

### **Etapa IV/2017**

#### **RST – Realizare prototip. Testare prototip SIACT în laborator și spitale. Diseminare rezultate**

**Valoare buget: 137.272,00 lei**  
**Valoare cofinanțare: 35.646,00 lei**

##### ***Activități:***

- 1. Testare model experimental în laborator**
- 2. Realizare prototip**
- 3. Testare prototip SIACT în spitale**
- 4. Diseminare rezultate**
- 5. Participare la manifestări tehnico-stiințifice din domenii specifice proiectului**

În cadrul Etapei IV/2017 (etapa finală a proiectului), intitulată „**Realizare prototip. Testare prototip SIACT în laborator și spitale. Diseminare rezultate**”, membrii echipei de cercetare au realizat testarea modelului experimental SIACT în laborator, au definitivat realizarea prototipului sistemului și au testat funcționarea acestuia în spital pe pacienți cu afecțiuni neuromotorii, conform activităților prevăzute în planul de realizare al proiectului.

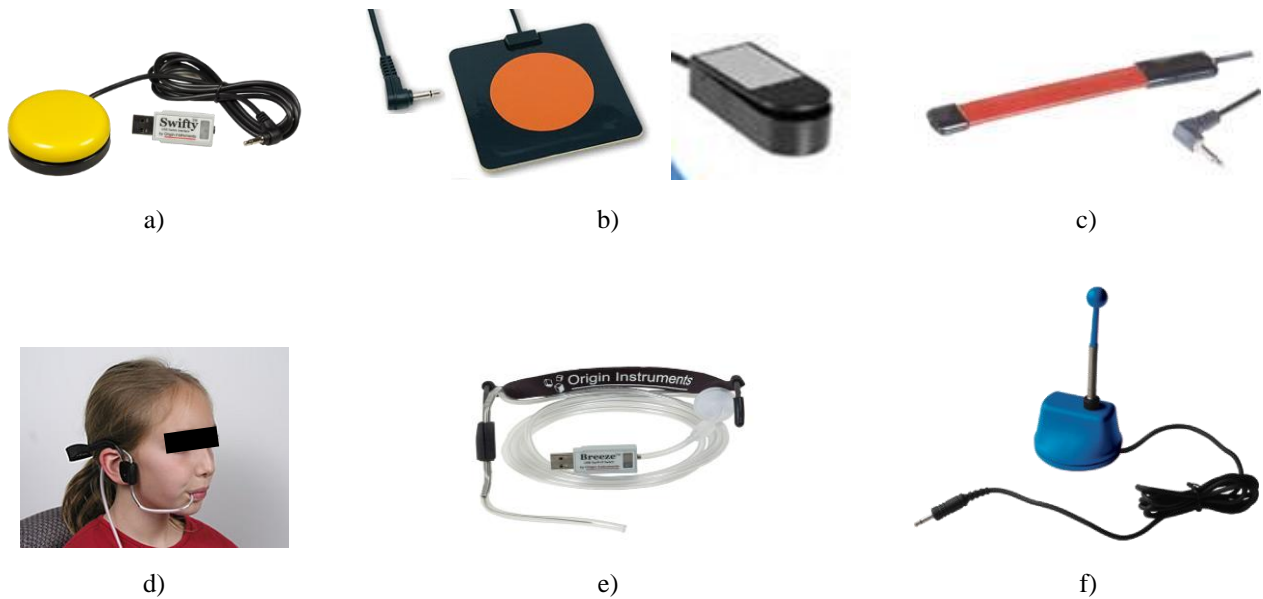
Coordonatorul proiectului (TUIASI) a definitivat realizarea **prototipul subsistemului de comunicare prin detecția privirii cu ajutorul analizei video a deplasării globilor oculari.**

Această componentă de comunicare a sistemului SIACT asigură *comunicarea bidirecțională* cu pacienții cu afecțiuni neuromotorii severe prin intermediul **tehnologiei cuvintelor/caracterelor cheie (KW)**: pacientului i se prezintă, în succesiune, cuvinte cheie, ideograme sau caractere alfanumerice, iar acesta, în funcție de starea sa fizică, selectează pe cel dorit, folosind un senzor de tip *comutator USB* sau prin intermediul *detecției direcției privirii*, captată cu o cameră video în infraroșu. În aceste scopuri se folosește o unitate de calcul pe ecranul căreia se derulează seturi de cuvinte cheie și/sau ideograme. Cuvântul/caracterul selectat se transmite calculatorului server și de aici la unitatea de calcul mobilă a îngrijitorului (Smartphone). În funcție de situație, îngrijitorul răspunde, iar răspunsul acestuia se transmite pacientului.

Structura hardware a subsistemului de comunicare SIACT include:

- senzorii (comutatoarele) pentru *detecția nevoii pacientului prin acționare manuală*, adaptați gradului de invaliditate al pacientului (exemple: comutatoare cu presiune cu acționare cu mâna, cu piciorul, prin flectare, inspirație/expirație, prin clătinare – Fig. 1) conectați prin portul USB la dispozitivul pacientului, reprezentat de laptop; acești senzori sunt utilizați de pacienții care pot efectua cel puțin o mișcare musculară controlată;

- sistemul pentru *deteția nevoii pacientului prin intermediul detecției privii* acestuia, format din:
  - *sistemul de detecție a privirii cu montare pe cap* (constituit dintr-o cameră video în infraroșu montată pe o ramă de ochelari) – Fig. 2.a) – în cazul pacienților complet imobilizați, cu nevoi speciale [50], care prezintă afecțiuni neuromotorii severe și care nu pot comunica cu alte persoane prin metodele clasice: prin vorbire, prin scris sau prin semne;
  - *sistemul de detecție a privirii de tip „remote”* (constituit dintr-un senzor în infraroșu, montat pe dispozitivul pacientului) – Fig. 2.b) – în cazul pacienților imobilizați, cu nevoi speciale, care nu suportă niciun dispozitiv atașat.



**Fig. 1.** Diverse tipuri de senzori (comutatoare USB) utilizabili pentru selecția cuvintelor cheie: a) comutator „cu apăsare” pentru mână/deget; b) comutatoare de presiune pentru acționare cu talpa piciorului; c) comutator cu bandă elastică cu acționare prin flectare (îndoire); d) - e) comutatoare cu acționare prin inspirație/expirație de tip „gooseneck”; f) comutator cu acționare prin clătinare (înclinare)



**Fig. 2.** a) Dispozitiv pentru detecția privirii cu montare pe cap (cameră video în infraroșu montată pe o ramă de ochelari); b) Dispozitiv pentru detecția privirii „remote” (senzor infraroșu plasat pe laptop-ul pacientului)

Componenta software a subsistemului de comunicare utilizat de SIACT este reprezentată de algoritmul pentru *deteția direcției privirii pacientului în timp real*, care include *calibrarea sistemului*, *deteția centrului pupilei*, *maparea între poziția centrului pupilei în imaginea furnizată de camera video și poziția cursorului pe ecranul utilizatorului*, precum și *selecția ideogramelor/cuvintelor cheie*.

Conform planului de realizare al proiectului, Partenerul P1 – UMF a **definitivat realizarea prototipului subsistemului pentru telemonitorizarea parametri fiziologici și a efectuat testarea în laborator și spital a acestuia**.

Alegerea parametrilor fiziologici care sunt monitorizați diferă în funcție de patologie, posibilități tehnice și financiare. Dintre aceste semnale s-au considerat doar cele relevante pentru afecțiunile frecvent telemonitorizate.

**Rețeaua de telemonitorizare** a parametrilor fiziologici este implementată cu ajutorul microcontrolerului MSP430F2274 de pe modulul eZ430 – RF2500 (Fig. 3).

Fiecare dispozitiv din rețea (Sensor Node – SN) este cuplat cu nodul central care la rândul său este conectat la calculatorul pacientului prin intermediul portului USB. Pe calculatorul pacientului rulează în background o *aplicație software* care preia datele prelevate de către dispozitivele medicale și le transmite mai departe către serverul SIACT, care le procesează, stochează, și, la nevoie, trimite alerte către supraveghetor.

Aplicația de telemonitorizare realizează următoarele funcții:

- preia datele de la modulele de prelevare a semnalelor prin intermediul interfețelor seriale sau a convertoarelor A/D;
- realizează automat analiza datelor achiziționate și calculul parametrilor fiziologici;
- se conectează periodic la calculatorul pacientului prin *Access Point*, unde descarcă valorile numerice ale parametrilor monitorizați, care sunt apoi transmise serverului SIACT;
- valorile parametrilor telemonitorizați se transmit prin rețeaua WI-FI de la server la dispozitivul supraveghetorului (reprezentat de Smartphone – Fig. 8) și se realizează alarmarea acestuia la depășirea valorilor normale ale parametrilor monitorizați.

În toate cazurile se realizează telemonitorizarea următorilor parametri fiziologici ai pacienților: *ritmul cardiac*, *saturația oxigenului în sânge*, *temperatura*. În funcție de necesități, sistemul poate telemonitoriza și alți parametri fiziologici, cum ar fi: *ritmul cardiac (HR)*, *saturația oxigenului din sânge (SpO<sub>2</sub>)*, *ritmul respirator (RR)*, *temperatura corporală (BT)* și *reacția galvanică a pielii (GSR)* (Fig. 4 – 7).



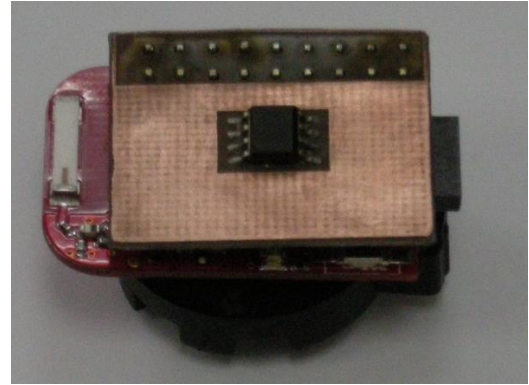
**Fig. 3.** Kit de dezvoltare wireless front end eZ430-RF2500 microcontroler si transceiver wireless



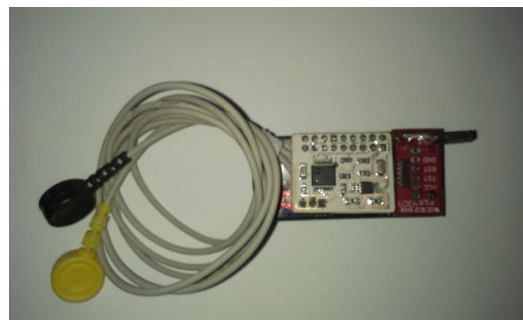
**Fig. 4.** Dispozitivul pentru telemonitorizarea ritmului cardiac și a saturației oxigenului din sânge



**Fig. 5.** Dispozitivul pentru telemonitorizarea ritmului respirator



**Fig. 6.** Dispozitivul pentru telemonitorizarea temperaturii corporale



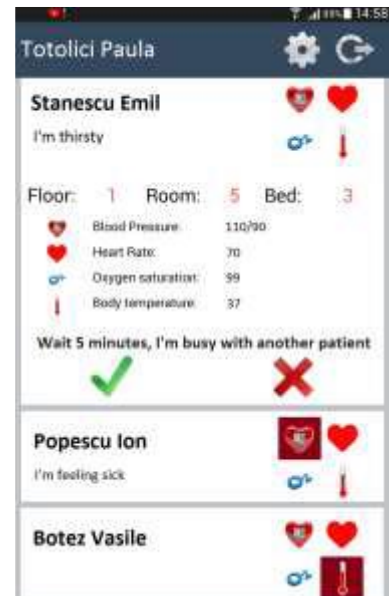
**Fig. 7.** Dispozitiv pentru telemonitorizarea răspunsului galvanic al pielii

În cadrul Etapei IV/2017, Partenerul P2 – RomSoft a **definitivat implementarea bazelor de date și a protocoalelor de comunicații pentru serverul SIACT, definitivând realizarea prototipului** prin integrarea tuturor subansamblelor software și hardware dezvoltate în etapele precedente.

*Structura software* a serverului sistemului SIACT include **bazele de date, protocoalele de comunicații** dintre *subsistemul pacientului* <==> *server* <==> *subsistemul supraveghetorului*, precum și **aplicația web SIACT** prin intermediul căreia se realizează dialogul dintre pacient și supraveghetor.

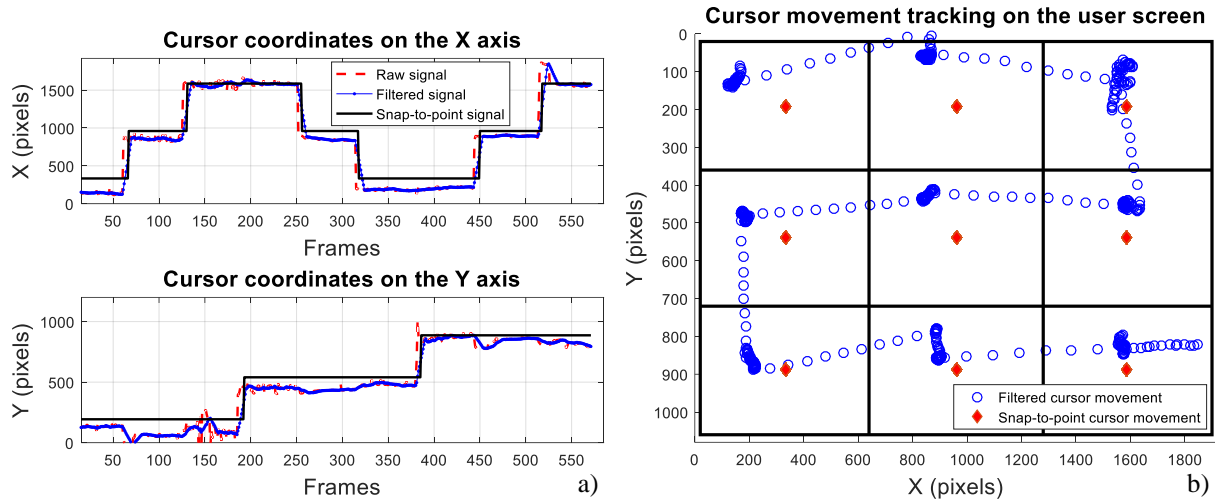
În cadrul acestei etape, Partenerul P2 – RomSoft a realizat testarea în laborator și spital a tuturor **sarcinilor aplicației web SIACT**: implementarea dialogului dintre pacient și supraveghetor, construirea propozițiilor, construirea mesajului și pagina conversațiilor.

Partenerul P2 - RomSoft a definitivat implementarea aplicație Web prin care medicul poate vizualiza, edita și construi un arbore de nevoi. Fiecare nod al acestuia este o ideogramă din baza de date. Astfel, parcurgând nodurile arborelui, de la rădăcină către frunze, se pot construi mesaje. În funcție de modul de detecție a nevoii pacientului, aplicația web a fost concepută să ruleze în două moduri: (1) pentru detecția nevoii pacientului prin intermediul unui comutator; (2) pentru detecția nevoii pacientului prin detecția direcției privirii pacientului.



**Fig. 8.** Subsistemul supraveghetorului (Smartphone)

În cadrul Etapei IV/2017, Coordonatorul proiectului (TUIASI) a **optimizat componenta software a subsistemului pentru detecția privirii prin introducerea tehnicii „snap-to-point” pentru stabilizarea cursorului pe ecranul pacientului**. Rezultatele obținute sunt ilustrate în Fig. 9. De asemenea s-au testat două tehnici pentru efectuarea selecției unei ideograme prin implementarea unui „click” de „mouse” prin intermediul *clipirilor voluntare* sau prin intermediul *fixării privirii utilizatorului în zona de selecție a unei ideograme pentru un interval de timp determinat („dwell time”)*.



**Fig. 9.** a) Semnalele nefiltrate, filtrate și obținute în urma aplicării tehnicii „snap-to-point”, furnizate de algoritmul de detecție al pupilei; b) Urma deplasării cursorului pe ecranul pacientului, corespunzătoare semnalelor filtrate și obținute în urma aplicării tehnicii „snap-to-point”

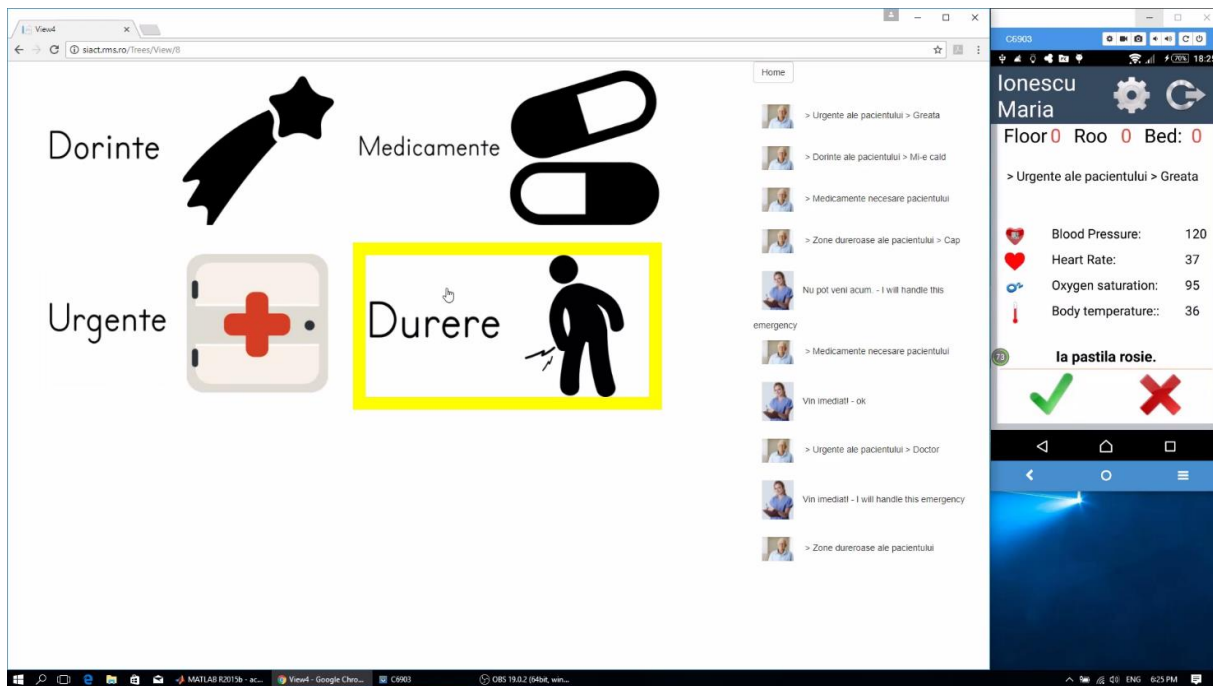
**Testarea modelului experimental SIACT în condiții de laborator** presupune testarea ambelor funcții ale sistemului, astfel:

- componenta de comunicare:
- cu ajutorul unui comutator adaptat gradului de invaliditate al pacientului (Fig. 1);
- prin intermediul detecției privirii, utilizând:
  - un dispozitiv „eye tracking” cu montare pe cap, format dintr-o cameră video în infraroșu poziționată pe o ramă de ochelari, concepută de echipa de cercetare a proiectului SIACT (Fig. 2.a);
  - un dispozitiv „eye tracking” de tip „remote” cu senzor infraroșu (disponibil comercial), montat pe dispozitivul pacientului, reprezentat de Laptop (Fig. 2.b);
- componenta pentru telemonitorizarea parametrilor fiziologici ai pacientului.

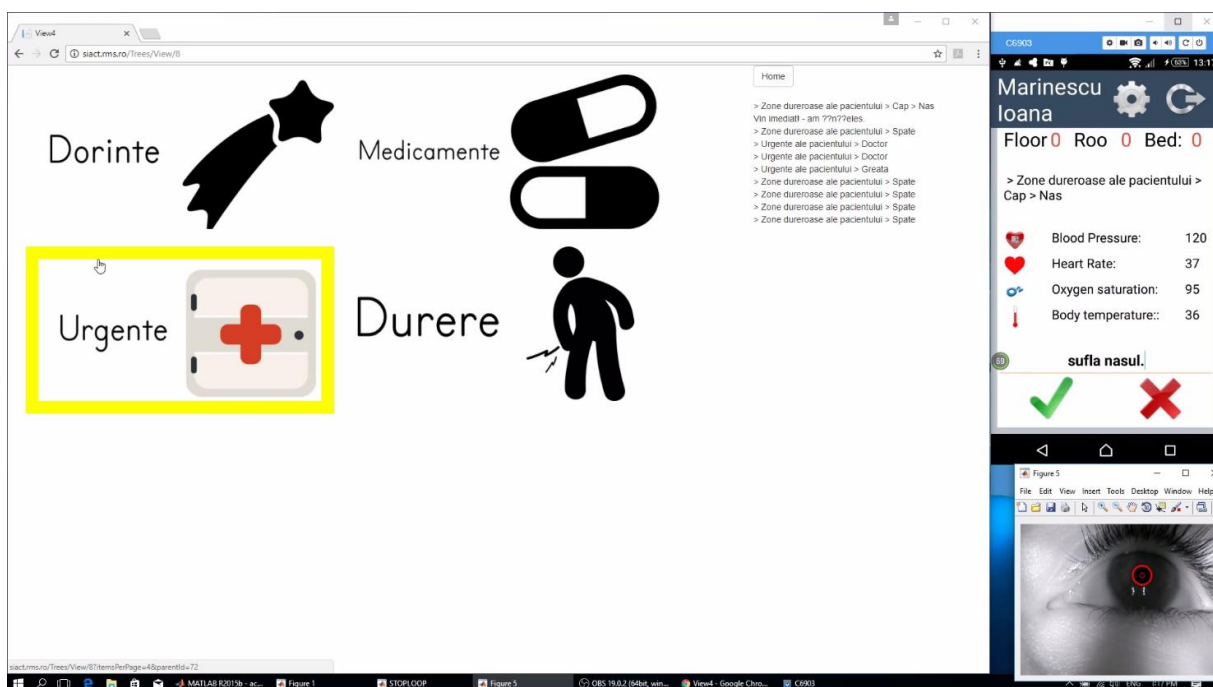
În Fig. 10 se exemplifică acest tip de comunicare bidirecțională între pacient și supraveghetor prin intermediul comutatorului, ilustrându-se ecranul dispozitivului pacientului, reprezentat de Laptop și respectiv, ecranul dispozitivului supraveghetorului, reprezentat de un Smartphone.

În Fig. 11 se exemplifică modul de comunicare bidirecțională între pacient și supraveghetor prin intermediul detecției privirii, ilustrându-se ecranul dispozitivului pacientului, reprezentat de Laptop, ecranul dispozitivului supraveghetorului, reprezentat de un Smartphone și respectiv imaginea ochiului furnizată de camera video în infraroșu.



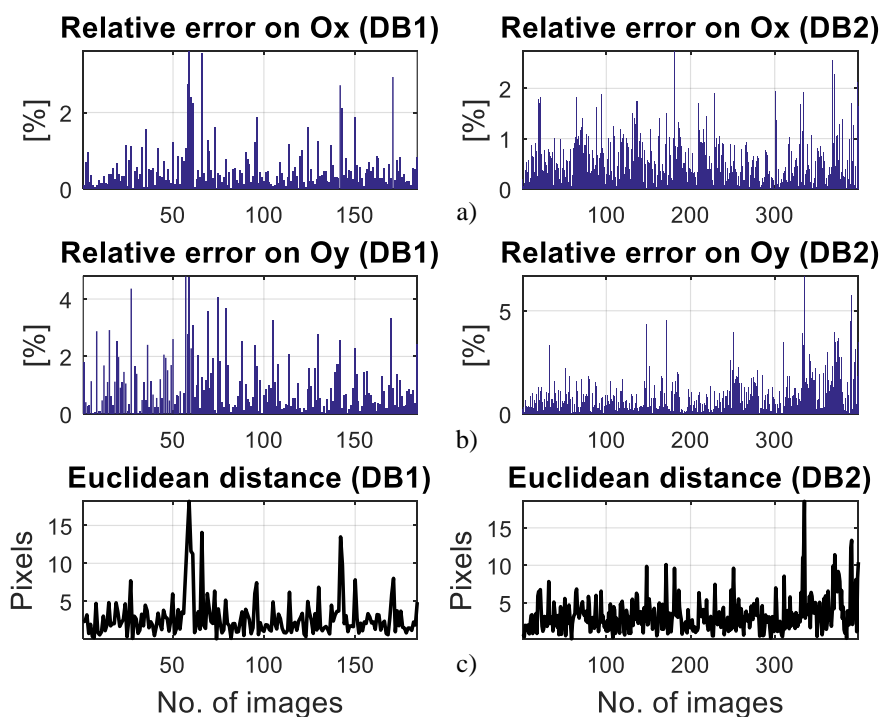


**Fig. 10.** Testarea funcției de comunicare SIACT prin intermediul comutatorului (ecranul dispozitivului pacientului – Laptop și ecranul dispozitivului supraveghetorului – Smartphone)

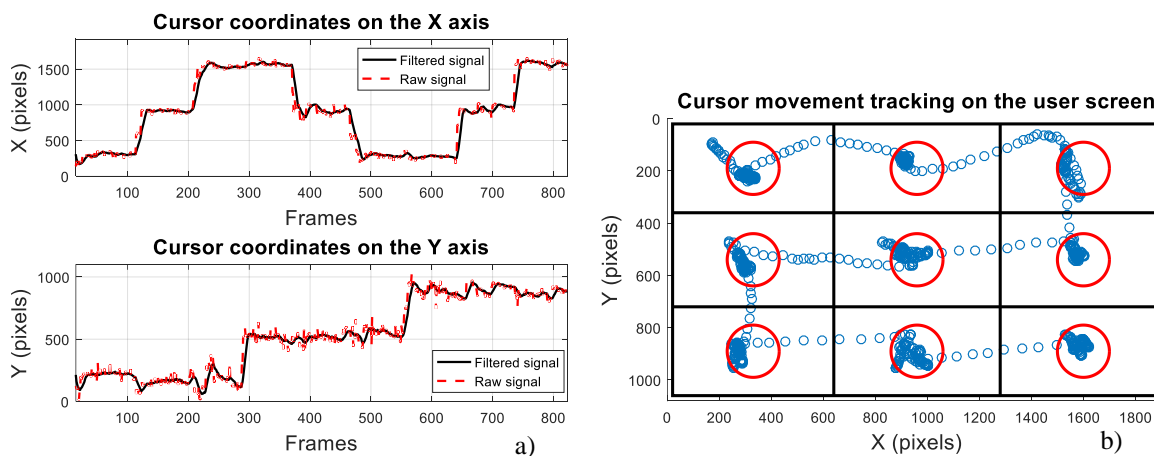


**Fig. 11.** Testarea funcției de comunicare SIACT prin intermediul detecției privirii (ecranul dispozitivului pacientului – Laptop, ecranul dispozitivul supraveghetorului – Smartphone și imaginea ochiului furnizată de camera video în infraroșu)

Testarea în laborator subsistemului pentru detecția privirii s-a efectuat **pe imagini statice ale ochiului** (Fig. 12) și **pentru imagini video ale ochiului preluate în timp real** cu ajutorul unui **dispozitiv de detecție a privirii cu montare pe cap** (constituit dintr-o **cameră video în infraroșu, montată pe o ramă de ochelari**) – Fig. 13, precum și cu ajutorul unui **dispozitiv de detecție a privirii de tip „remote”** (constituit dintr-un **senzor în infraroșu, montat pe dispozitivul pacientului**), utilizând tehnica **pupilei întunecate**.



**Fig. 12.** Eroarea relativă a centrului detectat al pupilei pe ambele axe ale sistemului de coordonate și distanța Euclidiană între centrul detectat și cel ideal al pupilei (pentru bazele de date BD1 și BD2) în cazul utilizării algoritmului RANSAC pentru detecția pupilei



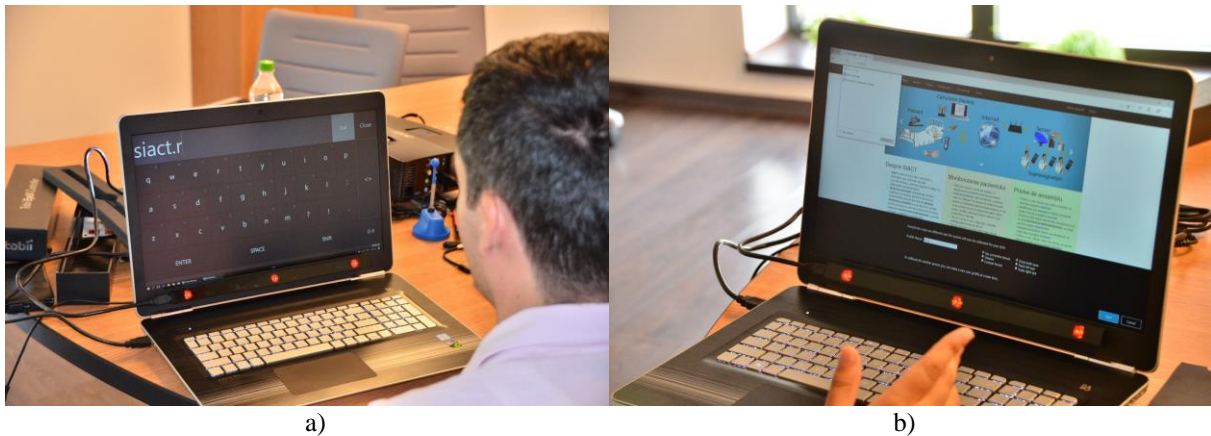
**Fig. 13.** a) Semnalele nefiltrat și filtrat furnizate de algoritmul de detecție a pupilei (care reprezintă coordonatele cursorului pe cele două axe); b) Poziția corespunzătoare a cursorului pe ecranul utilizatorului

În cadrul Etapei IV/2017 a proiectului, membrii echipei de cercetare au testat și componenta software a subsistemului SIACT concepută pentru **utilizare Internet și e-mail prin intermediul detecției privirii** utilizând modulul de detecție a privirii de tip „remote”.

Componenta hardware a sistemului pentru detecția privirii de tip „remote” este compusă dintr-un senzor pentru detecția ochilor în infraroșu (disponibil comercial), care este atașat laptop-ului pacientului, după cum se ilustrează în Fig. 14. a).

Evident, sistemul necesită și o componentă software, concepută de echipa de cercetare a proiectului SIACT, care este responsabilă de prelucrarea datelor furnizate de dispozitivul „eye tracking” de tip „remote” privind poziția cursorului pe ecranul pacientului și efectuarea unei selecții prin fixarea privirii într-o anumită zonă de selecție pentru un timp îndelungat.

Acest tip de interfață pentru detecția privirii, datorită performanțelor sale foarte bune și a ușurinței de utilizare, poate fi utilizată pentru construirea de propoziții cu ajutorul unei tastaturi virtuale (Fig. 14.a), precum și pentru implementarea componentei de utilizare Internet a sistemului SIACT (Fig. 14.b).



**Fig. 14.** a) Utilizarea subsistemului de detecție a privirii de tip „remote”; a) Testarea funcției de comunicare prin construire propoziții prin intermediul unei tastaturi virtuale; b) Testarea funcției de navigare Internet

### **Testarea componentei de telemonitorizare a parametrilor fiziologici în condiții de laborator**

Consumul de curent al fiecărui dispozitiv conține două componente: componenta datorată etajului de achiziție (măsurare) a semnalelor (parametrilor fiziologici) și componenta datorată transmisiei radio (kitului de dezvoltare wireless eZ430-RF2500). Pentru optimizarea consumului de curent al modului radio, transmisia datelor către serverul pacientului are loc la momente discrete de timp, în pachete. Pentru optimizarea consumului de curent al transceiverului radio, transmisia datelor către serverul pacientului este realizată la momente discrete de timp (Tabelul 1), după care circuitul este trecut în modul “sleep”. De asemenea, microcontrolerul fiecărui senzor este trecut în regimul de funcționare cu consum redus de energie “low power”, în momentele de inactivitate ale acestuia.

Testarea acurateței de măsurare a saturației oxigenului ( $SpO_2$ ) și a ritmului cardiac (HR) s-a realizat folosind simulatorul METRON  $SpO_2$  Analyser. Analizorul este uzual folosit pentru testarea cu precizie ridicată a puls oximetrelor comerciale.

Rezultatele obținute din Fig. 15 arată faptul că ritmul cardiac este calculat cu acuratețe maxim posibilă în intervalul 30 – 250 bpm. Din Fig. 16 se observă că eroarea de măsură pentru  $SpO_2$  este mai mică sau egală cu  $\pm 2\%$  pentru 80 – 99%  $SpO_2$ , similară cu cea a unui puls oximetru comercial.



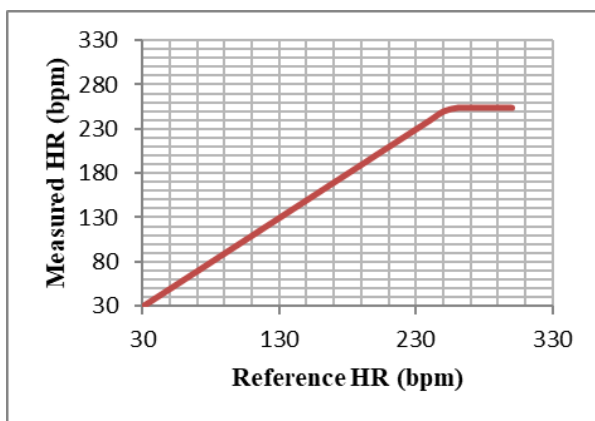


Fig. 15. Acuratețea măsurării ritmului cardiac

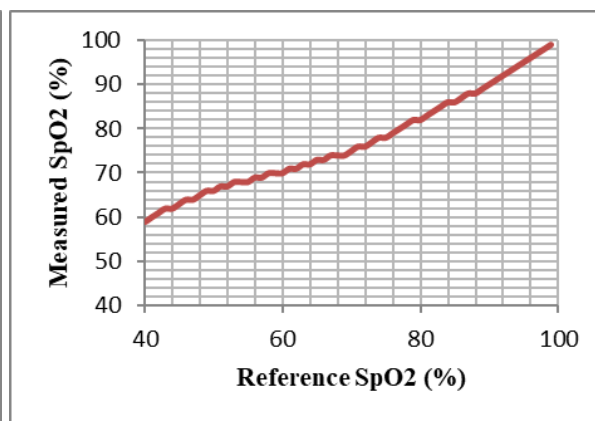


Fig. 16. Acuratețea măsurării saturației O2 (%)

Testarea preciziei măsurării temperaturii s-a realizat folosind ca referință de temperatură un termometru medical, plasat într-o incintă izolată termic împreună cu dispozitivul de telemonitorizare a temperaturii corporale. Rezultatele obținute sunt prezentate sub formă grafică în Fig 17.

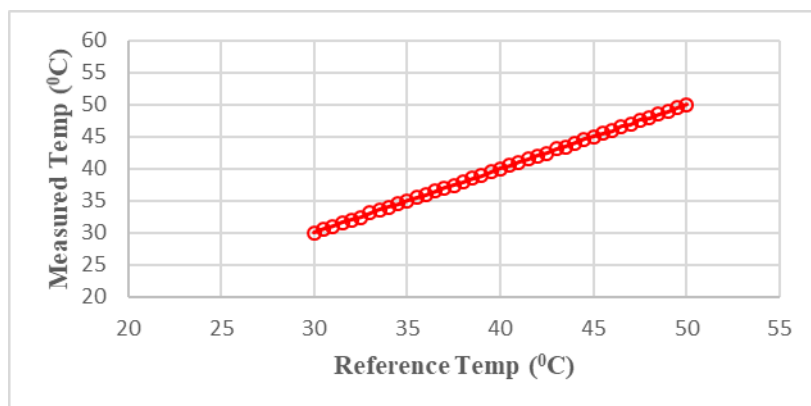


Fig. 17. Acuratețea măsurării temperaturii (°C)

În urma analizei datelor din Fig. 17, se observă că dispozitivul de telemonitorizare măsoară temperatura cu o eroare mai mică decât  $\pm 0.15^{\circ}\text{C}$ .

Membrii echipei de cercetare au efectuat **testarea ambelor funcții ale prototipului SIACT în Spitalul Clinic „Dr. C. I. Parhon” din Iași, Clinica de „Geriatric – Gerontologie”, pe pacienți cu diferite afecțiuni neuromotorii**, utilizând cele două tehnici menționate mai sus pentru detecția nevoii pacientului (comutator și interfața „eye tracking”).

Testarea componentei pentru telemonitorizarea parametrilor fiziologici ai pacienților în spital a constat în urmărirea achiziției și transmisiei corecte a valorii măsurate în baza de date a serverului SIACT. Au fost telemonitorizați doi parametri fiziologici: ritmul cardiac și saturația oxigenului din sânge. Valorile înregistrate în baza de date (Fig. 18) au fost comparate cu cele înregistrate cu aparatura din spital, obținând o similaritate în proporție de 98%.

Pentru aprecierea funcționalității sistemului SIACT, echipa noastră de cercetare a propus un chestionar, adresat pacienților care au testat sistemul în Spitalul Clinic „Dr. C. I. Parhon” din Iași, Clinica de „Geriatric – Gerontologie”.

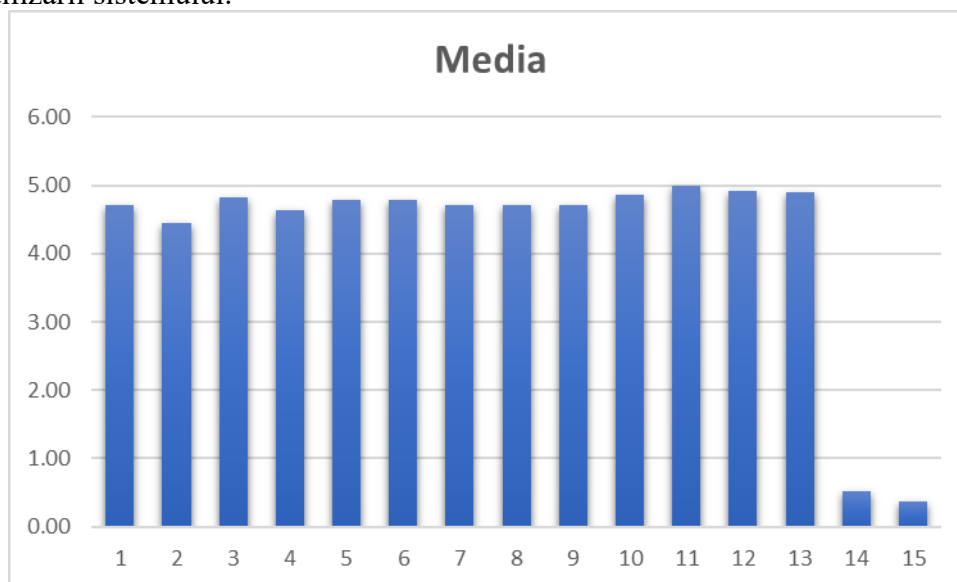
Răspunsul a fost apreciat pe o scară de valori cuprinsă între **0** și **5**, bifându-se în tabelul de răspuns valoarea care corespunde cel mai bine aprecierii pacientului.

7/27/2017 12:31:17 PM	Gelu Cocos	Ritm Cardiac	67	Delete
7/27/2017 12:31:17 PM	Gelu Cocos	Saturatie Oxigen	93	Delete
7/27/2017 12:31:26 PM	Gelu Cocos	Ritm Cardiac	69	Delete
7/27/2017 12:31:26 PM	Gelu Cocos	Saturatie Oxigen	93	Delete
7/27/2017 12:31:36 PM	Gelu Cocos	Ritm Cardiac	68	Delete
7/27/2017 12:31:37 PM	Gelu Cocos	Saturatie Oxigen	93	Delete
7/27/2017 12:31:49 PM	Gelu Cocos	Ritm Cardiac	68	Delete
7/27/2017 12:31:49 PM	Gelu Cocos	Saturatie Oxigen	93	Delete
7/27/2017 12:32:00 PM	Gelu Cocos	Ritm Cardiac	67	Delete
7/27/2017 12:32:01 PM	Gelu Cocos	Saturatie Oxigen	93	Delete
7/27/2017 12:32:09 PM	Gelu Cocos	Ritm Cardiac	67	Delete
7/27/2017 12:32:10 PM	Gelu Cocos	Saturatie Oxigen	93	Delete
7/27/2017 12:32:19 PM	Gelu Cocos	Ritm Cardiac	67	Delete
7/27/2017 12:32:19 PM	Gelu Cocos	Saturatie Oxigen	93	Delete
7/27/2017 12:32:29 PM	Gelu Cocos	Ritm Cardiac	67	Delete
7/27/2017 12:32:29 PM	Gelu Cocos	Saturatie Oxigen	93	Delete
7/27/2017 12:50:23 PM	Gelu Cocos	Ritm Cardiac	87	Delete
7/28/2017 9:18:24 AM	Gelu Cocos	Saturatie Oxigen	97	Delete
7/28/2017 9:18:33 AM	Gelu Cocos	Ritm Cardiac	93	Delete
7/28/2017 9:18:33 AM	Gelu Cocos	Saturatie Oxigen	97	Delete

**Fig. 18.** Valori înregistrate în baza de date SIACT în cadrul testelor de la Spitalul Clinic „Dr. C. I. Parhon” Iași

În Fig. 19 se prezintă rezultatele chestionarului pentru aprecierea SIACT de către pacienții care au efectuat testarea sistemului în spitalul Clinic „Dr. C. I. Parhon” din Iași.

Fig. 19 prezintă mediile notelor acordate de pacienții care au testat sistemul SIACT pentru fiecare întrebare adresată acestora. Este de remarcat că ultimele două întrebări din chestionar s-au referit la gardul de oboseală și disconfort provocat de sistemul SIACT, nota „0” semnificând în acest caz niciun grad de oboseală sau disconfort resimțit de pacienți în timpul utilizării sistemului.



**Fig. 19.** Valoarea medie a aprecierilor pacienților care au testat sistemul SIACT în cadrul Spitalului Clinic „Dr. C. I. Parhon” din Iași

Toate obiectivele Etapei de execuție nr. IV/2017 și activitățile prevăzute au fost realizate în totalitate, conform cu planul de realizare al contractului SIACT.

Astfel, toate etapele, obiectivele și activitățile prevăzute în cadrul proiectului au fost realizate în totalitate, conform cu planul de realizare al contractului SIACT.

În continuare se prezintă câteva imagini din timpul testării sistemului SIACT în Spitalul Clinic „Dr. C. I. Parhon” din Iași, Clinica de „Geriatrică – Gerontologie”, pe pacienți cu diferite afecțiuni neuromotorii.



**Fig. 20.** Testarea în Spital a componentei de comunicare a modelului experimental SIACT prin comutator USB



**Fig. 21.** Testarea în Spital a componentei de comunicare prin detecția privirii cu ajutorul unui dispozitiv „eye tracking” cu montare pe cap a modelului experimental SIACT





**Fig. 22.** Testarea în Spital a componentei de comunicare prin detecția privirii cu ajutorul unui dispozitiv „eye tracking” de tip „remote” a modelului experimental SIACT



**Fig. 23.** Testarea în Spital a funcțiilor de comunicare prin detecția privirii cu ajutorul unui dispozitiv „eye tracking” de tip „remote” și de telemonitorizare a parametrilor fiziologici



Fig. 24. Imagine din timpul testării SIACT cu modul de „eye tracking” pentru navigare pe Internet (accesarea prin detecția privirii a paginii WEB a proiectului SIACT)

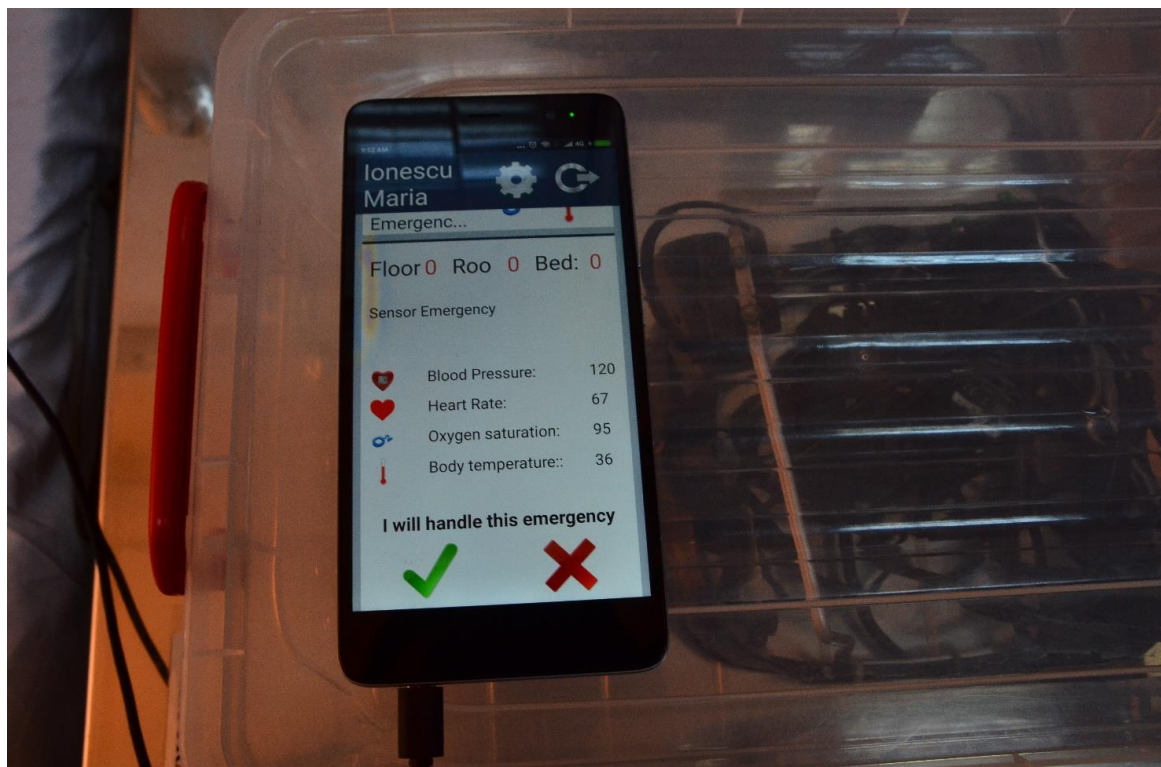
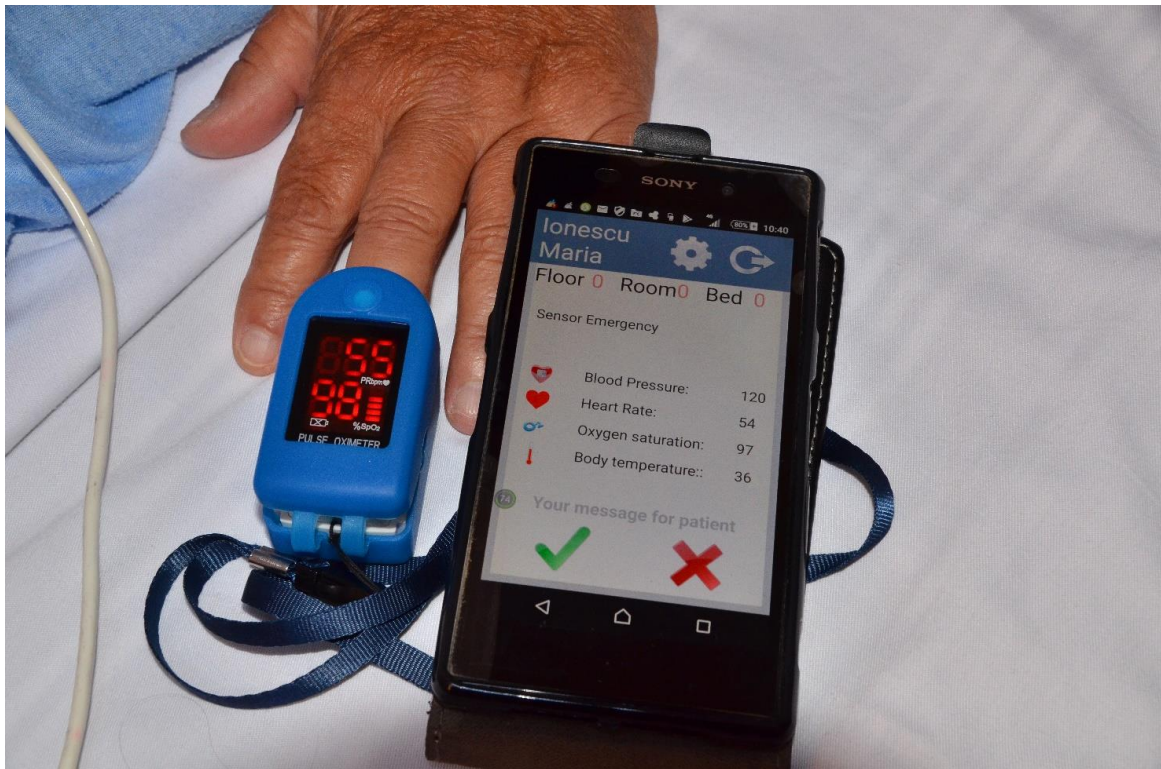


Fig. 25. Testarea în Spital a componentei de comunicare a modelului experimental SIACT – dispozitivul supraveghetorului (Smartphone)





a)



b)

**Fig. 26.** Transmiterea parametrilor fiziologici telemonitorizați (ritmul cardiac, saturația oxigenului în sânge și temperatura) la dispozitivul Supraveghetorului (a, b)