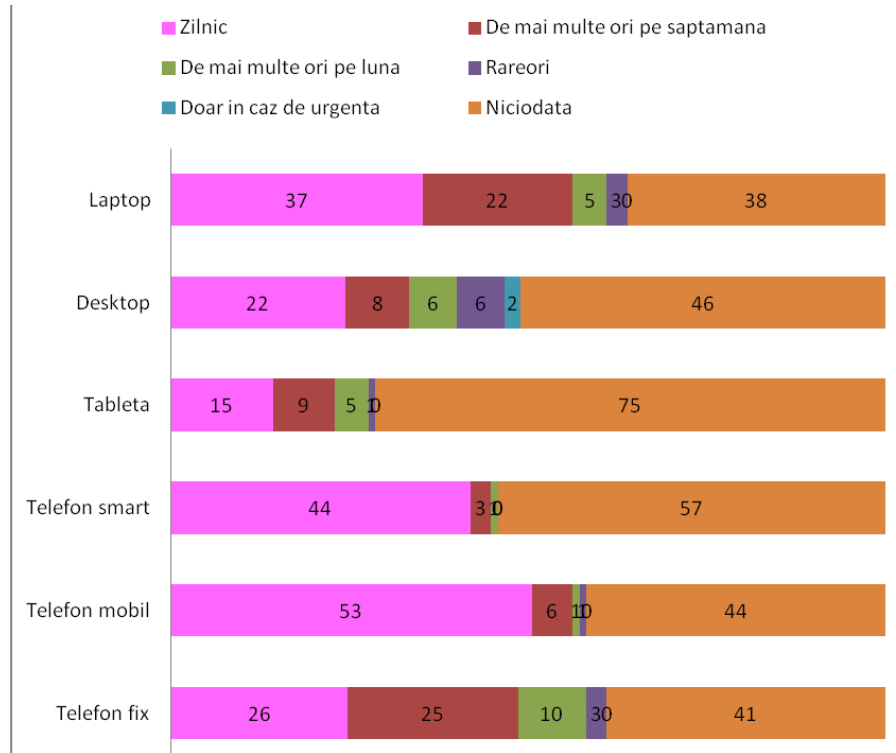


Figura 32. Accesul la tehnologie

Un total de 85.7% din subiecți au declarat că au acces la internet, și aproape 60% din ei îl folosesc cel puțin o dată pe zi (Figura 33).

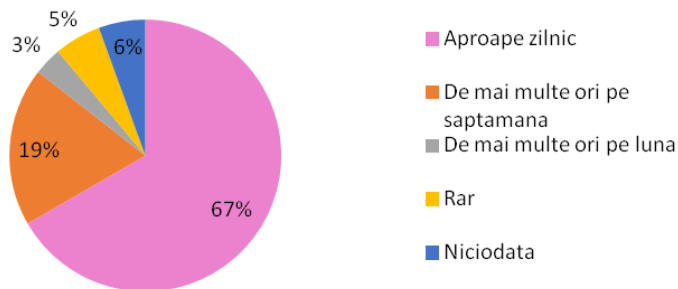


Figura 33. Accesul la internet

Mulți dintre subiecții care au luat parte la studiu au cel puțin un dispozitiv portabil. Această informație, împreună cu informația ca aproape 90% dintre subiecți au acces la internet indică faptul că participanții la cercetare sunt interesați de tehnologii moderne și mai mult, au posibilitatea de a le folosi. Dintre subiecții 33% sunt adesea interesați de noi tehnologii și descoperiri științifice (Figura 34).

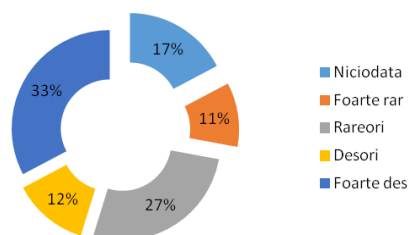


Figura 34. Interesul față de noile tehnologii

## 1.1. Aprecierea stării de sănătate și exercițiu

Aproape 20% dintre subiecți nu sunt mulțumiți de starea lor de sănătate și își evaluează sănătatea lor ca “mai degrabă rea”, în timp ce 85% dintre subiecți cred că sănătatea lor este cel puțin “bună”. 60% dintre subiecți suferă de boli cronice cum ar fi: boli cardiovasculare (24), diabet (16), sistem respirator (11), osteoporoză și reumatism (8), ficat și rinichi (2), probleme cu tiroida (3), altele: obezitate (1), alcoolism (1), cancer (1), depresie (1), sistem digestiv (1). Participanții la cercetare care sunt mulțumiți de starea lor de sănătate au întâlnit rar problemele prezentate în figura 35. Problemele zilnice întâmpinate de respondenți sunt relativ minore, aceștia suferind în proporție mică de probleme de orientare temporală, spațială, memorie, mobilitate sau cădere.

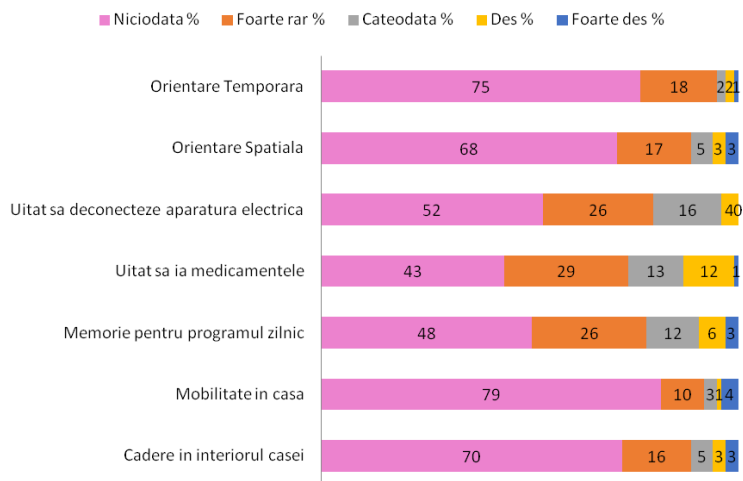


Figura 35. Probleme de sănătate

Dintre subiecții intervievați 59% au declarat că sunt interesați de a se monitoriza singuri acasă folosind aparatura adecvată. Ei sunt de asemenea interesați de a putea vizualiza în mod grafic diferenții parametri de sănătate precum tensiune, puls, glicemie, etc. precum și modificarea lor în timp. 60% dintre subiecți sunt interesați ca medicul de familie să aibă acces la aceste date (Figura 36).

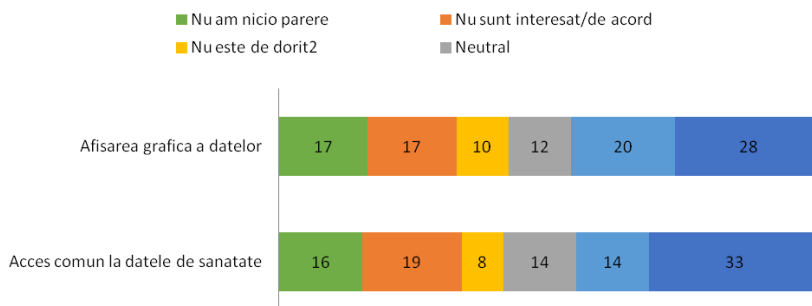


Figura 36. Preferințele utilizatorilor față de parametric de sănătate

Deși în prezent cei mai mulți dintre subiecți nu joacă jocuri complicate, jocuri care să-i recompenseze sau orice joc pe mobil sau pe dispozitive tehnice, 41% dintre subiecți sunt interesați în încercarea sau continuarea folosirii unor jocuri care îi va și angrena în exerciții fizice și mentale (Figura 37).

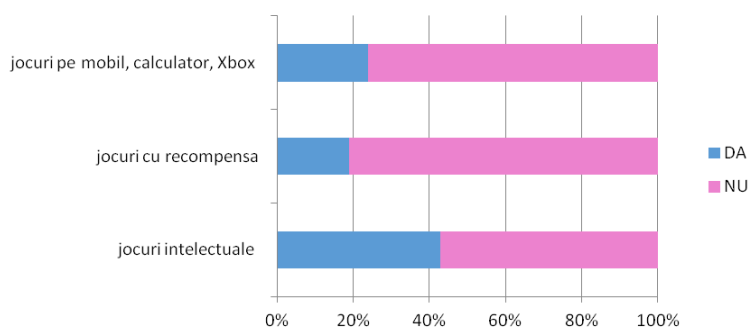


Figura 37. Preferința utilizatorilor față de jocurile pe calculator

Dintre cei 40 participanți 29% suferă de probleme de mobilitate. În total, 44% făceau exerciții fizice înainte de folosirea platformei Mobile@Old, restul nu făceau exerciții. Dintre subiecții care făceau exerciții cei mai mulți făceau "foarte rar" (50%), doar 22% fac exerciții cel puțin o dată pe săptămână, cel mai adesea de la 31 minute la 1 ora (Figura 38).

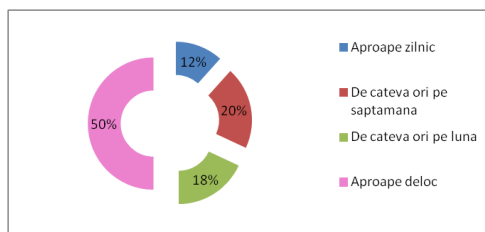


Figura 38. Probleme de mobilitate

Cu toate acestea, 41% dintre subiecți au fost interesați în a testa și eventual folosi o platformă de tip Mobile@Old pentru a face exerciții într-un mod distractiv dar și supervizat.

## Disponibilitatea de a plăti

Subiecții au afirmat în general că ar fi interesați în a cumpăra un produs de uz personal sau un produs de uz zilnic precum un dispozitiv de monitorizare a sănătății. Mai mult, subiecții sunt mai mult interesați să cumpere produsul decât să închirieze dispozitivele de monitorizare a sănătății. Motivul ar putea fi că asemenea dispozitive pentru persoanele în vârstă sunt într-un fel o soluție de uz personal pe care o preferă să fie una individuală, nu împărtășită cu alte persoane (Figura 39 a). Subiecții ar închiria mai degrabă dispozitivele de jocuri, motivul ar putea fi ca persoanele în vârstă nu exersează sau joacă foarte des și de aceea ei nu văd nevoia de a cumpăra un dispozitiv de jocuri pentru uz personal (Figura 39 b).

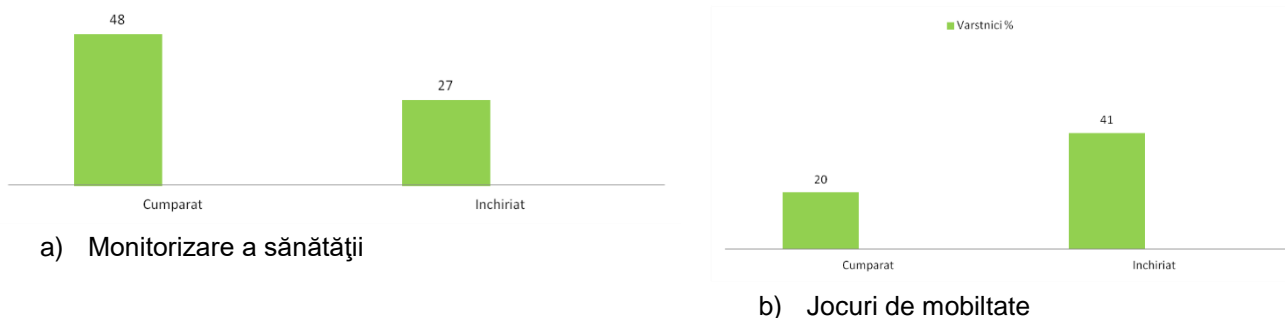


Figura 39. Disponibilitatea de a plăti

## 1.2. Starea de bunăstare și satisfacție generală

Intrebati asupra evaluării stării de bunăstare și satisfacție generală, aceștia au considerat în proporție de 87% condițiile de locuit ca fiind bune. 23% la sută au considerat condițiile de locuit ca fiind excelente. Aspectele financiare sunt împărțite de 60% din subiecți cu partenerul de viață și doar 33.3% își administrează singuri aspectele financiare. Un procent de 90% dintre subiecți au considerat că starea lor de satisfacție economică este nemulțumitoare și doar 10% s-au declarat mulțumiți economic. Aproape toți subiecții (98.6%) au declarat ca primesc ajutor din partea familiei și prietenilor pentru cel puțin unul din aspectele legate de administrarea vieții zilnic, e.g. sănătate, cumpărături, deplasare, etc. Rugați să evalueze în mod global gradul de bunăstare psihologică și satisfacție, subiecții au declarat în proporție de 10% că sunt mulțumiți, 80% acceptabil și 10% nemulțumiți (Figura 40). Niciun subiect nu a declarat că este foarte mulțumit.

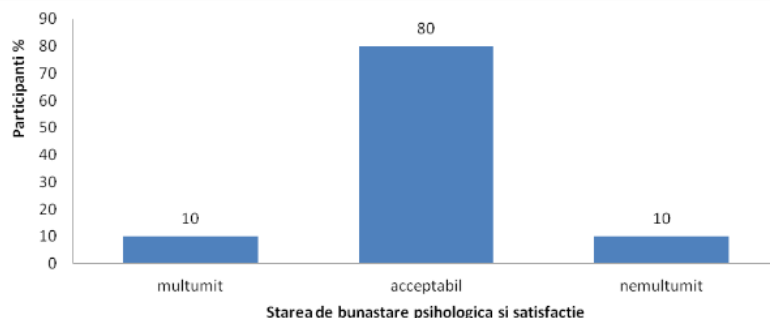


Figura 40. Bunăstare psihologică



## 7. Diseminarea rezultatelor - Participarea la conferințe și publicare de articole în jurnale indexate în baze de date

Rezultatele proiectului au fost publicate în următoarele conferințe și jurnale:

- **3 articole prezentate la conferințe cu proceedings indexate ISI Proceedings**
  - [Cramariuc et al., 2016] A. Cramariuc, H. Huttunen, E.S. Lohan - Clustering benefits in mobile-centric WiFi positioning in multi-floor buildings - in Proc. of ICL-GNSS 2016 conference, Barcelona, Spain, June 2016, DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ICL-GNSS.2016.7533846>, (ISI Proceedings)
  - [Bodea, 2016] Eniko Elisabeta Bodea - Researching AAL Systems to Find the Right Characteristics for MOBILE@OLD Project - Proceedings of the IE 2016 International Conference, in curs de publicare (ISI Proceedings)
  - [Schipor, 2016] O. Schipor, I. Mocanu. MAKING E-MOBILITY SUITABLE FOR ELDERLY. The International Scientific Conference eLearning and Software for Education, April 2016, Vol. 1, pp. 283-288 (ISI Proceedings)
- **1 articol prezentat la conferință cu proceedings indexat în BDI: IEEE**
  - [Mocanu et al., 2016] I. Mocanu, L. Rusu, R. Arba, C. Marian. A Kinect Based Adaptive Exergame, 12th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing 2016, in press, DOI: 10.1109/ICCP.2016.7737132 (IEEE Proceedings)
- **1 articol acceptat spre publicare în jurnal indexat în BDI: Index Copernicus**
  - [Rusu et al, 2016] Lucia Rusu, Irina Mocanu, Sergiu Jecan, Dan Sitar - MONITORING ADAPTIVE EXERGAME FOR SENIORS, in curs de publicare, Journal of Information Systems & Operations Management, jurnal indexat în BDI: Index Copernicus
- **1 articol aflat în evaluare în jurnal indexat ISI, cu factor de impact**
  - [Scarlat et Al., 2016] G. Scarlat, I. Mocanu, L. Rusu, D. Benta – Indoor Localisation through Probabilistic Ontologies, International Journal of Computers Communications & Control (ISI Journal, FI: 0.627), in evaluare

De asemenea proiectul Mobile@Old a fost prezentat la „Senior Expo 2-5 iunie 2016”, Centrul Expozitional Romexpo, Pavilionul C3.

### **Bibliografie**

[Ahmed *et al.*, 2015] Faisal Ahmed, Padma Polash Paul, and Marina L. Gavrilova. 2015. DTW-based kernel and rank-level fusion for 3D gait recognition using Kinect. *Vis. Comput.* 31, 6-8 (June 2015), 915-924. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00371-015-1092-0>

[Keogh și Ratanamahatana, 2005] Keogh, E., Ratanamahatana, C.A. 2005. Exact indexing of dynamic time warping. *Knowledge and Information Systems* 7 (3): 358–386. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10115-004-0154-9>

[Myers, 1981] Myers, C.S., Rabiner, L.R. 1981. A comparative study of several dynamic time-warping algorithms for connected word recognition. *The Bell System Technical Journal*, 60(7):1389-1409, September 1981. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/j.1538-7305.1981.tb00272.x>

[Salvador și Chan, 2007] Stan Salvador and Philip Chan. 2007. Toward accurate dynamic time warping in linear time and space. *Intell. Data Anal.* 11, 5 (October 2007), 561-580 DOI: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1367993>

[Su *et al.*, 2014] Chuan-Jun Su, Chang-Yu Chiang, and Jing-Yan Huang. 2014. Kinect-enabled home-based rehabilitation system using Dynamic Time Warping and fuzzy logic. *Appl. Soft Comput.* 22 (September 2014), 652-666. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2014.04.020>

[Vatavu, 2012b] Radu-Daniel Vatavu. 2012. Nomadic Gestures: A Technique for Reusing Gesture Commands for Frequent Ambient Interactions. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 4(2). IOS Press, 79-93. DOI: <http://dx.doi.org/10.3233/AIS-2012-0137>

## 3. Anexa A

## Raspunsurile utilizatorilor la chestionar

Experimente in laborator								
Intrebare	utilizator 1	utilizator 2	utilizator 3	utilizator 4	utilizator 5	utilizator 6	utilizator 7	utilizator 8
sex	f	m	f	m	m	f	f	m
varsta	74	72	84	85	86	84	70	69
Probleme de sanatate	diabet, hipertensiune, mobilitate redusa	diabet, hipertensiune, colesterol	hipertensiune, reumatism	hipertensiune, Hashimoto	diabet, hipertensiune	hipertensiune	gonartroza, diabet	hipertensiune
Cat de usoara vi se pare utilizarea aparatelor	nu este foarte dificila	nu este foarte dificila	dispozitivele sunt usor de utilizat dar la interfata ma descurc mai greu	dispozitivele sunt usor de utilizat dar la interfata ma descurc mai greu	usor	nicio parere	dispozitivele sunt usor de utilizat dar la interfata ma descurc mai greu	usor dar trebuie invatata putin interfata
Cata incredere ati avea in utilizarea unei astfel de platforme cu servicii oferite prin internet	Nu mi se pare de incredere, de multe ori conexiunea la internet poate sa nu functioneze	Nu mi se pare de incredere, de multe ori conexiunea la internet poate sa nu functioneze. Nu stiu daca datele mele de sanatate chiar vor fi consultate de catre serviciile pomenite	"De incredere" dar este evident ca utilizatorul nu intelege bine conceptul de servicii prin internet	de incredere	de incredere	de incredere	nicio parere dar ma intreb daca medicul chiar ar verifica datele mele de sanatate ca atunci cand am o programare	de incredere
Credeti ca platforma ar fi utila pentru dumneavoastra	da, daca va functiona fara eror	da, daca contine dispozitivele de care am nevoie	da dar este scump	da	da dar este scump	da dar este scump	da pentru ca pot sa imi vad istoria masuratorilor	da
Cat de ingrijorat sunteti pentru confidentialitatea datelor dumneavoastra	Deloc, nu cred ca civa este interesat de datele mele	Deloc, nu cred ca sunt importante	Deloc	Deloc	Deloc	Deloc	Deloc, nu vad de ce ar fi cineva interesat de datele mele	Deloc
Care din dispozitivele utilizate astazi le folositi in mod curent	tensiometru, glucometru	tensiometru, glucometru	tensiometru, oximetru, cantar	tensiometru	tensiometru, glucometru, cantar	tensiometru, cantar	tensiometru, glucometru	tensiometru
Cat de frecvent va masurati parametrii de sanatate	zilnic	ocazional	zilnic	ocazional	zilnic tensiunea, ocazional glucoza	zilnic	ocazional	ocazional
Va masurati singur parametrii sau aveti nevoie de ajutor	singur	singur	ajutor	ajutor	ajutor	ajutor	singur	singur
Gasiti utilizarea dispozitivelor testate mai usoara decat cea a celor folosite	la fel	nu, pentru ca trebuie sa am grija sa stau langa tableta cand fac masuratoarea	la fel	la fel	da mai ales ca nu detin personal un glucometru	la fel	la fel	da
Ce alte dispozitive vi s-ar mai parea util	Nu stiu ce mai exist pe piata. Mie mi-ar trebui ceva pentru masurat tensiunea periferica	EKG	EKG	nu stiu	nu stiu	nu stiu	nu stiu ce mai exista pe piata	EKG
Cat de usoara vi se pare utilizarea interfetei	neutru	neutru	relativ dificila	relativ dificila	neutru, cred ca ma descurc pentru ca am lucrat mult cu calculatoarele	-	dificila	dificila
Cat timp ati fi dispus sa testati platforma	1 luna	2 saptamani	1 luna	1 luna	1 luna	2 saptamani	1 luna	1 luna
Cat de des ati accepta sa efectuati masuratori in timpul unei zile	As masura ca de obicei, o data pe zi	o data pe zi	poate chiar de doua ori pe zi pentru hipertensiune si glucoza	o data pe zi pentru tensiune si puls, altele o data pe luna	o data pe zi	o data pe zi	o data pe zi	o data pe zi
Cat dispozitive ati fi dispus sa testati	toate	tensiometru, glucometru	tensiometru, oximetru, cantar	tensiometru, oximetru, cantar	tensiometru, oximetru, cantar	tensiometru, oximetru, cantar	tensiometru, glucometru	toate

## 4. Anexa B

Algoritmul actualizat de evaluare a disimilarității dintre două exerciții de mișcare care raportează, pe lângă scorul de disimilaritate dintre cele două mișcări și eroarea mișcării candidat față de modelul de exercițiu calculată pentru fiecare încheietură a corpului detectată de către senzorul Microsoft Kinect.

```

/// <summary>
/// Calculeaza distanta DTW dintre doua gesturi de miscare
/// a intregului corp, raportand diferenta fata de template pentru fiecare incheietura
/// in parte.
/// </summary>

enum Direction
{
    NONE = -1,
    LEFT = 0,
    DIAGONAL = 1,
    UP = 2,
};

public static double Sqr_DTW_AllJoints(
    BodyGesture gesture1,
    BodyGesture gesture2,
    ref double[] errorPerJoint)
{
    int n = gesture1.BodyPostures.Count;
    int m = gesture2.BodyPostures.Count;

    // stores the matching cost between postures from gesture1 to postures from gesture2
    double[,] cost = new double[n, m];

    // stores the alignment path in the cost[,] matrix for matching body postures
    Direction[,] direction = new Direction[n, m];
    ///
    /// computes the minimum cost alignment to match gesture1 to gesture2
    ///
    cost[0, 0] = BodyPosture.SqrEuclideanDistance(
        gesture1.BodyPostures[0], gesture2.BodyPostures[0]
    );
    direction[0, 0] = Direction.NONE;

    for (int j = 1; j < m; j++)
    {
        cost[0, j] = cost[0, j - 1] + BodyPosture.SqrEuclideanDistance(
            gesture1.BodyPostures[0],
            gesture2.BodyPostures[j]
        );
        direction[0, j] = Direction.LEFT;
    }
}

```

```

for (int i = 1; i < n; i++)
{
    cost[i, 0] = cost[i - 1, 0] + BodyPosture.SqrtEuclideanDistance(
        gesture1.BodyPostures[i],
        gesture2.BodyPostures[0]
    );
    direction[i, 0] = Direction.UP;
}

for (int i = 1; i < n; i++)
    for (int j = 1; j < m; j++)
    {
        double min = cost[i - 1, j - 1];
        Direction dir = Direction.DIAGONAL;
        if (min > cost[i - 1, j])
        {
            min = cost[i - 1, j];
            dir = Direction.UP;
        }
        if (min > cost[i, j - 1])
        {
            min = cost[i, j - 1];
            dir = Direction.LEFT;
        }
        cost[i, j] = min + BodyPosture.SqrtEuclideanDistance(
            gesture1.BodyPostures[i],
            gesture2.BodyPostures[j]
        );
        direction[i, j] = dir;
    }

///
/// computes the matching error at each posture joint
///
{
    errorPerJoint = new double[gesture1.BodyPostures[0].Joints.Count];
    int numMatchings = 0;
    int i = n - 1;
    int j = m - 1;
    while (i >= 0 && j >= 0)
    {
        // update error per joint
        double[] error = new double[errorPerJoint.Length];
        BodyPosture.SqrtEuclideanDistance(
            gesture1.BodyPostures[i],
            gesture2.BodyPostures[j],
            ref error
        );
        for (int t = 0; t < error.Length; t++)

```

```
        errorPerJoint[t] += error[t];
        numMatchings++;

        // advance to the next posture matching in the minimum cost alignment
        switch (direction[i, j])
        {
            case Direction.LEFT:
                j--;
                break;
            case Direction.UP:
                i--;
                break;
            case Direction.DIAGONAL:
                i--;
                j--;
                break;
            case Direction.NONE:
                i = -1;
                break;
        }
    }

    for (int t = 0; t < errorPerJoint.Length; t++)
        errorPerJoint[t] /= numMatchings;

    /// return (normalized) matching cost
    return cost[n - 1, m - 1] / numMatchings;
}
}
```