

Suport integrat bazat pe tehnologii IoT pentru îmbunătățirea calității vieții persoanelor în vârstă

Lidia BĂJENARU, Ion Alexandru MARINESCU, Ciprian DOBRE, Mihaela TOMESCU

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică – ICI București

lidia.bajenaru@ici.ro, ion.marinescu@ici.ro, ciprian.dobre@ici.ro, mihaela.tomescu@ici.ro

Rezumat: Ritmul crescut de îmbătrânire a populației la nivel mondial conduce către necesitatea pregătirii de sisteme de asistență medicală și socială pentru persoanele în vârstă. În acest context, apar provocările de a dezvolta tehnologii care să răspundă nevoilor adulților în vârstă, să se adapteze declinului cognitiv și perceptual al acestora. Proiectul vINCI dezvoltă un cadru integrat și validat utilizând Internetul lucrurilor (IoT), care este capabil să îmbunătățească asistența medicală profesională, oferind monitorizare și sprijin persoanelor în vârstă. Acest lucru duce în mod natural la o calitate mai bună a vieții și la favorizarea îmbătrânirii active a utilizatorilor sistemului. În acest articol sunt prezentate considerente de proiectare pentru sistemul de monitorizare vINCI, particularități ale tehnologiei folosite care facilitează comunicarea, interacțiunea și exploatarea datelor primite de la dispozitive IoT. Datele colectate vor fi utilizate pentru a construi modele personalizate de monitorizare a stării pacientului. vINCI oferă o oportunitate fezabilă pentru persoanele în vârstă de a-și evalua independent calitatea vieții și factorii de risc, precum și de a primi un feedback direct care le-ar permite să ia măsuri adecvate pentru a-și îmbunătăți condițiile de viață și a preveni evenimente nedorite care le pot afecta starea de sănătate fizică și mintală.

Cuvinte cheie: Internetul lucrurilor (IoT), calitatea vieții, persoane vârstnice, proiect vINCI.

Integrated support based on IoT technologies for improving the elderly's quality of life

Abstract: The worldwide increasing pace of population leads to the need to prepare health and social care systems for the elderly. In this context, there are challenges to develop technologies that meet the needs of older adults, to adapt to their cognitive and perceptual decline. The vINCI project develops an integrated and validated Internet of Things (IoT) framework that is able to improve occupational health care by providing monitoring and support to older people. This naturally leads to a better quality of life and an increase in the active aging of system users. This paper presents design considerations for the vINCI monitoring system, features of the technology used, which facilitate the communication, interaction and exploitation of data received from IoT devices. The collected data will be used to build personalized patient monitoring models. vINCI provides a feasible opportunity for older people to independently assess their quality of life and risk factors, as well as to receive direct feedback that would allow them to take appropriate measures to improve their living conditions and prevent unwanted adverse events that may affect their physical and mental health.

Keywords: Internet of Things - IoT, Quality of Life - QoL, elderly, vINCI project.

1. Introducere

În prezent, de cele mai multe ori procesul de îmbătrânire este asociat cu nevoia crescută de asistență socială și medicală a persoanelor vârstnice, ceea ce implică în unele cazuri schimbări majore în desfășurarea activităților zilnice, cu implicații negative asupra calității vieții acestora. Datorită schimbărilor demografice anticipate la nivel european (se estimează că numărul persoanelor cu vârsta peste 65 de ani va crește de la 27,8% la 50,1% din totalul populației până în 2060 (European Commission, 2018)), cererea pentru servicii medicale și de îngrijire a persoanelor vârstnice va fi debalansată în raport cu oferta existentă, fapt ce va antrena o presiune uriașă asupra bugetelor de asigurări de sănătate la nivelul țărilor membre.

În această situație, calitatea vieții (Quality of Life - QoL) și bunăstarea persoanelor în vârstă vor trebui susținute prin intermediul practicilor de îngrijire complementare, bazate pe tehnologii IoT (Sarvimaki, 2000). Dispozitivele integrate cu soluții de asistență personalizată, pot avea un impact pozitiv asupra diferitelor dimensiuni ale sănătății și calității vieții și pot fi utilizate ca mediatori în optimizarea operațională a serviciilor de îngrijire.

În prezent *Internetul lucrurilor (Internet of Things - IoT)* a devenit o nouă imagine a modului în care va arăta viitorul în următorii ani, deoarece numărul de dispozitive care pot avea acces la Internet a crescut constant. Din ce în ce mai multe dispozitive și senzori sunt interconectați, aceștia pot fi controlați cu ușurință de la distanță, iar multitudinea de tipuri de date care sunt generate constituie baza pentru oportunități deosebite în ceea ce privește produsele și serviciile inovatoare (Atzori et al., 2017).

Impactul IoT în domeniul medicinei este poate cel mai important (Dimitrov, 2016). Interesul tot mai mare pentru metodele de utilizare a noilor tehnologii și procese de afaceri pentru dezvoltare și îngrijire a pacienților a atras în mod deosebit atenția asupra unor termeni precum *Medicine IoT* (mIoT) și *Pharma IoT*. În ultimii ani, au fost propuse și studiate o gamă de aplicații de asistență medicală utilizând dispozitive IoT portabile. Un sondaj arată progresele recente în acest domeniu (Islam et al., 2015) și modul în care sistemul de sănătate bazat pe IoT încurajează economiile și societățile spre o dezvoltare durabilă.

Studiile arată că persoanele vârstnice din Europa, inclusiv din țara noastră, sunt expuse la diverși factori de risc, o proporție semnificativă dintre aceștia trăiesc singure, și majoritatea dezvoltă o depresie care, la rândul ei, atrage un mod de viață inactiv atât din punct de vedere fizic cât și intelectual, pe lângă prezența inerentă a factorilor de risc vascular și de boli neurodegenerative (De Bacquer et al., 2019), (Maierà, 2010). Cea mai mare parte dintre acești factori de risc sunt potențial modificabili, condiția fiind însă de a fi precoce identificați și corecți împreună cu organizarea unui mod de viață sănătos, personalizat în funcție de existența acestor factori de risc care trebuie cunoscuți atât de către pacienți cât și de personalul medical, pentru ca împreună să stabilească cea mai corectă prevenție și tratament pentru problemele de sănătate majore pentru vârsta a treia (Krause et al., 1997).

Realizarea de soluții integrate pentru promovarea îmbătrânirii active și viață independentă, cu aplicații centrate pe utilizator, ce oferă servicii de „*social networking*”, precum și servicii de comunicare cu personalul clinic, într-o manieră care să reflecte stilul de viață al persoanei în vârstă, nevoile, obiceiurile, preferințele, orientările culturale și sociale, devine din ce în ce mai mult o necesitate (World Health Organization, 2018), (Ianculescu et al., 2018).

Proiectul vINCI (*Clinically-validated INtegrated Support for Assistive Care and Lifestyle Improvement: the Human Link – vINCI*) propune crearea unei platforme tehnologice integrate și anume: dezvoltarea unui cadru integrat și validat utilizând IoT prin oferirea de servicii de monitorizare și asistență nonintruzivă a persoanelor în vârstă, care să vină în sprijinul acestora dar și al familiilor lor, care nu dispun de timpul sau posibilitatea de a-i îngriji permanent. Sistemul vINCI se adresează și persoanelor care oferă îngrijiri și asistență medicală persoanelor vârstnice, precum și diverselor organizații medicale. Proiectul vINCI propune o abordare inovatoare pentru furnizarea de servicii de asistență personalizate pentru pacienții dintr-un ecosistem bazat pe IoT. În acest context, provocarea o reprezintă tehnologiile folosite care să poată răspunde nevoilor adulților în vârstă, de a se adapta declinului cognitiv și perceptual, să îi sprijine în desfășurarea activităților cotidiene, protejând în același timp confidențialitatea, independența și securitatea informațiilor.

Una dintre provocările proiectării eficiente a acestor tehnologii este înțelegerea modelului conceptual al persoanelor în vârstă. Modelele din sfera tehnologiei informaționale tradiționale nu sunt suficiente pentru a răspunde cerințelor utilizatorilor, există suficiente lacune identificate în această direcție (Nasir et al., 2008). Tehnologia vINCI ar putea oferi o soluție fezabilă, adaptată și agreabilă persoanelor în vârstă în a-și evalua independent calitatea vieții și factorii de risc, precum și de a primi un feedback direct, ceea ce le-ar permite să ia măsuri adecvate pentru a-și îmbunătăți condițiile de viață și a preveni evenimentele negative nedorite care le pot afecta starea de sănătate fizică și mintală.

Pentru a asigura cel mai înalt nivel de control al calității, de monitorizare automatizată și guvernare a datelor, pentru verificare și testare (validare clinică) a tehnologiei vINCI sunt lansate doi piloți multidisciplinari în medii controlate (în România și Cipru) și alți doi piloți de tip *open-call* (în România și Slovenia) cu implicarea persoanelor în vârstă din țările partenere.

În lucrări anterior publicate sunt prezentate componente ale sistemului vINCI (Dobre et al., 2019), modele conceptuale ale profilului pacientului (Băjenaru, L. et al., 2019), modele și metodologii privind calitatea vieții (Balog et al., 2019), elemente arhitecturale, abordarea holistică capabilă să coreleze și să conecteze domeniile de asistență medicală multiplă, informații centrate pe pacient și tehnologie (Coardoș et al., 2020).

În acest articol sunt prezentate considerente de proiectare pentru sistemul de monitorizare vINCI, particularități ale tehnologiei ce facilitează comunicarea, interacțiunea și exploatarea datelor primite de la dispozitive IoT. Datele colectate vor fi utilizate pentru a construi modele personalizate de monitorizare a stării persoanei vârstnice care folosește tehnologia.

2. Platforma vINCI

În acest capitol sunt identificate cerințe funcționale și non-funcționale pe baza unui studiu al literaturii de specialitate și al unor proiecte specifice proiectului. După analiza acestor cerințe, au fost stabilite cele mai importante cerințe funcționale și non-funcționale pentru sistemul vINCI, care sunt prezentate în continuare.

2.1 Identificarea cerințelor funcționale și non-funcționale

Stabilirea cerințelor este un proces care necesită colectarea și interpretarea datelor, după înțelegerea corectă a nevoilor utilizatorilor. Ca urmare, implicarea tuturor părților interesate este esențială în acest proces. Stabilirea unui set inițial de cerințe și nevoi ale utilizatorilor, în ceea ce privește suportul tehnologic și independența, are la bază o analiză detaliată a literaturii în domeniu.

vINCI are la bază o metodologie centrată pe utilizator pentru identificarea nevoilor sale constituită din aplicarea proiectării centrate pe utilizator (*User Centrated Design-UCD*) (LeRouge et al., 2013), analiza cerințelor identificate pe baza unui studiu al literaturii de specialitate și utilizarea observațiilor efectuate în timpul evaluărilor prototipului de către participanții la studiu în mediul lor real. Relația dintre mai multe elemente pentru definirea nevoilor și cerințelor utilizatorului final este prezentată în Figura 1.

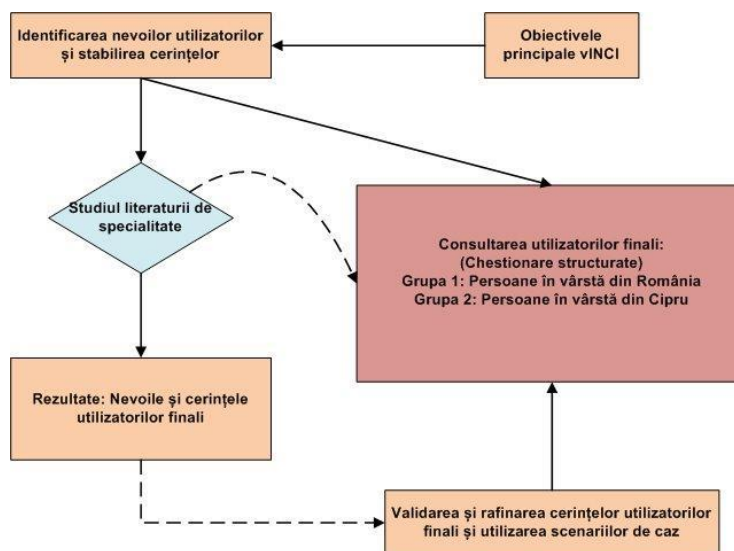


Figura 1. Fluxul procesului de analiză a nevoilor utilizatorilor

Rezultatele acestui studiu al literaturii de specialitate au permis înțelegerea domeniului și a fondului teoretic pentru dezvoltarea ulterioară a celor două chestionare extinse de colectare și identificare a cerințelor (unul adresat grupului de persoane în vârstă și celălalt adresat utilizatorilor formali și informali).

Diverse studii și proiecte specifice domeniului (Beyond Silos Project, InCASA Project, Universall Project) au evidențiat legătura dintre utilizarea serviciilor și tehnologiei bazate pe

Tehnologia informației și a comunicațiilor - TIC și modul în care acestea pot avea un impact pozitiv asupra diferitelor dimensiuni ale sănătății și calității vieții adulților în vârstă și a modului în care acestea pot fi utilizate pentru optimizarea operațională a serviciilor de îngrijire. În plus, aceste studii au urmărit să investigheze semnificațiile pentru promovarea îmbătrânirii active, aplicații centrate pe persoană și bazate pe evenimente, susținute de o soluție TIC (mai precis, servicii de asistență personalizate pentru pacienții dintr-un ecosistem bazat pe IoT), într-o manieră care să reflecte stilul de viață, nevoile, obiceiurile uzuale și preferințele, orientările culturale și sociale ale adulților în vârstă.

Relația dintre vârstnici și TIC cunoaște diverse fațete. Pe de o parte, este vorba despre avantajele sau oportunitățile sale specifice care permit vârstnicilor să rămână mai mult timp în propriile case, pe de altă parte, este lipsa nevoilor din viața de zi cu zi, anxietatea de a intra în contact cu TIC, lipsa de experiență și cunoaștere a TIC, percepția persoanei privind eficiența scăzută în utilizarea sistemului, de a fi prea în vârstă pentru a învăța și de a avea puțină încredere în sistem (Băjenaru, O.L. et al., 2019) (Eulalia et al., 2009).

Cele mai întâlnite aplicații, care utilizează TIC, dedicate vârstnicilor sunt:

- *Interacțiune socială, integrare socială și asistență socială* (e-mail, mesagerie instantanee, camere de chat);
- *Monitorizare și supraveghere* (transmiterea informațiilor despre starea persoanelor în vârstă și condiții, precum parametrii stării de sănătate, pot fi colectate la domiciliu și transmise atât furnizorilor de servicii medicale, cât și familiilor sau altor îngrijitori);
- *Tehnologii de asistență și de mobilizare pentru efectuarea unor activități*, care pot varia de la dispozitive cu tehnologie scăzută, cum ar fi bastoanele și cadrele pentru mers până la dispozitive de înaltă tehnologie, cum ar fi scaunul cu roțile;
- *Comerț electronic (e-commerce)*, care variază de la depunerea electronică directă pe cecuri până la comandarea de bunuri și servicii pe Internet;
- *Tehnologie la locul de muncă*: Există indicii că persoanele care lucrează doresc să rămână active în muncă mai mult ca în trecut, astfel încât programele de instruire ar trebui să fie concepute pentru a ține cont de schimbările cognitive, senzoriale și fizice care însoțesc îmbătrânirea;
- *Transport și mobilitate*: Renunțarea la a conduce autoturismul are efecte negative asupra stării de bine a unor persoane în vârstă. Tehnologia are potențialul nu numai de a reduce barierele pentru a continua conducerea, dar și de a spori siguranța șoferilor mai în vârstă (de exemplu: angrenaj larg, tracțiune spate, iluminare mai bună, avertizare audio) (Cutler, 2006).

Unele studii (Claes et al., 2013) au arătat că dezvoltarea și implementarea monitorizării fără contact pentru persoanele în vârstă care să le sprijine în activitățile lor de zi cu zi poate avea succes. Vârstnicii acceptă monitorizarea fără contact în trei etape:

- Etapa inițială;
- Familiarizarea cu noua tehnologie;
- După utilizarea frecventă a tehnologiei, vârstnicii acordă mai puțină atenție la ce se întâmplă odată ce este activat un senzor și acționează normal, monitorizarea fără contact neinfluențându-le negativ rutina zilnică.

2.2 Specificarea cerințelor funcționale și nefuncționale pentru sistemul vINCI

Pe baza studiului proiectelor relevante din domeniul TIC, dedicate îmbătrânirii active și sănătoase, ce includ soluții diverse și inovatoare în toate aspectele vieții persoanelor în vârstă, s-a observat că folosirea TIC în încercarea de a aborda subiecte importante pentru îmbunătățirea calității vieții vârstnicilor, cum ar fi creșterea stimei de sine, stabilirea relațiilor sociale pe termen lung care vor permite interacțiuni sociale și participarea și asistarea vârstnicilor în nevoile lor zilnice (Active Assisted Living Programme, 2019).

Rezultatele acestui studiu subliniază un succes potențial al unui suport bazat pe TIC în viața de zi cu zi a vârstnicilor care le permite să fie independenți.

Pe baza analizei rezultatelor acestui studiu au fost identificate cele mai importante cerințe funcționale și nefuncționale ale sistemului vINCI.

Cele mai importante cerințe funcționale (vINCI Project, 2018) sunt următoarele:

- *Senzorii de intrare și achiziție de date:* Efectuarea unei monitorizări noninvazive a persoanelor în vârstă și oferirea de asistență de îngrijire pentru acestea. Sistemul va utiliza senzori care pot fi purtați sau de mediu pentru a ajuta la monitorizarea persoanei în vârstă. Senzorii trebuie să realizeze achiziția unui set de date de intrare solicitate de sistem. Informațiile vor fi colectate și transmise dispozitivului principal prin conexiune cu fir sau fără fir;
- *Detectarea activității fizice și sociale:* Sistemul ar trebui să interpreteze diferite tipuri de comportament al utilizatorului și să ofere utilizatorilor servicii de alertare în cazul schimbării stilului de viață obișnuit;
- *Identificarea timpurie a problemelor legate de sănătate:* Tehnologia vINCI trebuie să identifice riscurile de sănătate a persoanei în vârstă după primirea unui *feedback* direct, pentru ca apoi să ofere recomandări specifice;
- *Validarea datelor clinice:* Datele vINCI trebuie corelate cu datele obținute prin evaluarea geriatrică multidimensională specializată;
- *Evaluarea impactului asupra calității vieții:* După utilizarea tehnologiei pentru o perioadă de șase luni, sistemul trebuie să identifice orice modificare a scorurilor care ar putea avea legătură cu utilizarea tehnologiei;
- *Procesarea în loturi și în timp real a datelor stocate în baza de date:* Prelucrarea în timp real poate fi utilizată pentru a detecta apariția unor evenimente importante, în timp ce procesarea în loturi poate fi folosită pentru a analiza toate datele primite într-un interval de timp dat, de la mai mulți senzori și a prezice o posibilă evoluție viitoare;
- *Furnizarea de servicii de asistență personalizate:* Sistemul vINCI trebuie să construiască un profil de utilizator care va oferi informațiile necesare pentru oferirea de asistență personalizată pentru activitățile zilnice;
- *Interfața grafică pentru utilizatori (GUI - Graphical User Interface):* Pe o tabletă cu ecran activ, persoanele în vârstă vor putea completa singure un chestionar care evaluează calitatea vieții lor (QoL) pe mai multe domenii;
- *Utilizarea și întreținerea continuă:* Sistemul ar trebui să fie construit să funcționeze în mod fiabil, fără sprijin și intervenție continuă din partea dezvoltatorilor. Actualizările și corectarea erorilor trebuie efectuate pe server;
- *Modularitatea și extensibilitatea:* Având în vedere nevoile utilizatorilor finali care se modifică rapid, sistemul trebuie să asigure posibilitatea de a adăuga în viitor funcții sau servicii suplimentare. Această cerință impune interfețe bine definite între diversele componente ale sistemului.

Cerințele nefuncționale ale sistemului vINCI sunt următoarele:

- *Securitate și confidențialitate:* Cerințele de securitate și confidențialitate sunt îndeplinite prin utilizarea tehnologiei *blockchain*, care gestionează accesul și drepturile pentru colectarea informațiilor de sănătate și utilizarea datelor personale stocate în platforma vINCI. Sistemul gestionează informații private și sensibile ale utilizatorului și, prin urmare, ar trebui să ofere un mecanism robust de securitate pentru a împiedica terții să aibă acces la aceste date sau la sistem în ansamblu;
- *Performanță:* Sistemul vINCI trebuie să funcționeze continuu și ar trebui să răspundă aproape instantaneu la toate interacțiunile utilizatorilor;

- *Fiabilitate*: Informațiile furnizate de sistemul vINCI ar trebui să fie corecte și stabile;
- *Utilizabilitate*: Sistemul vINCI trebuie să asigure eficacitate și eficiență și, în același timp, să-și satisfacă utilizatorii;
- *Persistență*: Sistemul ar trebui să stocheze setările și preferințele oferite de utilizator (sau de îngrijitor) pentru a facilita interacțiunea dintre utilizator și sistem.

3. Legătura dintre tehnologie și arhitectura vINCI

Proiectul vINCI propune dezvoltarea unui cadru integrat și validat medical, folosind date culese de la 4 tipuri de dispozitive: *ceas inteligent (smart watch CMD One)*, *branțuri inteligente (smart insole)*, *camera de adâncime Orbbec* pentru exerciții fizice și pentru detectarea sedentarității și *chestionare de analiză a calității vieții (WHOQOL-BREF)*. Proiectul vizează crearea unei platforme în care o persoană este monitorizată prin kituri de tehnologii extensibile, iar datele personale sunt colectate și analizate pentru a fi utilizate în detectarea simptomelor asociate cu deficiențele legate de vârstă.

Conceptual, proiectul vINCI se încadrează în sfera de aplicare a IoT - mai precis, platforma vINCI poate fi asimilată unei soluții de expunere de servicii pe o platformă de colectare a datelor (*Platform as a Service - Paas*). Acest tip de platformă asigură că toate datele colectate de senzori sau alte dispozitive similare sunt primite și trimise la alte servicii unde pot fi stocate, vizualizate, analizate și folosite pentru a genera un răspuns pentru alte dispozitive, într-un mod extrem de disponibil, scalabil și sigur.

Există platforme de la care s-ar fi putut începe, cum ar fi Amazon AWS IoT (Amazon AWS IoT, accesat în 2020), Microsoft Azure (Microsoft Azure, accesat în 2020), Google Cloud Platform (Google Cloud Platform, accesat în 2020) sau IBM Watson Internet of Things (IBM Watson Internet of Things, accesat în 2020). Fiecare urmează un principiu arhitectural similar, incluzând un broker, un motor de securitate și module de identitate sau module pentru managementul stării senzorilor sau al dispozitivelor conectate. Cu toate acestea, astfel de platforme nu ajută la crearea de aplicații (kituri în cazul vINCI) suficient de strâns legate pentru a susține procesarea datelor capturate în cele mai diverse condiții.

Dispozitivele IoT integrate cu soluții de viață asistată (*Assisted Living*) și cu tehnologii de asistență pot avea impact pozitiv asupra diferitelor dimensiuni ale sănătății și calității vieții și pot fi utilizate ca facilitatori pentru optimizarea operațională a serviciilor de îngrijire. Prin urmare, o platformă integrată pentru promovarea îmbătrânirii active devine o nevoie zilnică stringentă pentru adulții în vârstă. În acest context, se propune o platformă IoT bazată pe dovezi, integrată și validată, pentru a oferi monitorizare neintruzivă și *sprijin* pentru adulții în vârstă, în scopul sporirii acordării de asistență medicală profesională.

În cadrul platformei, adultul în vârstă este monitorizat discret (tehnologia de tip *blending*) utilizând seturi de tehnologie conectabilă (tehnologie extensibilă), înregistrările sale personale fiind stocate în siguranță și analizate pentru a extrage informații care să fie livrate îngrijitorilor săi (printr-un tablou de bord unic - *dashboard*) pentru detectarea precoce a simptomelor legate de deficiențele asociate vârstei înaintate și pentru declanșarea alertelor legate de incidentele posibile. Tehnologia integrată are ca obiectiv monitorizarea și instrumentarea intervenției privind QoL. Întrucât QoL este asociat cu sentimentul independenței adulților în vârstă, platforma va oferi mijloacele tehnologice pentru a fi în legătură constantă cu familia și prietenii lor (*the Human Link*) și cu îngrijitorii lor.

Arhitectura funcțională conceptuală modulară este prezentată în lucrarea (Dobre et al., 2019).

Prin folosirea tehnologiilor de vârf și a unei arhitecturi bazate pe microservicii, platforma vINCI oferă o soluție unică pentru îmbunătățirea vieții persoanelor în vârstă și a familiilor acestora. Implementarea, integrarea și îmbunătățirea tehnologiilor standardizate IoT, luând în considerare factorii de confidențialitate, care vizează o monitorizare și un suport personalizat pentru starea de bine a persoanelor în vârstă, reprezintă una dintre cerințele de bază ale sistemului vINCI.

3.1 Kiturile vINCI

vINCI dezvoltă o platformă în care un adult în vârstă este monitorizat printr-un set de tehnologii extensibile. Fiecare înregistrare individuală este stocată și analizată pentru extragerea automată a caracteristicilor (informațiilor) în scopul detectării deteriorării simptomelor asociate cu vârsta înaintată.

Platforma vINCI are prevăzute patru kit-uri de monitorizare:

- **Ceasul inteligent** (*smart watch* CMD One), tehnologie existentă furnizată de partenerul Connected Medical Devices (CMD), transmite informații către platforma CMD de unde este exportată în format JSON și transmisă către platforma vINCI. Informațiile furnizate de *smart watch* sunt localizarea, numărul de pași, de câte ori ceasul a ieșit dintr-o zonă definită, intervalele de timp când ceasul a fost scos de la mână.
- **Branțuri inteligente** (*smart insole*), tehnologie dezvoltată în cadrul desfășurării proiectului, care poate fi folosită în spații interioare și prezintă o interfață de comunicare *wireless* (BLE sau LoRA). Branțurile identifică diferite condiții de activitate a pacientului, și anume: repaus în ortostatism, mers, alergat și non-contact (în sensul că pantofii nu sunt purtați sau piciorul nu este așezat pe suprafața de mers). Prin colectarea pachetelor de date transmise într-un interval de timp dat și verificarea *timestamps*-urilor aplicate de server, poate fi posibilă desenarea cronologiei activității fizice efectuate de către subiect, adică cât timp a fost petrecut în fiecare staționare pe toată durata de observare.
- **Camera de adâncime** *Orbbec* include două aplicații: una pentru urmărirea nivelului de activitate a pacientului și alta pentru stimularea activității fizice. Pacientul este monitorizat în interior și se măsoară timpul petrecut de acesta stând fără a face nimic, precum și în mișcare. Pentru aplicația de urmărire a efectuării exercițiilor, camera va transmite informații către server din momentul în care a fost selectat scheletul persoanei care este monitorizată. Datele culese se transmit către serviciul care face compararea între acest pacient și un subiect sănătos (avatarul ca etalon). De aici sunt transmise ambele mișcări către *gateway* pentru a fi analizate.
- **Chestionarele WHOQOL-BREF** (World Health Organization Quality of Life Instrument, Short Form) și *IPAQ* (International Physical Activity Questionnaire). Chestionarul WHOQOL-BREF este utilizat de către cei doi piloți din proiect pentru a măsura calitatea vieții la persoanele selectate, recrutate pentru a face parte din studiu. Chestionarul WHOQOL-BREF este disponibil în mai multe limbi și pentru proiect în baza unui acord legal între echipa proiectului și Organizația Mondială a Sănătății (World Health Organization) s-a obținut o licență de utilizare a chestionarului WHOQOL-BREF în conformitate cu termenii și condițiile OMS, respectiv s-au primit cele trei versiuni solicitate: în limbile română, slovenă și greacă. Versiunea WHOQOL-BREF este un chestionar cu 26 de elemente care evaluează calitatea vieții pe domeniile fizice, psihologice, sociale și de mediu (The WHOQOL Group, 1998). Chestionarul IPAQ este folosit pentru evaluarea nivelului activității fizice a persoanelor recrutate din cei 2 piloți. IPAQ evaluează activitatea fizică desfășurată într-un set cuprinzător de domenii, incluzând: activități fizice pentru petrecerea timpului liber, activități casnice și de grădinarit (curte), activitate fizică legată de muncă, activitate fizică legată de transport. Formularul scurt IPAQ conține întrebări despre trei tipuri specifice de activitate întreprinse în cele patru domenii prezentate mai sus. Tipurile specifice de activitate evaluate sunt mersul pe jos, activitățile cu intensitate moderată și activitățile cu intensitate puternică (World Health Organization, 2010).

Datele colectate, referitoare la condițiile de sănătate fizică și psihică ale persoanelor vârstice, compun un model al datelor monitorizate pentru o persoană, model care va fi validat cu sprijinul specialiștilor din domeniul medical (partenerul Institutul Național de Gerontologie și Geriatrie „Ana Aslan”).

Fiecare kit al aplicației vINCI este reprezentat de un microserviciu. Datele colectate de la pacienți sunt validate medical de către specialiști, pacientului îi este prezentată în contul său starea generală, urmând să primească recomandări specifice condiției de sănătate identificate.

Se menționează că toate procedurile și protocoalele experimentale folosite pe perioada desfășurării proiectului sunt conforme cu Directiva Consiliului Comunităților Europene din 24 noiembrie 1986 (86/609 / CEE), iar cercetarea care implică subiecți umani respectă Declarația de la Helsinki (World Medical Association, 2013).

Toate datele provenite de la chestionare și dispozitive IoT sunt stocate într-o manieră sigură de păstrare a datelor private. Scopul final este extragerea diverselor concluzii care sunt utile îngrijitorilor, ce interacționează cu platforma printr-un tablou de bord specializat. Această interacțiune simplificată poate ajuta la detectarea precoce a simptomelor legate de vârsta avansată sau la declanșarea de alerte pentru cazuri speciale, cum ar fi căderea unui adult mai în vârstă, un accident vascular cerebral etc. Această informație este furnizată atât persoanei în vârstă, îngrijitorilor, cât și familiei. Modelul *profilul pacientului* va fi utilizat pentru evaluarea impactului tehnologiei vINCI asupra nivelului calității vieții percepute de către adultul în vârstă, permițând o ajustare corespunzătoare a asistenței de intervenție oferite de familie și îngrijitori (Băjenaru et al., 2019).

Fluxul de date pornind de la dispozitive, derivat în informații bazate pe un model conceptual, către posibile alerte bazate pe o deteriorare sesizată în condiții de vârstă înaintată este prezentat în Figura 2.

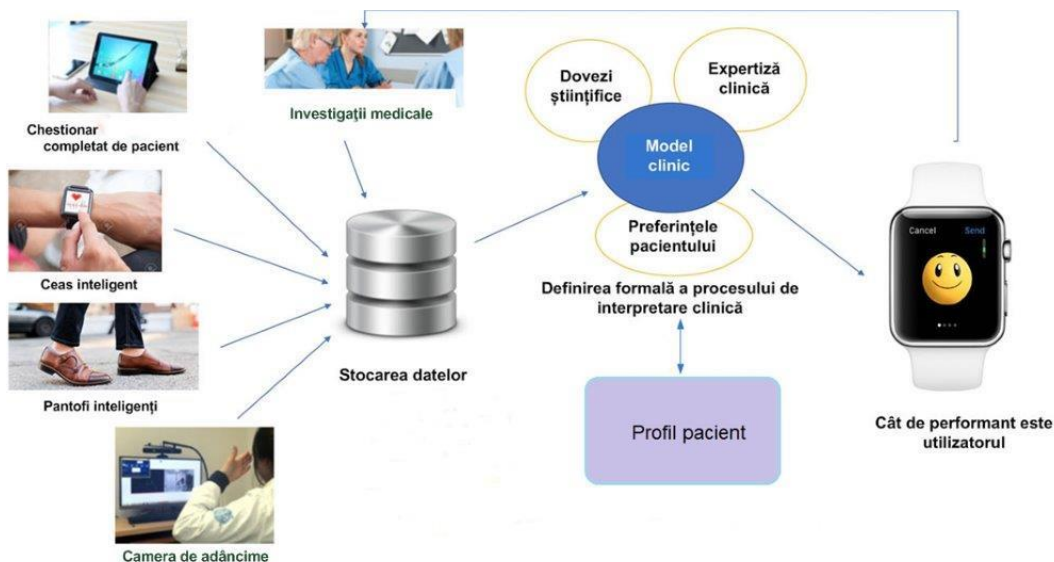


Figura 2. Fluxul de date în cadrul sistemului integrat vINCI

3.2 Modul de funcționare a kiturilor vINCI

Modul în care funcționează aceste kituri este prezentat în continuare:

Pasul 1: Profilul static al pacientului este detectat cu ajutorul unui set de chestionare clinice. Odată cu înscrierea în vINCI, subiectul (sau familia sa) primește o tabletă inteligentă care administrează aplicația web *Digital Caregiver* dedicată telefonului mobil din vINCI (Dobre et al., 2019). Subiectul se înregistrează și în sistemul vINCI se creează un cont asociat acestuia.

Pasul 2: În continuare, subiectul completează chestionarul WHOQOL-BREF, pentru determinarea nivelului de calitate a vieții percepute de acesta.

La piloții clinici, răspunsurile vor fi completate sub supravegherea unui îngrijitor. În situația în care subiectul se află în incinta casei, fie va fi ajutat de un membru al familiei, fie va introduce singur răspunsurile. Chestionarul va fi completat periodic, pentru o evaluare continuă a deteriorării potențiale a condițiilor asociate vârstei înaintate. Dacă nivelul QoL este scăzut, atunci subiectului i se recomandă să meargă la medic.

Pasul 3: Din acest moment, subiectul poartă *smart watch*-ul CMD și brățurile inteligente. În incinta casei, subiectul este monitorizat periodic cu camera Orbbec.

La început, se antrenează un model de învățare automată pentru urmărirea persoanei în interiorul casei (scopul este de a monitoriza continuu activitățile desfășurate de către acea persoană). Se utilizează mai mulți senzori, precum senzorii de adâncime pentru detectarea posturii și camera video stereo pentru detectarea feței (în casă pot exista mai mulți locatari și se dorește să se identifice clar persoana vizată). Se trimit doar caracteristici (cum ar fi postura persoanei, nu și identitatea ei) către *backend*-ul din Cloud.

În continuare, se monitorizează, folosind aceeași cameră, condițiile de fragilitate asociate cu vârsta înaintată. Pentru aceasta, se dezvoltă o aplicație separată pentru urmărirea exercițiilor: subiectul este plasat în fața televizorului sau a monitorului, iar un avatar virtual îi cere să efectueze (arătând cum) un set de exerciții. Subiectul le îndeplinește și este monitorizat în ceea ce privește cât de exact și de conform cu instrucțiunile efectuează exercițiile: se extrag caracteristicile scheletului, care sunt trimise în Cloud (ca niște perioade de timp) împreună cu articulațiile din avatar (pentru a face comparația și a identifica cât de departe se află față de postura ideală).

Periodic, subiectul este anunțat să completeze chestionarul IPAQ (folosind tableta sau browserul), pentru a se obține nivelurile percepute ale activităților fizice.

Pasul 4: Ceasul inteligent, brățurile inteligente și chestionarele servesc pentru a obține caracteristici relevante despre subiect. Aceste date sunt utilizate pentru a antrena un model al profilului subiectului. Cu toate acestea, pentru a interpreta și a construi un astfel de model, sunt necesare fapte validate clinic (ce înseamnă a experimenta o deteriorare a condițiilor asociate cu vârsta înaintată, ce parametri sunt afectați și cum). În cadrul pilotului clinic român (Institutul Național de Gerontologie și Geriatrie „Ana Aslan”), sunt folosite instrumente medicale alternative pentru a obține astfel de fapte: acestea vor fi mapate pe datele capturate prin intermediul tehnologiei vINCI. Astfel, „inteligenta” din vINCI va fi dată de o construcție algoritmică de învățare automată supravegheată (în testele clinice), care va fi folosită ulterior pentru a avansa către o construcție nesupravegheată în cazurile din lumea reală.

4. Concluzii

În acest articol sunt prezentate considerente de proiectare pentru sistemul de monitorizare vINCI, particularități ale tehnologiei ce facilitează comunicarea, interacțiunea și exploatarea datelor primite de la dispozitive IoT. Datele colectate prin intermediul celor patru kit-uri vor fi utilizate pentru a construi modele personalizate de monitorizare a stării persoanei vârstnice care folosește tehnologia.

Scopul final este extragerea diverselor concluzii care sunt utile persoanelor care îngrijesc vârstnicii, care interacționează cu platforma printr-un tablou de bord specializat. Această interacțiune poate ajuta la detectarea precoce a simptomelor legate de vârsta avansată sau la declanșarea de alerte pentru cazuri speciale.

Platforma integrată vINCI își propune să ofere servicii pentru promovarea îmbătrânirii active într-o manieră care să reflecte stilul de viață al vârstnicului, nevoile, obiceiurile și preferințele, orientările culturale și sociale ale acestora. Serviciile medicale tradiționale vor avea astfel la dispoziție capacități de monitorizare suplimentare, astfel încât îngrijitorii vor avea acces și vor urmări activitatea fizică și informații despre condiția curentă de sănătate a persoanelor vârstnice, putând adapta procedurile de îngrijire în mod dinamic, astfel încât acțiunile acestora să conducă la creșterea calității vieții și la îmbunătățirea stării de sănătate percepute de adulții în vârstă.

Confirmare

Această lucrare a fost realizată în cadrul proiectului PN-III AAL2017-63-vINCI cu titlul „Clinically-validated INTe grated Support for Assistive Care and Lifestyle Improvement: the Human Link” / „Sistem Integrat și Validat Clinic pentru Asistarea Medicală și Îmbunătățirea Stilului de

Viață în cazul Persoanelor Vârstnice: extensii suport pentru legături umane - vINCI” (finanțat prin programul EU AAL 2017 și UEFISCDI România). Mulțumim colegilor și partenerilor din proiect pentru colaborare. De asemenea, autorii ar dori să mulțumească sprijinului oferit de către COST Action CA16226, “SHELD-ON: Indoor Living Space Improvement: Smart Habitat for the Elderly”.

BIBLIOGRAFIE

1. Active Assisted Living Programme (2020). *Ageing Well in the Digital World*. <http://www.aal-europe.eu/about/>.
2. Amazon AWS IoT. *IoT services for industrial, consumer, and commercial solutions*. <https://aws.amazon.com/iot/>, accesat în 2020.
3. Atzori, L., Iera, A., Morabito, G. (2017). *Understanding the Internet of Things: definition, potentials, and societal role of a fast evolving paradigm*. *Ad Hoc Networks*, 56, 122-140.
4. Balog, A., Băjenaru, L., Cristescu, I. (2019). *Analyzing the Factors Affecting the Quality of IoT-based Smart Wearable Devices Using the DANP Method*, *Studies in Informatics and Control*, 28(4), 431-442.
5. Băjenaru, L., Dobre, C., Ciobanu, R., Balog, A. (2019). *Patient Profile Using Ontologies in an Older Adults Monitoring IoT-Based Platform*. *E-Health and Bioengineering Conference (EHB)*, Iași, România, 1-4.
6. Băjenaru, O. L., Custura, M. (2019). *Enhanced framework for an elderly-centred platform: Big Data in Monitoring the Health Status*. *Proceedings 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS22)*, București, România, 28-30 mai, 643-648, DOI 10.1109/CSCS.2019.00116.
7. Beyond Silos Project, <http://beyondsilos.eu/norm/home.html>, accesat în 2020.
8. Claes, V., Devriendt, E., Tournoy J., Milisen, K. (2013). *The attitudes and perceptions of older persons towards the automatic monitoring of the activities of daily living using contactless sensors: a systematic literature review*. *Tijdschrift Gerontol Geriatrie*. 44, 3, 112-131.
9. Coardoș, D., Marinescu, I. A. (2020). *Monitorizarea stării de sănătate a persoanelor în vârstă la domiciliu. Casele inteligente – provocări și tendințe*. *Revista Română de Informatică și Automatică (Romanian Journal of Information Technology and Automatic Control)*, vol. 30(1), 9-26, <https://doi.org/10.33436/v30i1y202001>.
10. Cutler, S. J. (2006). *Technological Change and Aging*. *Handbook of Aging and the social sciences*. 6th Edition.
11. De Bacquer, D., De Smedt, D., Kotseva, K., et al. (2019). *Incidence of cardiovascular events in patients with stabilized coronary heart disease: the EUROASPIRE IV follow-up study*. *Eur J Epidemiol*. 34(3), 247-258.
12. Dimitrov, V. D. (2016). *Medical Internet of Things and Big Data in Healthcare*. *Healthcare Informatics Research* 22(3): 156.
13. Dobre, C., Băjenaru, L., Marinescu, I. A., Tomescu, M. (2019). *Improving the quality of life for older people: from smart sensors to distributed platforms*. In *Proceedings of the IEEE CSCS22 - the 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science*, 28-30 May, Bucharest, Romania, 636-642.
14. Eulalia, H. E., Pousada, M., Beni, G. Z. (2009). *ICT and Older People: Beyond Usability*. *Universitat Oberta de Catalunya, Barcelona. Spain. Educational Gerontology*, 35(3), 226-245.
15. European Commission. (2018). *2018 Ageing Report: Policy challenges for ageing societies*. https://ec.europa.eu/info/news/economy-finance/policy-implications-ageing-examined-new-report-2018-may-25_en/, accesat în 2020.
16. Google Cloud Platform. <https://console.cloud.google.com/getting-started?hl=ro/>, accesat în 2020.

17. Ianculescu, M., Alexandru, A., Rădulescu, C. Z. (2018). *Patient-centered innovative monitoring system and smart personalized health care services using ICT*, Proceedings of 31st International Business Information Management Conference (IBIMA), 3541-3552.
18. IBM Watson Internet of Things. <https://www.ibm.com/internet-of-things>, accesat în 20 mai 2020.
19. InCASA Project, <https://www.incasa.in-jet.eu/news.php>, accesat în 2020.
20. Islam, S. M. Riazul, Daehan Kwak, Md Humaun Kabir, Mahmud Hossain, Kyung-Sup Kwak. (2015). *The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey*. *IEEE Access* 3: 678-708.
21. Krause, N., Lynch, J., Kaplan, G. A., Cohen, R. D., Goldberg D. E., Salonen, J. T. (1997). *Predictors of disability retirement*. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* https://www.jstor.org/stable/40966673?seq=1#page_scan_tab_contents.
22. LeRouge, C. & Wickramasinghe, N. (2013). *A review of user-centered design for diabetes-related consumer health informatics technologies*. *Journal of diabetes science and technology*, 7(4), 1039–1056.
23. Maieră, E. (2010). *Old age depression and its treatment*. *Psychiatr Danub*. 22 Suppl 1:S124-S125.
24. Microsoft Azure. *Develop robust IoT solutions – from device to cloud – on an open and scalable platform*. <https://azure.microsoft.com/en-us/product-categories/iot/>, accesat în 20 mai 2020.
25. Nasir, M.H.N., Hassan, H., Jomhari, N. (2008). *The use of mobile phones by elderly: a study in Malaysia perspectives*. *J . Soc. Sci.* 4(2), 123-127.
26. Sarvimaki, A. (2000). *Quality of life in old age described as a sense of well-being, meaning and value*. *Journal of Advanced Nursing*, 32(4), 1025-1033.
27. The WHOQOL Group. (1998). *Development of the World Health Organization WHOQOL-BREF quality of life assessment*. *Psychological Medicine*. 28(3):551–558.
28. Universall Project, https://cordis.europa.eu/project/rcn/93776_en.html, accesat în 2020.
29. vINCI Project (2018). *Raport de cercetare al Etapei 1 „Project analysis and technological design” (Analiza și proiecția tehnologică a proiectului)” al Proiectului „Clinically-validated INTEGRATED Support for Assistive Care and Lifestyle Improvement: the Human Link - vINCI” („Sistem Integrat și Validat Clinic pentru Asistarea Medicală și Îmbunătățirea Stilului de Viață în cazul Persoanelor Vârstnice: extensii suport pentru legături umane – vINCI)”*.
30. World Health Organization (2018). *Ageing and health*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>.
31. World Health Organization. (2010). *Global recommendations on physical activity for health*. <https://www.who.int/dietphysicalactivity/global-PA-recs-2010.pdf>.
32. World Medical Association (2013). *Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects*. *JAMA*. 310 (20): 2191–2194. doi:10.1001/jama.2013.281053.



Lidia BĂJENARU a absolvit Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași, Facultatea de Electrotehnică, Secția Automatizări și Calculatoare. A obținut titlul de doctor în domeniul “Informatică Economică” la Academia de Studii Economice din București în 2017. În prezent deține funcția de analist principal I în cadrul departamentului “Sisteme și Aplicații pentru Societate” al Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică – ICI București. A coordonat și a fost membru în echipe de cercetare în numeroase proiecte naționale și internaționale, având expertiză în domenii precum: eLearning, eHealth, eGovernment, ontologii, modele și tehnologii în ingineria sistemelor și a produselor software. În prezent este responsabil al unui proiect internațional vINCI (ICI coordonator) și al unui proiect național PNIII - INTELLIT. Este autor și co-autor al unor cărți și a numeroase articole publicate în reviste de prestigiu și în volume ale unor manifestări științifice internaționale recunoscute.

Lidia BĂJENARU has graduated the “Gheorghe Asachi” Technical University of Iași, Faculty of Electrotechnics, Automation and Computer Science. She received the PhD degree in „Economics Informatics” from Bucharest University of Economic Studies in 2017. She is currently senior analyst in the “Systems and Applications for Society” department of the National Institute for Research & Development in Informatics. She has coordinated and has been a member of research teams in numerous national and international projects, with expertise in areas such as eLearning, eHealth, eGovernment, ontologies, models and technologies in systems and software engineering. She is currently responsible partner of an international project vINCI (ICI coordinator) and a national project PNIII – INTELLIT. She is the author and co-author of books and numerous scientific papers published in prestigious journals and in the proceedings of recognized international scientific events.



Ion Alexandru MARINESCU este cercetător științific gradul III (din 2015) în Departamentul „Sisteme și Aplicații pentru Societate” din cadrul Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică - ICI București. A absolvit Facultatea de Inginerie Mecanică și Mecatronică cu specializarea „Robotică și Automatizare”, Universitatea Politehnică din București (2007), precum și cursurile de Master în Inginerie Mecanică – Universitatea Politehnică București, Facultatea de Inginerie Mecanică și Mecatronică (2009). Principalele domenii de interes pentru activitatea de cercetare includ: proiectare baze de date relaționale, business intelligence, dezvoltarea de sisteme informatice în domeniul patrimoniului cultural, educației, administrației publice, mediului, proiectare și implementare de aplicații web pentru domeniul e-cultură, e-sănătate și e-guvernare.

Ion Alexandru MARINESCU is scientific researcher III (since 2015) in the „Systems and Applications for Society” Department of ICI Bucharest. He graduated from the Faculty of Mechanical Engineering and Mechatronics with a specialization in „Robotics and Automation”, Politehnica University of Bucharest (2007), and he has a Master's Degree in Mechanical Engineering – Politehnica University of Bucharest – Faculty of Mechanical Engineering and Mechatronics (2009). The main areas of interest of his research activity include: design of

relational databases, business intelligence, design and implementation of web applications for e-culture, e-health and e-government.



Ciprian DOBRE este profesor universitar în cadrul Departamentul de Calculatoare din Universitatea Politehnica din București (UPB). Contribuțiile sale științifice și academice țin de domeniul sistemelor distribuite pe scară largă, de la monitorizare, rețele de mare viteză, dezvoltarea aplicațiilor de rețea, evaluarea utilizând modelare și simulare, aplicații mobile și tehnologii inteligente pentru a reduce congestia urbană și poluarea aerului și aplicații conștiente de context. Aceste contribuții au condus la rezultate importante. A beneficiat de două burse doctorale, una din partea Caltech și o alta din partea Oracle. Rezultatele sale au fost distinse cu Premiul Academiei Române, premiul IBM atribuit facultăților, două premii CENIC în SUA, și trei premii Best Paper. Rezultatele au fost publicate în peste 100 de cărți, capitole în cărți editate, articole în reviste internaționale importante revizuite, sau conferințe. În prezent este coordonator local al proiectelor internaționale VINCI sau SmartAgriHubs, sau pentru proiectele naționale TEL-MONAER și SPERO. Interesele sale de cercetare includ subiecte de cercetare legate de rețelele wireless mobile și aplicații de calcul, servicii omniprezente, conștientizarea contextului și sesizarea participativă sau centrată pe oameni.

Ciprian DOBRE is a Full professor of Computer Science at the Computer Science Department, University Politehnica of Bucharest (UPB). His early scientific and scholarly contributions are in the field of large-scale distributed systems concerning monitoring, high-speed networking, grid application development, evaluation using modeling and simulation, mobile applications and smart technologies to reduce urban congestion and air pollution, and context-aware applications. These contributions led to important results, demonstrating his qualifications and potential to go significantly beyond the state of the art. He received two Ph.D. scholarships - one from California Institute of Technology (Caltech) and another from Oracle. He was offered one IBM Faculty Award, two CENIC Awards and three Best Paper Awards. His works have been published in more than 100 books, volume contributions, articles in major international peer-reviewed journals, and in well-established international conferences and workshops. He is currently a local project coordinator for the international projects VINCI or SmartAgriHubs, or national projects TEL-MONAER and SPERO. His research interests include research subjects related to mobile wireless networks and computing applications, pervasive services, context-awareness, people-centric and participatory sensing.



Mihaela TOMESCU a absolvit Institutul Politehnic București, Facultatea de Electrotehnică, Secția „Utilizări”. În prezent, deține funcția de cercetător științific în Departamentul „Sisteme și Aplicații pentru Societate” din cadrul Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică – ICI București având o vechime de peste 25 ani. Ea are experiență în proiecte naționale, europene

și de cooperare bilaterale în domeniul TIC și competențe în efectuarea de cercetări axate pe eficientizarea proceselor informaționale specifice unor domenii diverse, precum și în testarea și evaluarea de software și sisteme informatice. A participat la elaborarea a peste 30 de articole în reviste științifice.

Mihaela TOMESCU graduated the Polytechnic Institute from Bucharest, Faculty of Electrotechnics, „Usages” Department. Currently, she holds the position of scientific researcher in the „Systems and Applications for Society” Research Department of the National Institute for Research & Development in Informatics – ICI Bucharest, having a seniority of over 25 years. She has experience in national, European and bilateral ICT projects and skills in performing research focused on streamlining information processes specific to various areas as well as in testing and evaluating software and information systems. She has participated in the elaboration of over 30 articles in scientific journals.