

Raport stiintific - tehnic final

(2018 - 2021)

Competitia:	Proiecte Complexe realizate în consorții CDI - PCCDI			
Nr. contract:	72PCCDI			
Domeniul de cercetare:	Tehnologia informației și a comunicațiilor, spațiu și securitate			
Titlul :	Roboții și Societatea: Sisteme Cognitive pentru Roboți Personali și Vehicule Autonome			
Acronim:	ROBIN			
Durata (luni):	38			
Buget total:	5.287.500,00 RON			
- Proiecte componente:	5.184.500,00 RON			
- Cheltuieli cu managementul:	79.000,00 RON			
- Cecuri:	24.000,00 RON			
Pagina Web proiect:	https://aimas.cs.pub.ro/robin/			
Institutia coordonatoare:	Universitatea Politehnica din București (UPB)			
Director de proiect:	Prof. dr. ing. Adina Magda Florea			
Partener 1 proiect complex (P1):	Institutul de Cercetări pentru Inteligență Artificială "Mihai Drăgănescu" (ICIA)			
Partener 2 proiect complex (P2):	Institutul de Matematică "Simion Stoilow" al Academiei Române (IMAR)			
Partener 3 proiect complex (P3):	Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca (UTCN)			
Partener 4 proiect complex (P4):	Universitatea "Dunărea de Jos" (UDJG)			
Nr. proiecte componente:	5			
Proiecte componente	Titlul proiect component	Instituția coordonatoare proiect component	Instituții implicate (CO,P1..Pn)	Buget proiect component
ROBIN Social	Roboți sociali cognitivi pentru o societate digitală a viitorului, centrată pe utilizator	UPB	UPB (CO) ICIA (P1) IMAR (P2)	1.070.000,00 RON
ROBIN Car	Sisteme cognitive autoinstruibile pentru vehicule autonome	IMAR	IMAR (CO) UPB (P1) ICIA (P2) UGAL (P3)	1.420.500,00 RON
ROBIN Context	Servicii inteligente, dependente de context, pentru personalizarea roboților și conducere autonomă	UPB	UPB (CO) UTCN (P1)	500.000,00 RON

ROBIN Dialog	Înțelegerea și sinteza limbajului natural pentru roboți asistivi și interacțiunea cu mediul	ICIA	ICIA (CO) UPB (P1) UTCN (P2)	1.135.000,00 RON
ROBIN Cloud	Platformă informatică distribuită pentru sisteme pervasive, în contextul sistemelor Cloud-Edge	UPB	UPB (CO) UTCN (P1) UGAL (P2)	1.059.000,00 RON

1. Prezentare generală a realizării obiectivelor proiectului, cu punerea în evidență a rezultatelor și gradul de realizare a obiectivelor. Prezentarea trebuie să includă explicații care să justifice diferențele (dacă există) dintre activitățile preconizate și cele realizate. (max. 5 pag.)

ROBIN este un proiect centrat pe utilizator care proiectează sisteme și servicii pentru utilizarea roboților într-o societate digitală interconectată și permite companiilor realizarea de produse și servicii complexe, inteligente și performante destinate utilizatorilor și societății în ansamblu. Proiectul se referă la o gamă diversă de roboți: roboți asistivi pentru sprijinul persoanelor cu nevoi speciale, roboți de interacțiune cu clienții și roboți software care pot fi instalați pe vehicule în scopul realizării unei conduceri autonome sau semi-autonome. Proiectul combină tehnici și tehnologii avansate de inteligență artificială, interacțiune om-robot, interacțiune cu un mediu pervasiv și prelucrări în Cloud.

Proiectul se referă la o gamă diversă de roboți: roboți asistivi care vin în sprijinul persoanelor cu nevoi speciale, roboți de interacțiune cu clienții și roboți software care pot fi instalați pe vehicule în scopul realizării unei conduceri autonome sau semi-autonome.

Proiectul combină tehnici și tehnologii avansate de inteligență artificială, interacțiune om-robot, interacțiune cu un mediu pervasiv, arhitecturi și prelucrări în Cloud, arhitecturi Cloud-Edge și Cloud-Robotics.

Proiectul ROBIN este alcătuit din cinci proiecte componente:

- ROBIN-Social: Roboți sociali cognitivi pentru o societate digitală a viitorului, centrată pe utilizator;
- ROBIN-Car: Sisteme cognitive autoinstruibile pentru vehicule autonome;
- ROBIN-Context: Servicii inteligente, dependente de context, pentru personalizarea roboților și conducere autonomă;
- ROBIN-Dialog: Înțelegerea și sinteza limbajului natural pentru roboți asistivi și interacțiunea cu mediul;
- ROBIN-Cloud: Platformă informatică distribuită pentru sisteme pervasive, în contextul sistemelor Cloud-Edge.

Figura 1.1 prezintă viziunea generală a proiectului complex din punct de vedere al aplicațiilor dezvoltate și al tehnologiilor utilizate. Se pune astfel în evidență interacțiunea cu roboții de tip umanoid sau semiumanoid pentru realizarea roboților asistivi, dar și cu roboții instalați pe autovehicule în scopul conducerii autonome sau semi-autonome, și se reliefează principalele tehnologii utilizate, de exemplu tehnologii de computer vision bazate pe rețele convoluționale, tehnologii de tip Cloud și Cloud-Edge, și tehnologii de integrare a datelor provenite de la senzori.

Figura 1.2 prezintă conceptul general al proiectului, atât funcțional cât și arhitectural, indică cele 5 proiecte componente și partenerii din consorțiu, și componentele principale ale platformei integrate în care se regăsesc serviciile dezvoltate în proiectele componente.

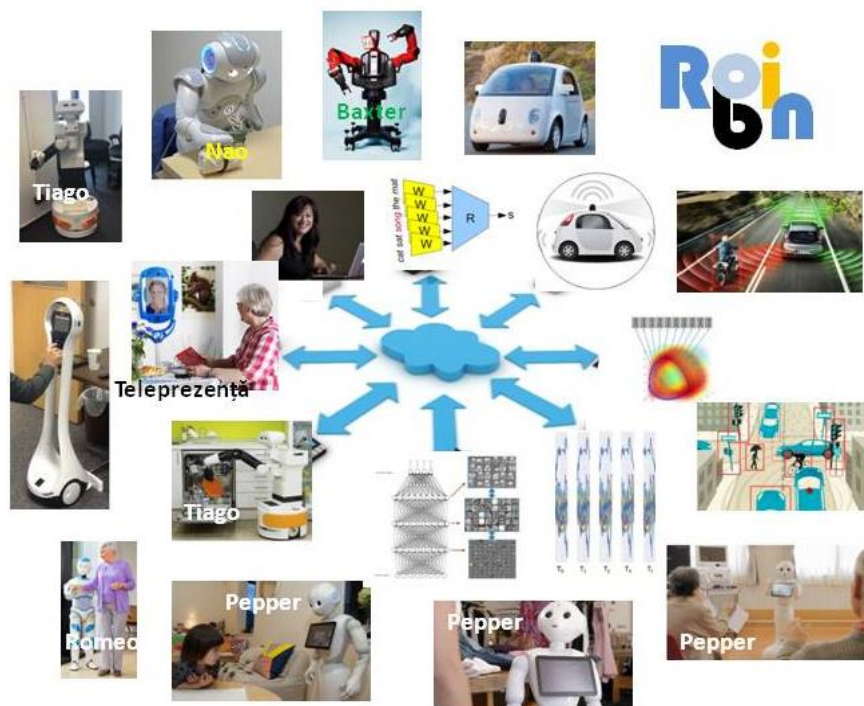


Figura 1.1. ROBIN -Roboții și societatea

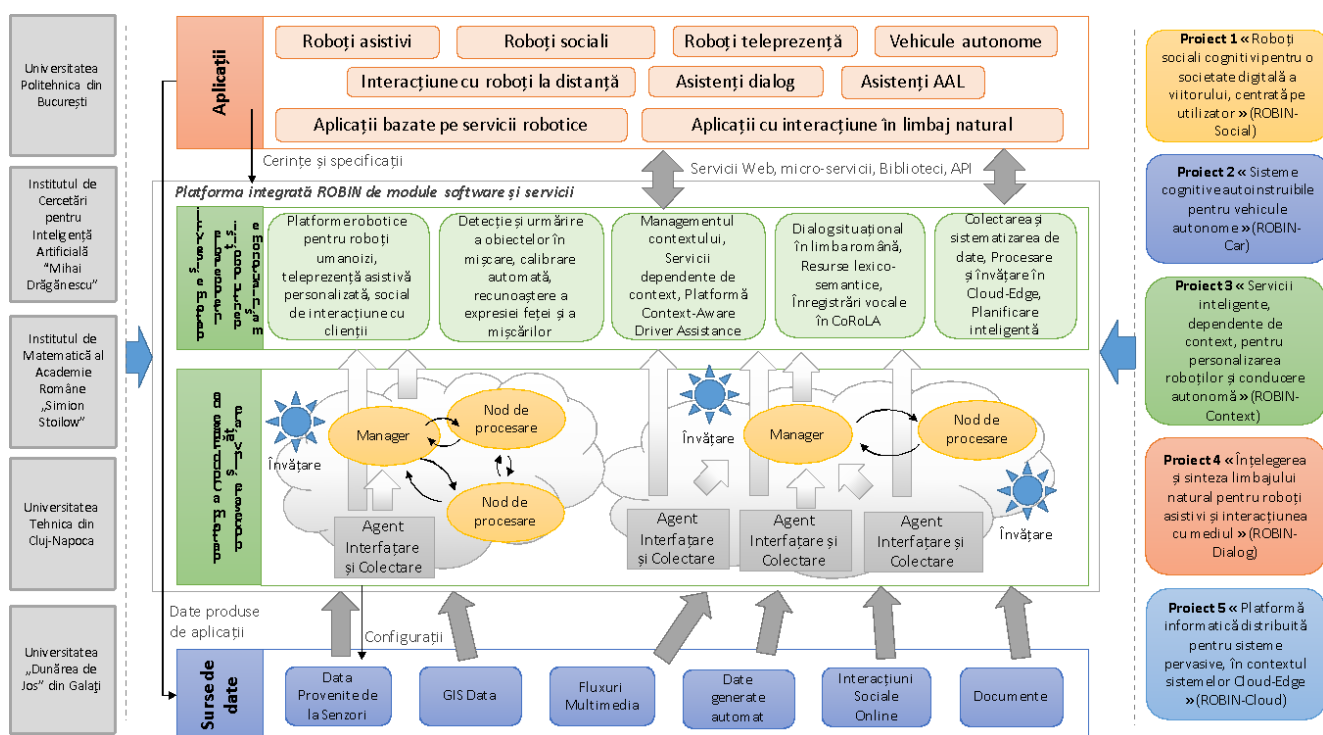


Figura 1.2. Prezentarea conceptului integrat a proiectului ROBIN

Scopul proiectului ROBIN-Social este realizarea unei soluții integrate și ușor configurabile pentru personalizarea roboților asistivi (pt. persoane cu nevoi speciale) și sociali (pt. clienți), soluție bazată pe tehnici avansate de inteligență artificială care oferă roboților un caracter cognitiv și autonom. Prin utilizarea unor algoritmi robusți de învățare automată, vedere computerizată și prelucrare a limbajului natural, inclusiv cel vorbit, cât și prin combinarea algoritmilor de pe robot (de ex. SLAM, recunoaștere persoană) cu date provenite de la dispozitive IoT, dar și prin utilizarea unor soluții de tip Cloud-Robotics, proiectul are ca obiectiv depășirea limitărilor existente în roboții comerciali (umanoizi sau semi-umanoizi) și personalizarea acestora pentru aplicații specifice.

Obiectivele specifice ale proiectului ROBIN-Social sunt:

- Realizarea unei platforme de dezvoltare a aplicațiilor robotice pentru diferite modele de roboți umanoizi sau de tip teleprezență, de ex. asistarea persoanelor în vârstă sau cu afecțiuni la domiciliu, asistența clienților, și care să permită integrarea dispozitivelor IoT pentru creșterea acurateții de operare și utilizarea resurselor din Cloud pentru calcule intensive - obiectiv realizat (rezultat al Activităților 1.1, 1.2, 2.1, 2.3)
- Dezvoltarea unor algoritmi performanți de SLAM, 3D-mapping și data fusion cu datele de la senzori care să permită autonomie pe termen lung (lifelong mapping) într-un mediu dinamic (oameni și obiecte în mișcare) - obiectiv realizat (rezultat al Activității 1.3)
- Dezvoltarea unor algoritmi de planificare a mișcărilor robotului - obiectiv realizat (rezultat al Activității 1.3)
- Utilizarea și adaptarea algoritmilor de vedere computațională pentru detecția și recunoașterea persoanelor - obiectiv realizat (rezultat al Activității A2.1, A2.3)
- Utilizarea și adaptarea sistemului de dialog în limba română din ROBIN-Dialog pentru interacțiunea cu roboții în limbaj natural - obiectiv realizat (rezultat al Activității A2.2)
- Realizarea unui produs de tip teleprezență asistivă autonomă, cu un hardware comercial – obiectiv realizat în Activitatea A4.1 (a fost realizat cu același robot ca cel utilizat pentru produsul robot asistiv)
- Realizarea unui produs de tip robot asistiv pentru persoane cu nevoi speciale, cu un robot comercial - obiectiv realizat în Activitățile A3.1, A3.2, A4.1
- Realizarea unui produs de tip robot social de interacțiune cu clienții într-un supermarket, cu un robot comercial – obiectivul a fost realizat pentru interacțiunea cu persoanele care vizitează un laborator în Activitățile A3.3, A4.1. Nu s-a putut realiza interacțiunea într-un supermarket din cauza condițiilor impuse de pandemie.

Scopul proiectului ROBIN-Car constă în dezvoltarea de metode de vedere computațională care să rezolve o gamă mai largă și mai sofisticată de sarcini de asistență în pilotaj, realizarea unor module inteligente pentru „Hands-off driving” și „Automated driving” și un sistem prototip care va fi testat pe un autovehicul electric semi-autonom pus la dispoziția consorțiului de compania PRIME Motors Industry, pe durata derulării proiectului. Sistemul va fi capabil să observe, recunoască și monitorizeze scena, drumul, obiectele și persoanele din mediul exterior precum și expresia șoferului, oferindu-i informațiile necesare într-un mod cât mai non-invaziv (inclusiv interacțiune vocală prin comenzi simple), capacitate crescută de pilotaj și de luarea deciziilor.

Obiectivele specifice ale proiectului ROBIN-Car sunt:

- Realizarea unui modul de înțelegere semantică a obiectelor din mediul înconjurător autovehiculului, pentru detecția și urmărirea obiectelor aflate în mișcare (alte mașini din trafic, pietoni), recunoașterea obiectelor fixe (obstacole, benzi, semne de circulație) prin fuziunea datelor de la camere 2D dar și 2D și 3D laser, bazat pe algoritmi noi de computer vision - obiectiv realizat (rezultat al Activităților A1.5, A1.6)
- Realizarea unui modul de gestionare eficientă a geometriei scenei 3D, în vederea estimării 3D a zonelor parcurse - obiectiv realizat (rezultat al Activităților A1.7, A2.5)
- Realizarea unui modul de recunoaștere a expresiei feței șoferului și a direcției de privire, pentru atenționare și asistare în timpul condusului, în vederea identificării gradului de oboseală sau a direcției privirii - obiectiv realizat (rezultat al Activității A2.6)
- Realizarea unui modul de atenționare a conducătorului autovehiculului pe baza unor servicii sensibile la context oferite de subproiectul P3 – ROBIN-Context obiectiv realizat (rezultat al Activității A2.6)
- Preluarea de comenzi vocale în limbaj natural (în limba română) pentru realizarea interacțiunii între conducătorul auto și mașină obiectiv realizat (rezultat al Activității A2.7)
- Realizarea unui sistem prototip care să integreze facilitățile descrise anterior, instalarea acestuia pe un vehicul electric semi-autonom și testare intensivă - obiectiv realizat (rezultat al Activităților A3.5, A3.6, A3.7, A4.3).

Scopul proiectului ROBIN-Context este crearea unei platforme suport pentru definirea/reprezentarea semantică și gestiunea facilă și eficientă a datelor ce devin context în scenarii de asistență robotică personalizată și sisteme ADAS. Plecând de la o formă expresivă și flexibilă de reprezentare, platforma definește un flux bine stabilit al datelor de context (de la achiziția lor, la diseminare/consum) și oferă biblioteci suport pentru inferarea situațiilor de nivel semantic înalt prin combinarea de tehnici bazate pe cunoștințe (eng. knowledge-driven) și tehnici bazate pe date (eng. data-driven).

Obiectivele specifice ale proiectului ROBIN-Context sunt:

- Definirea unui format de reprezentare a datelor care să fie expresiv și să poată fi utilizat cu ușurință în inferențe de tip semantic (e.g. pe bază de ontologii, sisteme de reguli), în sisteme de procesare de evenimente (eng. complex event processing), precum și în modele de inferență pe bază de învățare automată - obiectiv realizat (rezultat al Activităților A1.9, A1.10)
- Proiectarea și realizarea platformei suport pentru implementarea fluxului de achiziție – inferență – diseminare necesar în procesarea și gestiunea datelor de context pentru aplicații centralizate, precum context-aware ADAS - obiectiv realizat (rezultat al Activităților A2.9, A2.11)
- Proiectarea și realizarea platformei suport pentru implementarea fluxului de achiziție – inferență – diseminare necesar în procesarea și gestiunea datelor de context consumate sub formă de servicii web - obiectiv realizat (rezultat al Activităților A2.9, A3.9)
- Dezvoltarea unei componente de procesare semantică a datelor pentru a defini constrângerile de detecție a unor situații - obiectiv realizat (rezultat al Activității 2.10)
- Dezvoltarea unei componente pentru efectuarea inferențelor sub formă de procesare rapidă a evenimentelor (complex event processing) - obiectiv realizat (rezultat al Activității A2.10)
- Dezvoltarea unei componente de inferență a contextului folosind biblioteci de algoritmi pe bază de modele grafice probabilistice - obiectiv realizat (rezultat al Activităților A1.9, A2.10)
- Proiectarea, realizarea și testarea de instrumente și servicii destinate agenților economici prin care se validează ușurința în modelare și acces la situațiile inferate de platforma ROBIN-Context - obiectiv realizat (rezultat al Activităților A3.10, A4.5).

Scopul proiectului ROBIN-Dialog este dezvoltarea unei serii de scenarii pentru câteva micro-lumi și tehnologia de prelucrare a limbii române pentru dialoguri situaționale în aceste micro-lumi. Această tehnologie va fi validată pe scenariile și micro-lumile cercetate, dar va fi dezvoltată în așa fel încât să poată fi aplicată cu ușurință și pe alte scenarii și/sau micro-lumi. Caracterul de generalitate este asigurat de metodele de învățare automată de tip învățare profundă și de specificarea resurselor (e.g. baze de cunoștințe) în limbaje standard (e.g. XML/RDF) care asigură funcționarea sistemului în orice micro-lume și/sau scenariu, atâta timp cât datele de antrenare și resursele specifice vor fi disponibile pentru acestea.

Obiectivele specifice ale proiectului ROBIN-Dialog sunt:

- Proiectarea acestor scenarii și a sistemului de dialog situațional în limba română, respectiv
 - a. Construirea unui lexicon de cuvinte și expresii reprezentative pentru micro-lumea țintă - obiectiv realizat (rezultat al Activităților A1.2, A1.13)
 - b. Extensia automată utilizând metode semantice moderne („continuous vector spaces”) a lexiconului creat manual la pasul a - obiectiv realizat (rezultat al Activității A1.14)
 - c. Crearea universului de discurs pentru micro-lumea/scenariul selectat. Acest pas implică identificarea relațiilor semantice care se stabilesc între cuvinte și care astfel devin predicate care vor fi validate (adevărat/fals) în contextul dialogului - obiectiv realizat (rezultat al Activității A1.14)
- Intrările resursei lexico-semantice creată în pasul 1b vor fi transcrise fonetic și aliniate cu semnalul vocal corespunzător în cazul în care aceste înregistrări există în CoRoLa - - obiectiv realizat (rezultat al Activității A2.13)
- Sistemele de antrenare ASR și TTS vor fi alimentate cu rezultatele pasului 2. Sistemele ASR și TTS vor fi testate și validate. - obiectiv realizat (rezultat al Activităților A2.14, A3.13)

- Implementarea sistemului de dialog cooperant pentru micro-lumile selectate. - obiectiv realizat (rezultat al Activităților A2.15, A3.12, A4.7)

Scopul proiectului ROBIN-Cloud îl constituie crearea unei platforme suport pentru colectarea de date provenind de la senzorii unor sisteme suport pentru roboți (ex. IoT), oferirea de mecanisme de procesare și învățare combinând modele Cloud cu dispozitive aflate aproape de sursa de colectare, oferirea de biblioteci suport pentru procesare inteligentă / semantică a datelor, și dezvoltarea de servicii Web centrate spre agenții economici interesați de folosirea datelor stocate la nivelul platformei.

Obiective specifice ale proiectului ROBIN-Cloud sunt:

- Proiectarea și realizarea unei platforme suport pentru colectarea și sistematizarea de date captate de la nivelul unor sisteme IoT și roboți, peste arhitectura IoT-A ARM - obiectiv realizat (rezultat al Activităților A1.17, A1.18)
- Proiectarea și realizarea unor mecanisme de procesare și învățare distribuită pe baza datelor de la senzori, în tehnologie hibridă Cloud / Edge Computing (componentele Complex Event Processing și Context Broker) - obiectiv realizat (rezultat al Activității A2.17)
- Proiectarea și realizarea de tehnici, metode și algoritmi pentru căutarea și extragerea cunoștințelor din Depozitul de Date la nivelul platformei ROBIN-Cloud - obiectiv realizat (rezultat al Activității A2.18)
- Dezvoltarea în Cloud a unor componente de suport pentru învățare automată, specifice pentru prelucrarea limbajului natural, mașini autonome, dar și pentru colaborarea roboților în mediul social - obiectiv realizat (rezultat al Activității A2.19)
- Dezvoltarea unei biblioteci de algoritmi de procesare semantică a datelor pe platforme Cloud; - obiectiv realizat în Activitatea 3.16
- Planificare inteligentă și adaptivă prin crearea unui set de algoritmi pentru: procesarea în Cloud, cuplarea cu SLAM, planificarea rutelor mașinilor autonome, analiza limbajului natural - obiectiv realizat în Activitățile A3.15 A3.16
- Proiectarea, realizarea și testarea de instrumente și servicii web destinate agenților economici - obiectiv realizat (rezultat al Activității A4.9).

2. Prezentarea obiectivelor si activitatilor realizate in perioada 2018 – 2021, pentru fiecare proiect component

ROBIN-Social

Etapă I - 2018

Prima etapă a proiectului ROBIN-Social a început prin a defini specificațiilor funcționale și arhitecturale ale platformei robotice (Act. 1.1- Definirea specificațiilor funcționale și arhitecturale ale platformei robotice). S-a proiectat platforma AMIRO (AMblent RObotics) concepută pentru a fi testată pe robotul Pepper¹ (robot existent în laboratorul AI-MAS al UPB și ulterior cu cel achiziționat la UTCluj) și generalizabilă la orice platformă robotică care suportă ROS² (Robot Operating System). Platforma proiectată (și dezvoltată ulterior în etapa a 2-a) cuprinde mai multe module funcționale care permit realizarea unor comportări complexe ale unui robot: navigare și evitarea obstacolelor, identificarea și recunoașterea persoanelor, recunoașterea activităților umane (a persoanelor în medii interioare), interacțiune în limbaj natural (scris și vorbit) și managementul dialogului, integrarea cu senzorii din mediu și comanda acestora prin platformă.

În vederea realizării setului de comportamente complexe ale roboților, s-au definit diferite scenarii de utilizare a robotului (Act. 1.2 - Definire use-case-uri roboți asistivi și sociali). Prima categorie de scenarii este legată de asistența persoanelor cu nevoi speciale de către un robot asistiv. Robotul este conectat la o platformă de management al sănătății (dezvoltată anterior de colectiv) de unde poate extrage informații relevante cu privire la starea de sănătate și problemele medicale ale utilizatorului. Robotul trebuie să recunoască persoana, să o poată localiza sau urmări în incintă, să poată să afișeze și să notifice utilizatorul cu privire la alerte legate de indici de sănătate, să permită utilizatorului controlul dispozitivelor domotice și să monitorizeze activități

¹ <https://www.softbankrobotics.com/emea/en/pepper>

² <https://www.ros.org/>

realizate în interior. În cea de a 2-a categorie de scenarii, robotul social interacționează cu persoane la un eveniment. Robotul detectează participanții, îi întâmpina și le transmite vocal informațiile generale legate de eveniment. Participanții pot cere robotului informații despre un exponat sau produs iar robotul conduce participantul către locul de interes sau, în funcție de opțiune, îi oferă informații despre cum se poate ajunge în acel loc.

Referitor la navigarea SLAM, algoritmul Grisetti, Stachniss și Burgard a fost integrat și adaptat pentru a lucra cu robotul Pepper (Act. 1.3 - Proiectarea și implementarea algoritmilor pentru SLAM, 3D-mapping și data fusion, detecția și recunoașterea persoanelor și a activităților, planificarea mișcărilor robotului). Deoarece s-a avut în vedere realizarea unei soluții de detecție și recunoaștere a utilizatorului utilizabilă pe orice platformă robotică compatibilă ROS, dar și din cauza faptului că modulul de detecție persoane din framework-ul NAOqi (sistemul de operare propriu al robotului Pepper) prezintă o mulțime de probleme și limitări, s-au realizat module proprii de detecție, recunoaștere și urmărire a persoanelor dintr-o încălț. Identificarea persoanelor reușește să detecteze persoane parțial obstrucționate în imagine, în condiții de iluminare diferite și la distanțe până la 10 metri, performanțe mult superioare celor oferite de Pepper. Urmărirea persoanelor este realizată utilizând algoritmul SORT în timp real iar recunoașterea persoanelor este realizată utilizând sistemul FaceNet. Segmentarea obiectelor este folosită pentru a obține o estimare precisă a distanței la obiectul detectat și se bazează pe o rețea de tip ResNet care obține rezultate bune în aproximativ 30ms. Estimarea poziției 3D a offset-urilor cu privire la poziția reală a persoanei este calculată luând în considerare informațiile de adâncime.

Etapă II – 2019

În etapa a II-a s-a realizat implementarea platformei robotice AMIRO ca suport pentru soluțiile de asistență robotică cognitivă și de urgență pentru utilizatori cu nevoi speciale (Act. 2.1) și de interacțiune socială (Act.3.1). Platforma conține diferite module, cu fiecare modul putând fi rulat pe o mașină separată. Masterul ROS rulează pe un dispozitiv cloud edge împreună cu nodurile de navigare, vedere artificială și planificare (compunerea comportamentelor primare). Modulele de Storage, Smart Environment, Health Management și Dialogue rulează în cloud iar implementarea permite rularea acestora și ca servicii separate din alte aplicații decât platforma AMIRO. Modulul de planificare integrează comportamente primare (moveto, search, show, say, listen, etc.) pe bază de priorități, modulul de navigare este utilizat pentru căutare și urmărire și este activat de cel de planificare, iar modulul de vedere computerizată integrează identificare, recunoaștere, segmentare și poziționare. De asemenea s-a realizat și o componentă de recunoaștere a unor activități de bază ale utilizatorului, bazate pe scheleți și învățare profundă, folosind 2 variante de arhitecturi TCN (Temporal Convolutional Networks), s-au testat cele 2 arhitecturi. Antrenarea și testarea s-a realizat setul de date NTU RGB + D³. Modulul Health Management detectează informații de la utilizator (tensiune, ritm cardiac, pași, somn), permite inferențe pe baza datelor detectate, iar modulul Smart Environment colectează informații despre mediu (temperature, umiditate, luminozitate) și permite controlul dispozitivelor domotice cum ar fi cele de iluminare, jaluzele, etc.

S-a dezvoltat componenta de recunoașterea vorbirii, prelucrarea comenzilor vocale și managerul de dialog (Act 2.2 - Integrarea soluțiilor de asistență robotică cu interfețe în limbaj natural pentru interacțiunea cu roboții și comanda senzorilor ambienali), cuprinzând 5 module: Audio Preprocessing, Automatic Speech Recognition, Natural Language Understanding, Dialogue Management și Text-to-Speech Synthesis, disponibilă pentru română și engleză și s-au implementat primele versiuni ale scenariilor identificate în etapa I.

Etapă III – 2020

În această etapă s-a realizat implementarea produsului robotic asistiv personalizat (Act. 3.2) prin rafinarea implementării realizate în etapa II și particularizarea componentelor la situațiile specifice, de exemplu dialogul, recunoașterea persoanelor și asociere cu informațiile medicale, personalizarea mediului înconjurător.

S-a realizat definitivarea implementării, testării și evaluării platformei pentru roboți sociali AMIRO implementată pe robotul Pepper, dar generalizabilă pentru orice robot compatibil cu sistemul de operare ROS2 (figura 2.1) (Act 3.3 - Realizarea platformei robotice și a prototipului robotului de interacțiune cu clienții). Platforma dezvoltată funcționează pe o arhitectură care urmează tendințele recente ale roboticii bazate pe edge și cloud robotics. Platforma cuprinde un set de module funcționale care facilitează compoziția unui comportamentului complex: (i) navigarea și evitarea obstacolelor, (ii) recunoașterea persoanei și estimarea

³ <https://github.com/shahroudy/NTURGB-D>

coordonatelor, (iii) recunoașterea activității umane, (iv) recunoașterea vorbirii, procesarea comenzilor și gestionarea dialogului, (v) integrarea cu medii inteligente și (vi) comportare de tip Belief-Desire-Intention pentru gestionarea comportării robotului. Platforma cuprinde o interfață care permite compunerea funcționalității modulelor individuale în comportamente complexe.

S-a îmbunătățit modul de planificare pentru a permite descompunerea planurilor de nivel înalt într-o manieră declarativă utilizând ROSPlan, realizând astfel o extindere și flexibilizare (către generalitate maximă) a componentei de planificare din AMIRO, inclusiv replanificare în caz de eșec. De asemenea s-a lucrat la îmbunătățirea componentei de urmărire a persoanelor (tracking), în special în cazul existenței a mai multor persoane. S-a realizat configurarea serviciilor platformei robotice; realizarea bibliotecii de behaviour și SLAM în cloud pentru roboți (Activitatea A3.1) inclusiv prin interconectarea cu rezultatele din ROBIN-Cloud.

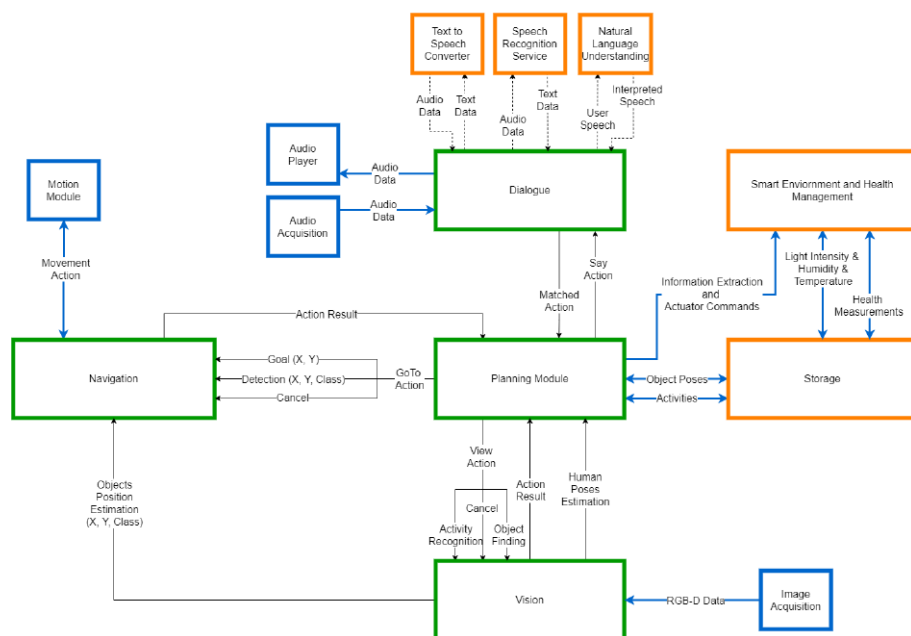


Figura 2.1 Arhitectura sistemului AMIRO - diagramă bloc. Cu verde sunt marcate componentele cloud-edge, cu portocaliu sunt reprezentate servicii cloud și cu albastru modulele care funcționează pe robot. Săgețile negre reprezintă un apel intern, cele punctate reprezintă un apel la un serviciu cloud și cele albastre reprezintă o comunicare prin ROS.

Am realizat evaluarea calitativă a platformei dezvoltate pe scenariul de robot asistiv și pe cel de robot social. Implementările scenariilor au fost testate cu o singură persoană, cu persoane diferite, dar și cu un grup de persoane aflate în fața robotului. Acestea au fost realizate în laborator dar nu au putut fi testate și validate în condiții reale din cauza condițiilor pandemice. Din acest motiv s-a utilizat un alt use-case în care robotul prezintă vizitatorilor un laborator (în particular în UPB) și interacționează cu persoanele din laborator. Acest scenariu a fost testat în diferite condiții. Rezultatele prezintă un comportament precis al robotului în funcție de situație. Platforma este disponibilă și poate fi controlată de pe diferite dispozitive, de exemplu desktop, tabletă sau telefon mobil.

Etapa IV – 2021

S-a lucrat la îmbunătățirea platformei AMIRO (AMblent Robotics), platformă software bazată pe ROS și deci utilizabilă pe mai multe platforme hardware robotice. S-a realizat și introducerea serviciului robotic (bazat pe platforma AMIRO) în eeri (activitatea A4.1). Pe baza îmbunătățirilor realizate, s-a realizat versiunea finală a produsului robot asistiv pentru persoane cu nevoi speciale și use-case-ul robot social de interacțiune cu vizitatorii unui laborator. Îmbunătățirile realizate în 2021 au fost, în principal:

- Extinderea și îmbunătățirea componentei de recunoaștere a activităților utilizatorului din secvențe video (dezvoltată anterior) Aceste rezultate au fost incluse în lucrarea *"Comparison between Recurrent Networks and Temporal Convolutional Networks Approaches for Skeleton-based Action Recognition"*, autori M. Nan, M. Trăscău, A.M. Florea, C. Iacob, Sensors, Vol.21 No.6, Jan 2021 (Q1, IF 3.576). Lucrarea a fost **"highlighted on the journal homepage" and designated among the "Most notable articles (Feb-May 2021)"**

- S-a extins colectarea și adnotarea setului de date propriu de recunoaștere a activităților umane (Pepper Data Set), colectat și adnotat anterior de colectivul proiectului cu ajutorul robotului Pepper; acesta poate fi pus la dispoziția celor interesați la cerere.
- Portarea și utilizarea platformei AMIRO pe robotul Tiago⁴ și realizarea pe acesta a detecției și recunoașterii de persoane, urmărire persoane (anterior realizate în varianta AMIRO de pe Pepper) cât și a facilității de manipulare de obiecte, facilitate care nu există pe robotul Pepper deoarece acesta nu are, prin hardware, capacități manipulatorii.

ROBIN-Car

Etapa I - 2018

Prima etapă a proiectului ROBIN-Car a început prin activitatea A1.5 - Definirea specificațiilor funcționale și arhitecturale pentru modulele ROBIN-Car, proiectarea modulelor de vedere artificială oferite de proiect. S-au identificat următoarele cerințe și s-a făcut proiectarea următoarelor componente: înțelegere semantică completă a scenei (metode pentru segmentarea semantică completă a scenei, utilizând clase vizuale relevante pentru vehiculele autonome), învățarea structurii 3D a scenei (învățarea structurii 3D a obiectelor este vitală pentru siguranța vehiculelor autonome), recunoașterea și segmentarea semantică a benzilor de circulație, urmărirea vizuală robustă a obiectelor pe termen-lung, detecția automată a limitatoarelor de viteză, detecția pietonilor, pilot automat și asistent pentru conducere (module și algoritmi care pot să ofere indicații de conducere deduse doar din informații vizuale, să realizeze geolocalizarea chiar și în absența GPS-ului, să aibă o înțelegere completă a semanticii și a structurii 3D a scenei și în cele din urmă să învețe cum să piloteze un vehicul fără intervenție umană, într-un mod corespunzător, inteligent și sigur), plus s-a identificat necesitatea colectării unor seturi de date specifice pentru conducere automată.

În cadrul activității Act 1.6 - Construcția seturilor de date necesare antrenării modulelor ce vor fi dezvoltate în sistem, s-au colectat și dezvoltat 2 seturi de date proprii. Deși există câteva seturi de date publice create pentru antrenarea metodelor de conducere automată, nici unul dintre ele nu este colectat în București sau în altă regiune din România. Am colectat propriul set de date de dimensiuni mari pentru antrenarea unui pilot automat care acoperă 350 km conduși în București pe care i-am adnotat cu manevre auto folosind metode automate și nesupervizate, pentru eficientizarea întregului proces. S-a utilizat un smartphone cu sistem de operare Android, care este folosit atât pentru colectarea de date de antrenare cât și la testare. S-a dezvoltat propria aplicație Android care înregistrează atât video cât și stream-ul GPS (pentru colectare) într-o manieră sincronizată.

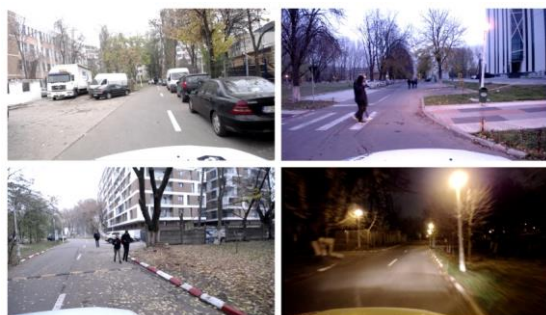


Figura 2.2. Exemple de cadre colectate în setul de date din campusul UPB

Al doilea set de date colectat a fost în campusul UPB, în condiții diferite de lumină, vreme, participanți la trafic. Colectarea s-a făcut prin echiparea cu camere de luat vederi a unui automobil Logan electric, pus la dispoziția echipei laboratorului AI-MAS de o companie parteneră (figura 2.2).

Un alt aspect important în dezvoltarea unui asistent de conducere autonom este capacitatea de a prezice structura 3D a scenei și obstacolele care se mișcă în scenă (Act 1.7 - Proiectarea, implementarea și testarea locală a funcționalităților modului de gestionare eficientă a geometriei scenei 3D). S-a implementat o nouă arhitectură deep-learning Shift R-CNN, un model hibrid pentru detectarea obiectelor 3D din imagini monoculare, care combină învățarea automată cu principiile geometrice. S-a adaptat o rețea Faster R-CNN pentru regresia proprietăților inițiale ale obiectelor 2D și 3D și s-a combinat cu o soluție least squares pentru problema de mapare geometrică inversă din 2D în 3D, folosind matricea de proiecție a camerei. Soluția în

⁴ <https://pal-robotics.com/robots/tiago/>

formă închisă a sistemului matematic, împreună cu ieșirea inițială a Faster R-CNN au fost apoi trecute printr-o rețea ShiftNet finală care rafinează rezultatul folosind dislocarea volumului.

S-au implementat două aspecte legate de recunoașterea limitatoarelor de viteză și anume segmentarea lor în imagini și clasificarea lor în reale sau false. În prima etapă se detectează regiunile din imagine care conțin limitatoare de viteză, indiferent de tipul lor. Cel de-al doilea nivel discernere între limitatoarele false și cele adevărate. Este de notat faptul că soluția poate fi adaptată pentru aproape orice altă sarcină de segmentare fină și clasificare în contextul conducerii automate. S-a realizat de asemenea segmentarea benzilor de circulație.

Etapa II - 2019

În cadrul etapei II s-a continuat proiectarea și implementare componentelor sistemului de pilotaj automat (Act 2.5 - Implementarea și testarea modulului de înțelegere și urmărire a obiectelor din mediul înconjurător). S-a realizat o componentă de învățare nesupervizată pentru detectarea obiectelor prim plan din imagini. Învățarea nesupervizată reprezintă una dintre cele mai dificile provocări în vederea computațională de astăzi. Abordarea are o imensă valoare practică, deoarece cantități mari de date video neetichetate pot fi colectate la costuri scăzute. În contextul conducerii autonome, învățarea nesupervizată ar putea oferi vehiculelor inteligente abilitatea de a descoperi obiecte necunoscute care pot apărea în mod neașteptat în scena rutieră. Abordarea este aceea de a antrena o rețea adâncă student pentru a prezice ieșirea unui algoritm profesor care realizează descoperirea nesupervizată a obiectelor în video sau colecții mari de imagini (fig. 2.3).

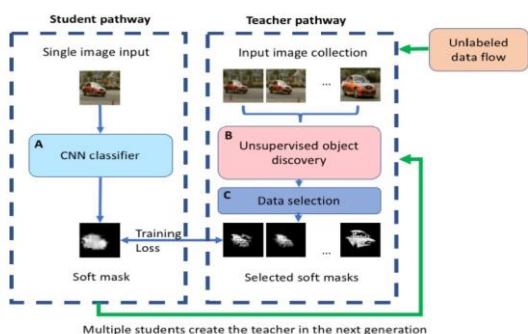


Figura 2.3. Sistemul dual student-profesor propus pentru învățarea nesupervizată a detectării de obiecte din prim-plan în imagini. Modulul profesor (B) detectează obiecte din prim-plan. Măștile "soft" generate de acesta sunt filtrate cu un modul de selecție (C). Setul final de perechi - imaginea de intrare și masca "soft" corespunzătoare (care acționează ca o etichetă nesupervizată) - sunt utilizate pentru a antrena rețeaua student (modulul A). Întregul proces poate fi repetat pe parcursul mai multor generații. La fiecare generație mai mulți studenți sunt antrenați, apoi contribuie colectiv la formarea unui profesor mai puternic, pentru următoarea iterație a algoritmului general.

S-a realizat o componentă de adnotarea automată a secvențelor video SegProp, o metodă bazată pe flux iterativ, cu constrângeri geometrice pentru a propaga etichetele semantice la cadre care nu au adnotări umane. Se obține astfel un set de date cu mai mult de 50k cadre adnotate - cel mai mare de acest fel, după cunoștințele noastre. Experimentele noastre arată că SegProp are performanțe semnificativ mai bune decât metodele state-of-the-art de propagare a etichetelor.

S-a realizat o componentă de detecție a pietonilor și s-au evaluat patru algoritmi pentru detecție de obiecte: YOLOv3, SSD, RetinaNet și Faster-RCNN pe setul de date UPB. Setul de date UPB a fost colectat în două iterații majore: toamna 2018 și vara 2019. În sesiunea setului de date din toamna 2018, numărul total de pietoni prezenți pe străzile campusului a fost scăzut, deoarece testele s-au efectuat după-amiaza pentru a surprinde condus atât pe timp de zi, cât și pe timp de seara (pentru a varia gradul de luminositate). Din acest motiv a apărut necesitatea augmentării secvențelor video prin inserție de pietoni în ipostaze cât mai naturale, astfel încât alipirea între imaginea unui pieton fictiv și fundalul existent să se facă în mod imperceptibil, fără artefacte de lipire notabile, pe care un algoritm de detecție ar învăța să le exploateze în mod eronat. Metoda aleasă pentru implementarea inserției de pietoni se bazează pe rețele GAN care sunt folosite pentru a genera diferite alipiri ale unor șabloane de pietoni pe o zonă anume aleasă dintr-o imagine. Factorul de variație se dă prin diferitele texturi și culori, pe care le poate lua forma pietonului, astfel încât inserția să în imagine să fie cât mai naturală. Inserția s-a realizat în două etape: identificarea zonelor dintr-o imagine de trafic existentă în care să fie introdus un pieton sau un grup de pietoni și alipirea în sine a unui sau mai multor șabloane de pietoni în zona aleasă.

S-a realizat implementarea și testarea modulului de recunoaștere a expresiei feței utilizatorului (Act 2.6) în care ne-am concentrat pe detecția semnelor de somnolență la volan. S-a folosit o rețea de tip SSD (bazată pe o rețea de tipul ResNet) pentru detecția feței și un sistem de clasificare pentru diferite stări (alertă, somnolență în diferite grade, etc.). În implementarea finală vom îmbunătăți abordarea prin analiza detecției

privirii, corelarea stărilor detectate în secvență și prin extinderea la recunoașterea altor expresii cum ar fi surpriză, spaimă, etc.

Activitatea A2.7 - Implementarea modului de preluare a comenzilor vocale în limbaj natural a constat în legătura cu proiectul ROBIN-Dialog prin care soluțiile dezvoltate au fost particularizate pentru o microlume referitoare la autovehicul. Integrarea va fi realizată în cadrul activității A3.7 (în curs de finalizare în 2020).

Etapă III - 2020

În cadrul acestei etape sunt în curs de realizare activitățile Act 3.5 - Implementarea soluțiilor de prelucrare de vedere artificială (servicii) și integrarea în cloud, Act 3.6 - Integrarea modulelor de vedere artificială, comenzi în limbaj natural și Act 3.7 - Definitivarea sistemului de vedere artificială pe un vehicul electric prototip. Am abordat 2 variante de pilotaj automat. Una este bazată strict pe vedere computațională și cea de a doua folosește atât metode de vedere computațională cât și senzori suplimentari.

Din punct de vedere al primului model am realizat un sistem care învață simultan să se auto-localizeze și să navigheze spre o destinație planificată numai din informație video, am extins și îmbunătățit modelul de localizare din imagini și l-am adaptat pentru a învăța să localizeze cu precizie în trafic, am modelat traiectorii, ca funcții de timp ale spațiului, care cuprind informații de direcție și viteză pentru șapte secunde în viitor, din care se pot obține informații complete despre direcție și viteză pe întreaga durată de timp. Traiectoriile captează informații de navigație pe mai multe niveluri, de la comenzi instantanee care depind de traficul actual și obstacolele din față, până la decizii de navigare pe termen mai lung, spre o destinație specifică. În plus, am realizat setul de date Urban European Driving Dataset (UED), pe care îl vom face public alături de codul și aplicația soft de antrenare și testare.

Din punct de vedere al celei de a 2-a soluții am echipat un autovehicul Logan electric cu 3 camere RGB, 1 smartphone, 1 CAN bus monitor (colectează date de la senzorii onboard) și un laptop. Am realizat un model pentru a prezice viteza și unghiul de rotire al volanului pe baza datelor colectate.

De asemenea, am realizat descoperirea de obiecte în secvențe video (sub formă de măști de obiect pe cadru) într-o manieră nesupervizată. Am introdus o metodă eficientă, potrivită pentru scenarii nesupervizate și supervizate, bazată pe o reprezentare a grafului în spațiu și timp, în care avem corespondențe unu-la-unu între nodurile grafului și pixelii video. Lucrarea Unsupervised video object segmentation by reaching Consensus between Deep Object Segmentation and Spectral Spacetime Clustering (E. Haller, A.M. Florea, M. Leordeanu) trimisă la IEEE Trans. on PAMI în 2020, propune un model complet nou de descoperire a obiectelor în care o rețea neurală învățată de la un graf de descoperire în spațiu și timp, de-a lungul mai multor iterații să segmenteze obiectul principal din secvențe video.

S-a dezvoltat de asemenea, pe baza rezultatelor din proiectul ROBIN-Dialog, un sistem de asistență al șoferului bazat pe dialog în limbaj natural. Sistemul pentru asistența șoferului poate interacționa atât cu persoanele din mașină prin interacțiune verbală (persoanele din mașină rostesc întrebări iar sistemul răspunde la acestea tot verbal) cât și cu computerul mașinii.

Etapă IV - 2021

Etapă din 2021 s-a concentrat pe testarea dezvoltărilor anterioare pe un autovehicul și realizarea unui prototip de asistare a șoferului în conducere semi-autonomă. Pe baza cercetărilor anterioare, am dezvoltat un simulator de rulare care permite antrenarea unei rețele neurale adânci end-to-end steering pentru determinarea direcției de urmat a mașinii, vitezei pe care aceasta trebuie să o aibă, dacă trebuie să accelereze sau să franeze. Am antrenat rețeaua în cadrul unui simulator propriu dezvoltat pe setul de date UPB. Acest set de date conține 408 de înregistrări video de condus exemplar, acoperind o distanță de 72.7[km], pe o durată de 254 de minute, însumând numărul total de capturi la 458026. Câteva particularități ale setului de date sunt: prezenta pietonilor, a limitatoarelor de viteză și a barierelor. Dintre cele 408 de înregistrări, 21% au fost efectuate în timpul nopții, corespunzând la 0.9 ore de condus acoperind 13.74[km]. Setul de date conține 739 treceri prin intersecții, dintre care 172 corespund unui viraj la dreapta, 164 corespund unui viraj la stnga și 403 menținerea direcției de mers. Viteza medie de condus este de 24.72[km/h] cu o deviație standard de 1.91[km/h]. Viteza maximă este de 31[km/h].

Rezultatul remarcabil a fost reprezentat de primul autoturism autonom care s-a deplasat în campusul UPB fără intervenția șoferului asupra volanului (figura 2.4).

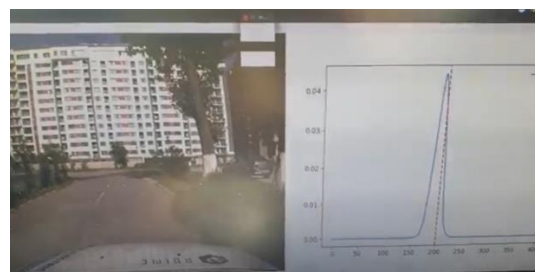


Figura 2.4. Asistare șofer conducere semi-autonomă. Prima imagine - automobilul menține banda în mod autonom, șoferul nu controlează volanul (șoferul este în auto pentru siguranță și are un comutator de urgență pentru comutarea în mod controlat de șofer). A 2-a și a 3-a imagine – pe ecran apare în stânga ceea ce vede camera video în timp real iar în dreapta estimarea direcției de mers (cu albastru) față de direcția dorită (cu roșu) pe baza modului antrenat cu rețea neurală în prealabil în simulator și utilizând setul de date UPB augmentat.

Un scurt video de prezentare se poate găsi la adresa:

https://drive.google.com/drive/folders/1puo_nagyv61Rx7jLTekZeuORE3LPuSww?usp=sharing

ROBIN-Context

Etapa I - 2018

În prima etapă a proiectul ROBIN-Context s-au definit specificațiile funcționale și arhitecturale ale componentelor sale (Act 1.10 - Definirea specificațiilor funcționale și arhitecturale pentru componentele din ROBIN-Context). În particular acestea pleacă de la arhitectura motorului de inferență CONSERT, bazat pe procesare complexă de evenimente (dezvoltat anterior de echipă), precum și a sistemului de prelucrare a informației contextuale prin servicii specifice de colectare, coordonare/diseminare și consumare a informației contextuale. Aceste din urmă servicii sunt realizate ca roluri agentificate, iar în proiectul ROBIN-Context efortul principal a constat în implementarea comunicării între ele prin intermediul unui protocol RESTful. Tot în activitatea A1.10 au fost definite cerințele de integrare a platformei existente CONSERT, cu framework-ul de lucru ROS (Robot Operating System). Cerința de integrare s-a tradus prin dezvoltarea unui set de mesaje compatibile cu framework-ul ROS, care să surprindă modelarea conceptuală a informației de context conform modelului CONSERT. În Act 1.9 (Analiza modelelor de inferență probabilistică utilizate pentru detecția contextului) au fost inventariate tehnici de derivare a contextului prin algoritmi de învățare automată. Aceștia au fost orientați majoritar către aspecte de detecție a activităților cotidiene (eng. Activities of Daily Living - ADL) pentru că această linie de investigație este utilă obiectivelor din proiectul ROBIN Social.

Etapa II - 2019

În etapa a doua a proiectului a fost dezvoltată platforma suport pentru implementarea fluxului de gestiune a contextului (Act 2.9 - Dezvoltarea platformei suport pentru implementarea fluxului de gestiune a contextului în aplicații centralizate). Conceptual, modelul de roluri pentru provizionarea informației contextuale a fost extins către paradigma de Context-as-a-service reprezentată în fig. 2.5.

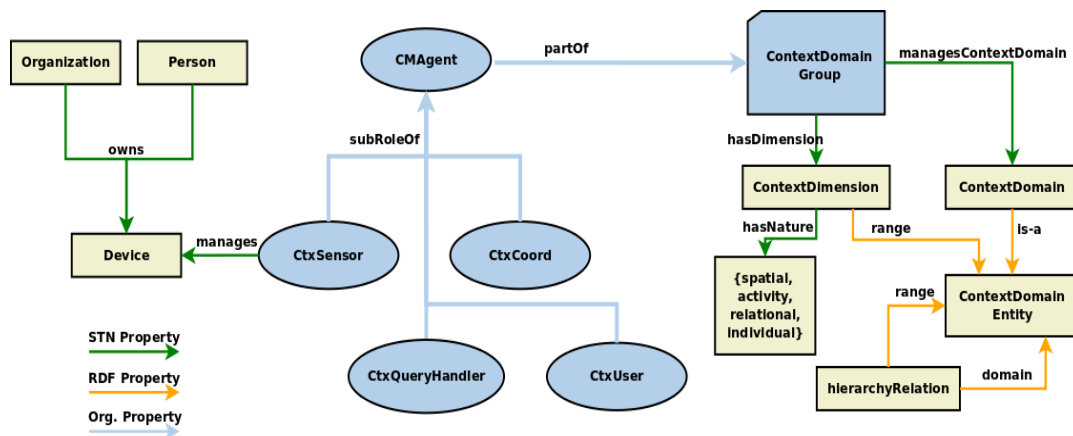


Figura 2.5. Organizarea conceptuală a unităților de procesare de context din platforma ROBIN-Context pe Grupuri Contextuale care definesc interesul/focusul lor curent în termen de informație contextuală pe care doresc să o producă/consume.

Figura 2.5 reprezintă modul în care platforma ROBIN Context propune ca entitățile implicate în ecosistemul de producere și consum de context își pot exprima în mod implicit sau explicit interesul pentru anumite informații contextuale (de la date ale senzorilor, până la capacități ale actuatorilor inteligenți). Se prezintă astfel modul în care se face acum explicit interesul pentru informațiile partajate într-un anumit ContextDomain, anume prin apartenența la un ContextDomainGroup, care are ca obiectiv regruparea informațiilor conexe unei Dimensiuni Contextuale (e.g. prezența într-o anumită sală, implicarea într-o anumită activitate).

În Act 2.10 (Dezvoltarea componentelor de raționament semantic, procesare complexă a evenimentelor, monitorizare și explicare a inferențelor contextuale) s-a continuat explorarea modului în care procesarea bazată pe reguli a informației de context (preluată din motorul de inferență CONSERT) poate fi augmentată prin algoritmi bazați pe tehnici de învățare automată. Aplicabilitatea acestora a fost testată pe scenarii de recunoaștere a activităților cotidiene, în particular pe date din setul de date CASAS⁵. Principala direcție de explorare a fost cea de extragere și clasificare a ferestrelor de activări ale senzorilor. La început s-a evaluat gradul de acuratețe în clasificare a unor ferestre de activări. Dacă se ia în considerare ground-truth-ul, în termen de segmentare a ferestrelor, atunci clasificarea activităților este relativ eficientă, chiar și cu atribute și metode simple de învățare automată.

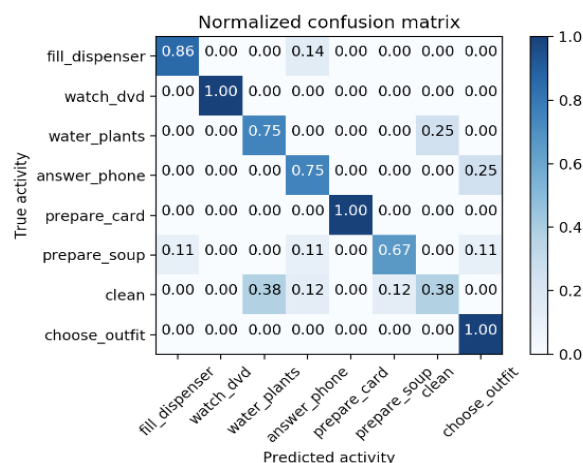


Figura 2.6. Matrice de confuzie pentru clasificarea activităților cu fereastra exactă de activări de senzori

Figura 2.6 prezintă rezultatele obținute pe baza unui model SVM ce ține cont de numărul de activări și dezactivări pentru fiecare tip de senzor din fereastra de evenimente. Se observă că pentru majoritatea activităților se obține un rezultat bun, dacă fereastra exactă de evenimente asociate celui senzor este cunoscută. Astfel, efortul principal pentru acest tip de detecție este acela de a determina fereastra corectă de evenimente de senzor care definesc o activitate.

⁵ <http://casas.wsu.edu/datasets/>

În activitatea A2.11 (Definirea și implementarea conectorilor pentru achiziția datelor de context din aplicații specifice ROBIN-Car și ROBIN-Social) au fost dezvoltate mecanismele de interfațare a platformei ROBIN Context cu framework-ul ROS. Motorul de inferență CONCERT definește trei topicuri de comunicare:

- `concert/engine/contextAssertions` (topic pentru transmiterea de context către aplicații externe),
- `concert/engine/insertedAssertions` (topic pentru primirea de aserțiuni contextuale de la aplicații externe),
- `concert/engine/eventWindows` (topic pe care se transmit ferestre de evenimente către sub-motorul de clasificare a activărilor de senzori cuprinse în acestea).

Etapa III - 2020

În etapa a treia, s-a dezvoltat componenta de monitorizare a platformei ROBIN Context (Act 3.9 - Dezvoltare serviciu și interfață web de monitorizare a execuției platformei) și integrarea acesteia cu rezultatele din ROBIN Social și ROBIN Car (Act. 3.10 - Integrarea componentelor platformei). Pentru a putea progresa într-un mod facil cu integrarea framework-ului ROBIN Context în scenariile prevăzute pentru aplicațiile din ROBIN Social și ROBIN Car, este nevoie ca informația ce descrie capabilitățile (proprietăți, acțiuni, evenimente) ale unui obiect inteligent (eng. web enabled smart thing) să poată fi ușor transformată (serializată / deserializată) din reprezentări tipice programării orientate obiect în reprezentări interschimbabile pe web: e.g. JSON-LD sau RDF. Pentru reprezentarea informațiilor de context ale unui web-enabled smart thing există un standard propus de W3C, anume Thing Description (TD)⁶. În mod implicit, descrierile sunt codificate într-un format JSON care permite, de asemenea, procesarea JSON-LD. Acesta din urmă oferă o bază puternică pentru a reprezenta cunoștințele despre Things într-un mod inteligibil.

S-a implementat un mecanism de serializare/deserializare, o bibliotecă de cod prin care se pot defini obiecte inteligente care corespund modelării ThingDescription. Modelarea acestora poate fi atât transformată din reprezentare Python în reprezentare JSON-LD sau RDF, cât și invers - o reprezentare serializată poate fi transformată într-un obiect Python utilizabil în programarea interacțiunilor sensibile la context din cadrul framework-ului ROBIN Context. Tehnologiile de la care se pleacă în această implementare sunt Webthings, RDFLib, Owlready⁷. Rezultatele curente ale implementării sunt public accesibile pe Github⁸.

S-au dezvoltat mecanisme de raționamentelor probabilistice în platforma ROBIN-Context. Ne-am orientat către a evalua capabilitatea de clasificare a activității corecte atunci când ferestrele nu sunt ideale. Am efectuat evaluarea, în continuare, pe setul de date CASAS, prezentat anterior, adăugând de data aceasta și un alt subset de date: Kyoto - Interleaved ADL Activities⁹, HH101 - HH108¹⁰.

Analiza pe setul de date Kyoto. Algoritmul de învățare automată folosit în analiza ferestrelor aleatoare (de lungime 30 - i.e. 30 de activări de senzori) este cel al pădurilor aleatoare de arbori de decizie (eng. Random Forrest). Setul de atribute extras pentru o astfel de fereastră cuprinde informație precum: de cel mai frecvent senzor care se activează, locul dominant (o împărțire logică a pozițiilor spațiale din mediul în care se desfășoară activitatea - e.g. camere dintr-o casă), număr de activări al fiecărui tip de senzor, timpul între activări, durata ferestrei și altele. Pentru setul de date Kyoto au fost luate în considerare numai fișierele fiecărei persoane care conțineau activări de senzori intercalate. Astfel, numărul total de fișiere folosite a fost 20, unul pentru fiecare persoană. Rezultatele evaluării folosind 19 persoane pentru setul de antrenare și cea de-a 20-a pentru testare sunt prezentate în figura 2.7a. Rezultatul reprezintă media rezultatelor obținute de fiecare persoană. Observăm că rezultatele sunt similare cu cele de referință având o precizie medie pentru toate activitățile de 0.48, un recall mediu de 0.47 și un scor F1 mediu de 0.44. Folosind cea de-a doua metodă de evaluare, și anume folosirea întregului set de date pentru antrenare și apoi testarea pentru fiecare persoană în parte pe același model creat, aduce rezultate mult mai bune decât prima metodă încercată. Astfel, am realizat din nou media rezultatelor obținute pentru fiecare persoană în parte (Figura 2.7b) și s-au obținut o precizie medie și un recall mediu de 0.84, iar scorul F1 mediu a fost 0.83. Un rezultat important observat din analiza setului de date Kyoto este că gradul de generalizare de la activitățile executate de o

⁶ <https://www.w3.org/TR/wot-thing-description/>

⁷ <https://pythonhosted.org/Owlready2/>

⁸ <https://github.com/aimas-upb/CONCERT-WoT-Search>

⁹ G. Singla, D. Cook, and M. Schmitter-Edgecombe, Tracking activities in complex settings using smart environment technologies. International Journal of BioSciences, Psychiatry and Technology, 1(1):25-35, 2009

¹⁰ D. Cook, A. Crandall, B. Thomas, and N. Krishnan. CASAS: A smart home in a box. IEEE Computer, 46(7):62-69, 2013.

persoana la o alta este scăzut. Este asadar nevoie de o dezvoltare a unor tehnici de fine-tuning ale algoritmului de recunoastere a activitatilor pe baza clasificarii de ferestre de activari de senzori, astfel incat acesta sa poată fi particularizat pe fiecare persoana în parte.

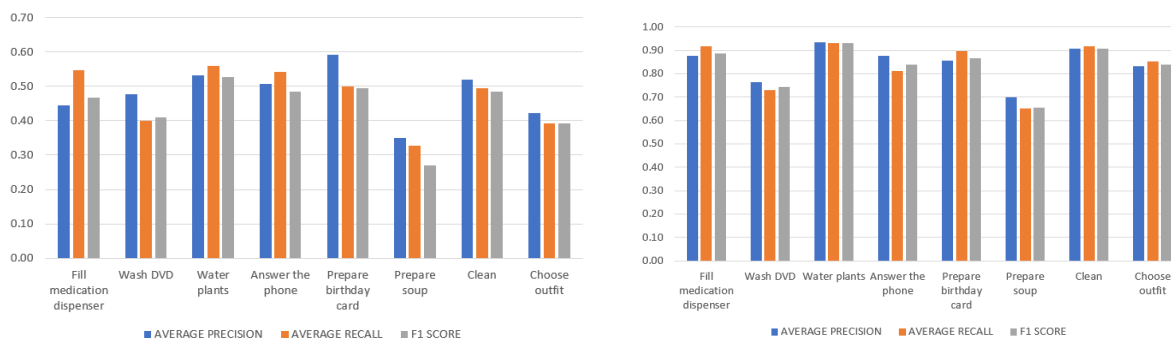


Figura 2.7 Figura 2.7a (stanga) media rezultatelor algoritmului de tip random forrest pe setul de date Kyoto in antrenarea pe 19 persoane si testarea pe o a 20-a. Figura 2.7b (dreapta) rezultatul obtinut de aceeasi metoda pe acelasi set de date in antrenarea si evaluarea pe acelasi set de date (i.e. acuratetea de antrenare)

Etapa IV - 2021

Am realizat un Serviciu web pentru adăugarea de și accesul la informații contextuale ale micro-lumilor și s-a construit ontologia de domeniu pentru micro-lumea interacțiunilor în clădirea PRECIS, numită PRECIS Schedule Ontology. Accesul la informația contextuală aferentă micro-lumii de asistență în cadrul clădirii PRECIS se face prin "îmbrăcarea" modelului semantic într-un serviciu web RESTful pentru crearea/interogarea/actualizarea instanțelor de entități și a proprietăților acestora. Dezvoltarea acestui serviciu s-a efectuat folosind tehnologia OBA¹¹ care permite crearea de specificații de API și template-uri de cod pentru aplicația server și clientcorespunzătoare API-ului pornind de la descrierea ontologică a conceptelor. Cu alte cuvinte, pornind de la ontologia PRECIS Schedule Ontology, OBA este folosit pentru a genera un API prin care să se facă accesul RESTful la instanțele Evenimente, de Persoane, Săli și OBA facilitează acest lucru prin conversia unui model semantic definit într-o ontologie, într-o specificație ce utilizează modelul OpenAPI¹². Folosind API-ul pentru informație contextuală rezultat în urma utilizării OBA peste ontologia de domeniu PRECIS Schedule Ontology se poate face cuplarea între managerul de dialog rezultat din ROBIN Dialog și informația de context necesară acesteia. Managerul de dialog pentru micro-lumi creat în proiectul ROBIN-Dialog este capabil să identifice care sunt slot-urile relevante micro-lumii în afirmația sau întrebarea venită de la utilizator.

De asemenea, am implementat mecanismul de identificare a punctelor de schimbare în fluxuri de evenimente de la senzori ambienali. Au fost considerate primele trei apartamente din setul de date CASAS HH (HH101, HH102 și HH103). Printre activitățile efectuate de către persoanele din apartament regăsim: Personal Hygiene, Enter Home, Eat, Wash Lunch Dishes, Work, Cook, Groom, Sleep, Bathe, Dress. Orice activare de senzor care nu face parte dintr-o categorie anume va fi atribuită categoriei Other Activity. Pentru fiecare set de date au fost calculate metrici de precizie (eng. precision) și regăsire (eng. recall) pentru detectarea corectă a punctelor ce reprezintă o trecere de la o activitate la alta în etichetarea dată în setul de date.

ROBIN-Dialog

Etapa I - 2018

Activitatea Act 1.12: Au fost definite universurile de discurs pentru care Pepper (de la UPB) va avea competența dialogului în limba română fiind imaginate patru scenarii de dialog - experimente wizzard-of-oz - (asistent de vânzări într-un magazin de electronice, companion casnic pentru o persoană necesitând asistență, partener de dialog "promoțional" și ghid pentru vizite la centrul de cercetare PRECIS). S-au definit

¹¹ <https://oba.readthedocs.io/en/latest/>

¹² <https://swagger.io/specification/>

micro-lumile țintă și structura de principiu a sistemului de dialog în micro-lumile respective. S-au extras toate cuvintele din scenariile alese și s-au introdus într-un lexicon primar.

Activitatea Act 1.13: Cuvintele din dialogurile respective au fost prelucrate (lematizate și adnotate morfo-lexical) și au fost stocate într-un lexicon preliminar. Pentru fiecare cuvânt din lexiconul preliminar au fost selectate câte 10 cuvinte cu semantică distribuțională similară. Acest lucru a fost posibil folosind vectorii semantici (word-embeddings) construiți din corpusul de referință al limbii române CoRoLa¹³. Astfel, a fost construit lexiconul micro-lumilor țintă.

Activitatea Act 1.14: Extensia dicționarului a luat în considerare includerea sinonimilor, hiponimilor și a hiperonimilor cuvintelor existente în lexicon (în cazul în care aceștia nu sunt deja incluși). Această extensie se bazează pe ontologia lexicală Romanian WordNet¹⁴. În condițiile definirii de noi universuri de discurs, lexiconul și modelul de limbă pot fi actualizate corespunzător, prin automatizarea întregului proces. Lexiconul existent, a fost îmbogățit cu informație specifică aplicațiilor de prelucrare a vorbirii (împărțire în silabe, marcarea accentului și transcrierea fonetică pentru fiecare cuvânt).

Etapă II - 2019

Activitatea Act 2.13: Transcrierea fonetică a cuvintelor din lexiconul validat și alinierea cu semnalul vocal corespunzător; crearea înregistrărilor vocale pentru cuvinte pentru care nu există înregistrări în corpusul COROLA. Lexiconul (validat la nivel de leme și etichetă morfosintactică) conținea 99150 înregistrări de forma: cuvânt, leme, MSD. În cadrul acestei etape, am realizat (1) rafinarea lexiconului prin metode semantice pentru a ne asigura ca nu există intrări care să fie în afara universului de discurs și (2) completarea lexiconului cu informația de silabificare, accent și transcriere fonetică, utile în aplicațiile de ASR și TTS. Am experimentat dezambiguizarea semantică în contextul micro-lumilor a cuvintelor din lexicon (prin asocierea de sensuri din wordnet) înainte de expandarea lexiconului pe relațiile de hiperonimie și sinonimie. Astfel, am reușit să restrângem lista de leme din lexiconul expandat la 1827, iar lista de intrări din lexicon (conținând variantele morfologice ale acestor leme) s-a redus de la 99150 intrări la 27559 intrări. Considerăm că versiunea rafinată a lexiconului este mai utilă sistemului de dialog ROBIN, deoarece elimină ambiguități semantice și evită supraîncărcarea acestuia cu informație inutilă. Completarea lexiconului cu informațiile de silabificare, accent și transcriere fonetică s-a făcut în două etape, intrările lexiconului având forma: cuvânt, leme, MSD, silabație, accent, transcriere fonetică.

Activitatea 2.14: Sistemele de antrenare ASR și TTS au fost alimentate cu noile date.

Testarea și evaluarea sistemelor ASR și TTS. Am dezvoltat un ASR în Kaldi cu ajutorul resurselor din Corola¹⁵. Există limitare pentru fișiere input să fie doar .wav, Dimensiunea maximă nu reprezintă o limită dar serverul va da timeout cu un fișier mai lung de 10 minute pentru că durează mult procesarea (>10 min). Performanța modelului este WER = 30%. Un alt experiment de ASR a fost realizat în grupul de la UPB folosind alte metode (DeepSearch) decât cele utilizate la ICIA (GMM-HMM). Rețeaua DeepSpeech fost antrenată pe setul de date SWARA, modificând hiper-parametrii pentru a obține cel mai bun model în ceea ce privește WER. WER a variat între 58% și 63% pentru diferite dimensiuni ale rețelei folosind modelul de limbă predefinit. Aceleași experimente au fost efectuate și cu modelul de limbă pe română KenLM (Heafield, 2011), iar WER s-a îmbunătățit substanțial cu aproximativ 20%, variind între 39% și 42%. Obiectivul a fost integral îndeplinit, modulele de TTS și ASR au fost antrenate, testate și evaluate. Totuși performanțele nu au fost satisfăcătoare, ceea ce a făcut ca în anul 2020 să căutăm soluții pentru reducerea WER/CER și a timpului de răspuns.

Activitatea 2.15: Implementarea prototipului generic de sistem de dialog cooperant. O microlume este o mulțime de concepte împreună cu relațiile care se stabilesc între ele despre care poate fi vorba într-un schimb de interacțiuni dintre utilizator și robot. Sistemul de dialog a fost implementat în Java 1.8 și conține următoarele componente: - Definiția unei micro-lumi care se face într-un fișier text dar care, datorită nivelurilor de abstractizare oferite, se poate face și în clase derivate, direct în Java; - Analiza interogării în limba română care se face automat cu RELATE¹⁶ și în urma căreia sistemul de dialog recunoaște concepte și predicate prezente în cerere; - Managerul de dialog care este bucla (infinită) de I/O pentru sistemul de dialog:

¹³ <http://corola.racai.ro/>

¹⁴ https://www.academia.edu/27330650/Ro_Wordnet_Ontologie_Lexical%C4%83_Pentru_Limba_Rom%C3%A2n%C4%83

¹⁵ <http://relate.racai.ro/index.php?path=robin/asr>

¹⁶ https://www.european-language-grid.eu/wp-content/uploads/2020/05/IWLTP2020_Pais.pdf

așteaptă întrebări de la utilizator, cere informații suplimentare dacă este necesar și verbalizează informațiile solicitate de utilizator sau clasifică așteptările utilizatorului pentru sistemul de planificare al robotului (cel care decide ce acțiuni poate efectua Pepper). În stadiul actual, ROBIN-Dialog poate răspunde la întrebări factuale și poate continua conversația pe marginea subiectului început, cu vocabularul constrâns al micro-lumii active.

O soluție alternativă pentru implementarea dialogului om-robot în limba română a fost investigată de grupul de cercetare de la UPB. Ea se bazează pe instrumente open-source spaCy și RASA. RASA¹⁷ este o soluție open source de unelte de învățare automată și procesare de limbaj natural, ce are scopul de facilita implementarea de agenți inteligenți care să fie capabili de a purta conversații fluente și coerente cu utilizatorii. Pentru a face posibilă integrarea bibliotecii RASA în limba română este de dorit utilizarea unui model spaCy pe limba română, lucrul dezvoltat în paralel în cadrul acestui proiect. De asemenea, este nevoie de un corpus de antrenare în care să fie adnotate atât intenții cât și entități. Pentru acest proiect a fost generat un corpus, manual.

Etapa III - 2020

Activitatea 3.12: "Implementarea sistemului de dialog în limbaj natural pentru micro-lumea unui robot asistiv/teleprezență". În cadrul acestei activități au fost elaborate încă două microlumi (una la ICIA și UPB și alta la UTCN) pentru un robot asistiv în două ipostaze:

a) o persoană cu dizabilități sau în vârstă, pentru care au fost schițate 5 scenarii¹⁸. Scenariile au fost documentate în fișiere de tip mw (microworld) și pot fi utilizate cu managerul de dialog RDM.

b) o persoană aflată în mediul casnic, pentru care robotul poate susține dialoguri referitoare la interogări/comenzi. A fost implementat un flux de prelucrare bazat pe RASA cu un manager de dialog implementat în Prolog. Pentru partea de prelucrare a vocii au fost folosite aplicațiile Google Speech. Contribuția este a partenerilor de la UTCN.

În cadrul acestui raport a fost schițat modelul sistemului de dialog (și scenariul asociat) pentru asistența șoferului.

Activitatea 3.13: "Implementarea sistemului cadru de dialog în limbaj natural". Au fost aduse îmbunătățiri substanțiale atât managerului de dialog (RDM) cât și componentelor de prelucrare a vocii în limba română.

Managerul de dialog pentru micro-lumi ROBIN Dialog Manager¹⁹ de la momentul scrierii până în prezent, a primit următoarele îmbunătățiri:

1. Modulul de „Text-To-Speech (TTS)” a fost înlocuit cu unul bazat pe librăria SSILA care sintetizează foarte rapid (sub o secundă) fraze de 10-20 de cuvinte.
2. Modulul de „Automatic Speech Recognition” (ASR) a fost înlocuit cu unul mult mai performant, bazat pe rețeaua neuronală complexă Deep Speech 2. Noul modul are WER mai mic de 10%, CER mai mic de 5%, viteza răspuns de circa 20 ori mai rapid (pe eșantioane de aproximativ 25 secunde transcrierea a fost efectuată în medie în 600ms, utilizând CPU, și 70ms utilizând GPU).

În plus acest modul are inclusă și o componentă de corecție a textului recunoscut: restaurare cratimă + capitalizare pentru cuvinte cunoscute și corecție cuvinte necunoscute. Această versiune este accesabilă pe platforma RELATE²⁰ unde a fost pusă la dispoziția utilizatorilor și o aplicație de înregistrare a vocii.

Etapa IV - 2021

Activitatea 4.7: Testarea acceptanței interacțiune în limbaj natural în soluțiile robotice

Implementarea use case-urilor, oferirea de servicii robotice, validarea și rafinarea soluțiilor, testarea acceptanței și valorificarea ROBIN-Dialog

Managerul de dialog ROBIN-Dialog (prescurtat RDM în cele ce urmează, disponibil în cod open-source la <https://github.com/racai-ai/ROBINDialog>) implementează trei use case-uri, la un nivel demonstrativ:

1. Pepper, ghid de orientare într-o clădire (vezi fișierul de micro-lume [precis.mw](https://github.com/racai-ai/ROBINDialog/blob/master/src/main/resources/asistiv.mw));

¹⁷ <https://rasa.com/>

¹⁸ <https://github.com/racai-ai/ROBINDialog/blob/master/src/main/resources/asistiv.mw>

¹⁹ <https://github.com/racai-ai/ROBINDialog>

²⁰ <http://relate.racai.ro>

2. Pepper, asistent de vânzări într-un magazin de electronice (vezi [sales.mw](#));
3. Pepper, companion pentru persoanele în vârstă sau cu dizabilități (vezi [asistiv.mw](#)).

Serviciile robotice (adică informațiile pentru algoritmul de planificare a robotului) sunt oferite de clasa [RDRobotBehaviour](#), care, împreună cu enumerarea [UIntentType](#), precizează indicatori de comportament pentru robot. Această enumerare trebuie actualizată cu noi tipuri de intenții ale utilizatorului pentru a putea realiza o corespondență dintre un răspuns final al managerului de dialog cu un comportament al robotului. De exemplu, un membru al acestei enumerări este „SAY_SOMETHING” în care indicația pentru Pepper este să verbalizeze răspunsul generat de managerul de dialog. Un alt membru este „TAKE_ME_SOMEWHERE” care instruește algoritmul de planificare să deplaseze robotul din locul în care se află la poziția pe care managerul de dialog a produs-o. Predicatul cu care managerul de dialog a răspuns întrebării conține această poziție (poate fi o cameră sau sală în care utilizatorul dorește să ajungă).

RDM a fost descris în lucrarea „A Dialog Manager for Micro-Worlds” (Ion et al., 2020) și, de la momentul scrierii până în prezent, a primit următoarele îmbunătățiri:

1. *Referințe ale conceptelor din micro-lume rezolvate prin apeluri către clase Java.* În acest mod, putem răspunde în limba română unor întrebări care necesită un anumit tip de calcul. De exemplu, la întrebarea „Cât este ceasul?”, RDM trebuie să afle ora curentă din sistem și s-o traducă în fraza corespunzătoare în limba română. Acest calcul este implementat în clasa [ro/racai/robin/dialog/generators/TimeNow.java](#). Pentru a preciza referința substantivului comun „oră” în definiția micro-lumii, vom adăuga liniile

REFERENCE oră ro.racai.robin.dialog.generators.TimeNow = G1

TRUE fi G1

Clasa [ro/racai/robin/dialog/generators/DegreesNow.java](#) ne permite să răspundem întrebării „Câte grade sunt afară?” sau „Ce temperatură e afară?”, utilizând informații despre locul unde se află RDM (după adresa IP) și serviciul web gratuit pus la dispoziție de Agenția Națională de Meteorologie (<http://www.meteoromania.ro/>).

2. *Abilitatea de a răspunde cu „Da” întrebărilor care sunt specificate complet*, de tipul „Este adevărat că ...”, „Este astăzi data de ...”, „Se ține cursul X în sala Y?”, etc. Detaliul de implementare este acela că atunci când modulul de analiză a întrebării poate construi un predicat cu argumentele sale care este găsit în baza de cunoștințe, împreună cu argumentele legate, atunci se poate răspunde cu „Da.”.
3. Modulul de „Text-To-Speech (TTS)” a fost înlocuit cu unul mult mai rapid, până când găsim resurse pe care să instalăm modulul TTS descris în lucrare, bazat pe rețele neuronale, care are o intonație mai apropiată de realitate. Am folosit librăria SSLA (Boroș et al., 2018), scrisă în Java, care sintetizează foarte rapid (sub o secundă) fraze de 10-20 de cuvinte.
4. Modulul de „Automatic Speech Recognition” (ASR) a fost înlocuit cu unul mult mai performant (cu o eroare medie de recunoaștere a cuvintelor de trei ori mai mică decât modulul ASR descris în lucrare) și mai rapid, bazat pe rețeaua neuronală complexă Deep Speech 2 (Avram et al., 2020; vezi Secțiunea 3.2.2).

Implementarea sistemului de dialog în limbaj natural pentru micro-lumea unui robot asistiv/teleprezență

Au fost elaborate încă două micro-lumi pentru un robot asistiv în două ipostaze:

- 1) asistent casnic, pentru care robotul poate susține dialoguri referitoare la interogări/comenzi de genul: aprinde/stinge lumina, crește/scade/setează temperatura în cameră, pornește/oprește muzică/TV, adaugă/întreabă eveniment în calendar. A fost implementat un flux de prelucrare bazat pe RASA (Rasa, 2021) cu un manager de dialog implementat în Prolog. Pentru partea de prelucrare a vocii au fost folosite aplicațiile Google Speech.
- 2) o persoană cu dizabilități sau în vârstă, pentru care au fost schițate 5 scenarii. Unul dintre aceste scenarii a fost definit formal într-un fișier de tip „microworld”. Acesta poate fi consultat la adresa [src/main/resources/asistiv.mw](#) din GitHub și poate fi utilizat cu managerul de dialog ROBIN-Dialog (RDM pe scurt).

Implementarea sistemului de dialog în limbaj natural pentru asistența șoferului

Sistemul pentru asistența șoferului poate interacționa atât cu persoanele din mașină prin interacțiuni verbale (persoanele din mașină rostesc întrebări iar sistemul răspunde la acestea tot verbal) cât și cu computerul mașinii (trimite comenzi mașinii pentru a fi executate și primește comenzi verbale din partea acesteia – vezi Figura 2.8).

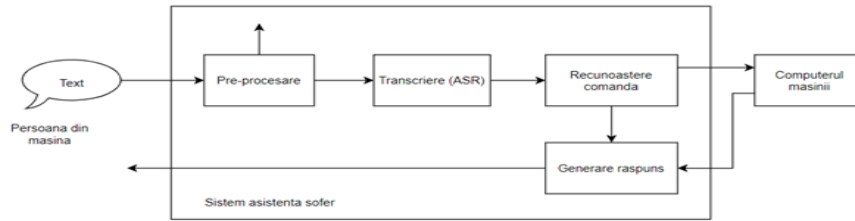


Figura 2.8. Schema bloc a sistemului de dialog pentru asistența șoferului

Pe lângă validarea adaptării sistemului de ASR într-o micro-lume nouă, am adăugat teste JUnit pentru managerul de dialog ROBIN-Dialog, în fiecare dintre cele trei micro-lumi implementate. Aceste teste se efectuează cu succes și sunt disponibile la următoarele link-uri:

- <https://github.com/racai-ai/ROBINDialog/blob/master/src/test/java/ro/racai/robin/AsistivTest.java>
 - <https://github.com/racai-ai/ROBINDialog/blob/master/src/test/java/ro/racai/robin/PrecisTest.java>
- <https://github.com/racai-ai/ROBINDialog/blob/master/src/test/java/ro/racai/robin/SalesTest.java>

ROBIN-Cloud

Etapa I - 2018

Proiectarea și realizarea unei platforme suport pentru colectarea și sistematizarea de date captate de la nivelul unor sisteme IoT și roboți, peste arhitectura IoT-A ARM - (rezultat al Activităților A1.17, A1.18). A fost realizat un studiu privind modele de interconectare a sistemelor Cloud-Edge. Sunt prezentate realizările în domeniul sistemelor Cloud-Edge, dar și modelul de construcție a unui robot care transmite flux video în timp real, acoperind aspectele de interconectare a sistemelor Cloud-Edge. Sunt analizate sistemele IoT și Cloud-Edge, managementul datelor în aceste sisteme, procesarea datelor, aplicații de tipul Cloud-Robotics, platforme de procesare ca suport pentru microservicii.

Arhitectura platformei Robin-Cloud și fluxul de procesare asociat sunt prezentate în figurile 2.9 și 2.10. A fost propus un model de date, denumit Capsulă de date identificare prin timp, locație și context. Pe scurt utilizăm marca temporală, contextul și metadatele pentru interogările din baza de date stocată în Cloud. În afară de aceasta, adăugăm și un identificator unic pentru fiecare Capsulă de Date, care ne ajută în mare parte să identificăm și să combinăm cu ușurință datele primite într-o structură finală. Aceasta este starea finală a datelor, care va fi obținută la sfârșitul tuturor procesării și transmisiilor de date între niveluri (în Cloud).

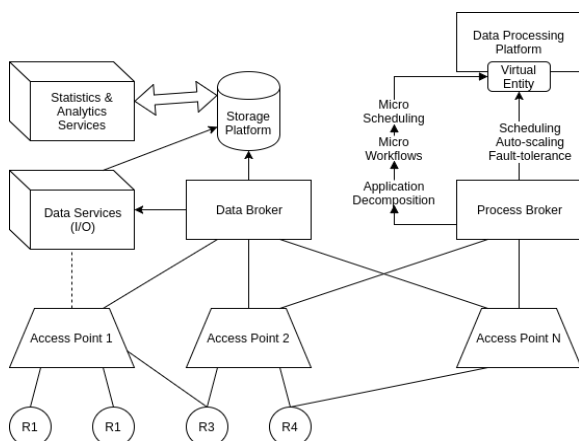


Figura 2.9. Modelul general al arhitecturii ROBIN-Cloud.

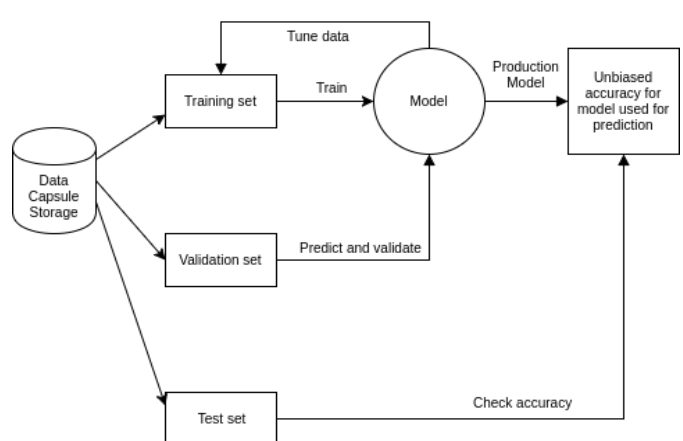


Figura 2.10. Fluxul de procesare de tip ML pentru ROBIN- Cloud.

Etapă II - 2019

Proiectarea și realizarea unor mecanisme de procesare și învățare distribuită pe baza datelor de la senzori, în tehnologie hibridă Cloud / Edge Computing (componentele Complex Event Processing și Context Broker) - (rezultat al Activității A2.17) și dezvoltarea în Cloud a unor componente de suport pentru Machine Learning (algoritmi deep-learning, deep-reinforcement learning, support vector machine, etc.) specifice pentru prelucrarea limbajului natural, mașini autonome, dar și pentru colaborarea roboților în mediul social - (rezultat al Activității A2.19). A fost prezentat în detaliu analiza cerințelor utilizator, formatul datelor, specificații de protocol și metode specifice de procesare. Este descris modelul general, platforma auto-scalabilă pentru procesare și stocare în sistemele Cloud-Edge, modelarea datelor și modelul Data Capsule, specificații pentru aplicația My Cloudy Time Machine, descrierea unui sistem inteligent de monitorizare a mediului cu ajutorul unui robot.

Una dintre principalele îmbunătățiri pe care dorim să o obținem folosind această arhitectură implementată este un timp de răspuns mai bun decât folosirea Cloud ca principala unitate de procesare și stocare. Prin urmare, creăm același scenariu în ambele tipuri de arhitecturi: monolitic cu Cloud computing, fără algoritm de planificare și bazat pe microservicii cu descărcare Edge. De asemenea, testăm eficiența din algoritmul de planificare, comparând-o cu o abordare mai simplă, în care nu există un programator de sarcini. Un alt criteriu de evaluare este reprezentat de utilizarea resurselor. Pentru aceasta, ac-centul principal este pus pe durata bateriei, care este factorul limitativ pentru majoritatea dis-pozitivelor și încercăm să o îmbunătățim ca urmare a descărcării. Mai mult analizăm și sarcina procesorului și temperatura plăcii, deoarece afectează și consumul de energie. De asemenea, analizăm traficul mediu și maxim în rețea, deoarece aceasta este o resursă care este folosită mult mai mult în arhitectura Edge-Fog-Cloud pe care o folosim.

Proiectarea și realizarea de tehnici, metode și algoritmi pentru căutarea și extragerea cunoștințelor din Depozitul de Date la nivelul platformei ROBIN-Cloud (rezultat al Activității A2.18). A fost prezentată în detaliu implementarea platformei suport pentru colectarea și sistematizarea de date captate de la nivelul unor sisteme IoT și roboți. Aceasta este versiunea inițială care presupune analiza tehnologiilor hardware și software, prezentarea unui robot autonom asistiv, implementarea conceptului de Data Capsule, este prezentat în detaliu a serviciului pentru colectare, transformare și stocare a datelor în depozitul de date central, precum și rezultate experimentale preliminare. Arhitectura Edge-Fog-Cloud prezentată este o alternativă bună pentru industria IoT, rezolvând una dintre cele mai mari probleme cu care a început să se confrunte paradigma Cloud computing: întârzierea timpului de răspuns datorită creșterii masive a traficului în rețea pentru comunicarea cu Cloud ca sursă de putere de procesare. Folosind această abordare am implementat un algoritm de planificare cu scopul de a descărca sarcini de la nodurile care au mai puține resurse disponibile. Rezultatul a fost o durată de viață îmbunătățită a bateriei, care este încă una dintre problemele principale ale dispozitivelor IoT. Deși nu o putem rezolva în întregime, contribuim la creșterea eficienței acestora până la găsirea unei surse de energie mai bune.

Etapă III - 2020

În această etapă am definitivat implementarea platformei ROBIN-Cloud. Conform abordării în proiectare prezentată anterior, pornind de la un proiect bine cunoscut Cloud-Edge, în care puterea de procesare și stocarea sunt oferite de Cloud pentru a ajuta dispozitivele edge, îl extindem cu un alt nivel, numit Fog, care a fost folosit și în literatura de specialitate. În cazul de utilizare generală, procesarea Fog sau Edge se referă la reducerea decalajului dintre resursele Cloud și producătorii de date și consumatori, reprezentate de dispozitivele edge. Folosim acest nivel cu roluri mai bine definite, pentru a supraveghea nodurile edge, a intermedia comunicarea între ele și între Edge și Cloud. Făcând acest lucru, reducem complexitatea nodurilor Edge și obținem posibilitatea de a echilibra volumul de muncă între noduri. O imagine de ansamblu a întregii arhitecturi este prezentată în Figura 2.10.

Nivelul Edge este format din noduri care pot aduna date de la mediul ambient. **Nivelul Fog** este cel responsabil de verificarea resurselor disponibile ale fiecărui lucrător și de a face planificarea sarcinilor. Acesta este format din noduri numite supervizori. Supervizorul primește periodic mesaje speciale care conțin informații despre resursele pe care fiecare lucrător le are la un moment dat. În plus primește informații despre serviciile disponibile pentru fiecare lucrător.

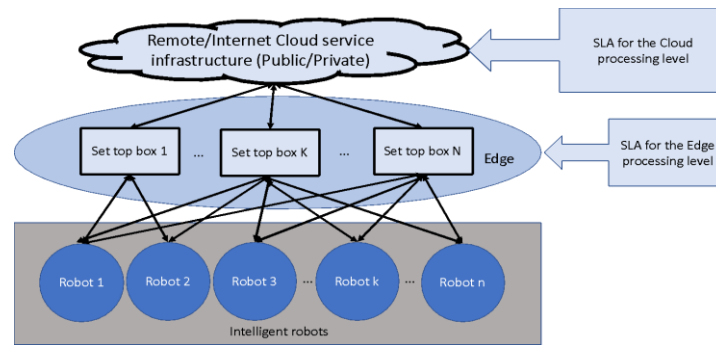


Figura 2.10. Vederea de ansamblu a procesării Edge-Fog-Cloud la nivelul proiectului ROBIN-Cloud

Nivelul Cloud. Întrucât există o cantitate gigantică de date produse și procesate, Cloud servește în principal ca dispozitiv de stocare persistent. Al doilea rol este de a face doar partea de procesare care nu are un rezultat imediat important ce trebuie trimis înapoi la nodurile lucrător din nivelul Edge. Unul dintre principalele servicii Cloud care a fost considerat de la început a fost cel definit de proiectul Robin-Cloud, care își propune să dezvolte o platformă de sprijin pentru roboții IoT. În acest model, resursele de procesare, concepute pentru a veni în ajutorul roboților cu puteri de calcul și limitări energetice, sunt mutate din Cloud cât mai aproape de Edge. Două obiective principale au fost deja atinse și utilizate ca punct de plecare în modelul propus de noi: servicii de învățare automată în Cloud și un robot cu senzori și motoare. În plus implementăm partea de calcul Fog și extindem modelul orientându-l spre o arhitectură bazată pe microservicii, despre care vom discuta într-o secțiune următoare.

Modele. Având un sistem eterogen, datorită diferențelor de capacități hardware ale fiecărui dispozitiv care duce la diferențe în ceea ce privește datele generate, trebuie să definim un mod uniform de structurate a informațiilor. În acest fel, identificăm trei categorii principale: Date, Sarcini, Resurse.

Datele. După cum s-a menționat mai sus ca referință de utilizare generală, datele trebuie structurate uniform pentru a ne permite să le stocăm și să le utilizăm. Un model a fost deja descris la începutul tezei. Se numește Capsulă de Date și deține următoarele tipuri de informații: marcă temporală; context; metadata; date.

Sarcini. Pentru a menține roboții cât mai receptivi și, de asemenea, pentru a economisi viața bateriei în acest proces trebuie să programăm sarcini intensive pe dispozitive fără limitări de putere sau cel puțin cu hardware mai puternic. De aceea, trebuie să avem o reprezentare uniformă pentru sarcinile care pot fi descărcate.

Câmpul context joacă un rol foarte important în acest tip de structură de date. În acest fel, un nod trebuie să identifice mai întâi dacă sarcina este completă sau incompletă. În cazul în care o sarcină este finalizată, supervisorul o va redirectiona către Cloud, unde va fi stocată ca o Capsulă de Date care nu poate fi modificată. Al doilea scenariu este mai complex, întrucât o sarcină incompletă trebuie descărcată unui nod tip worker, conform algoritmului de planificare. În plus o sarcină incompletă poate fi executată în serie sau paralel. Aceste informații prezintă un interes ridicat pentru planificator, deoarece se utilizează o abordare diferită în fiecare caz: în serie înseamnă că sarcinile trebuie executate în ordinea în care sunt primite, în timp ce paralel oferă programatorului de sarcini libertatea de a împărți sarcina în multe sarcini mai mici care pot fi procesate de diferiți lucrători. Acest flux de lucru este prezentat în Figura 2.11.

Resursele. În afară de datele care trebuie să ajungă la un format utilizabil, care se realizează prin încapsularea acestora în sarcini care sunt procesate pe lucrători, trebuie să avem și informații despre resursele fiecărui nod din sistem.

Algoritm. În primul rând, adunăm tipurile de mesaje care sunt transferate între dispozitivele din nivelele adiacente (Edge-Fog și Fog-Cloud) în Figura 2.12. Prin intermediul diagramei explicăm etapele algoritmului de planificare în mod cronologic. În primul rând, atunci când un dispozitiv edge este inițializat acesta trimite un mesaj tip resursă R către supervisorul S și apoi un mesaj de actualizare periodic. Apoi, acest dispozitiv recent activat echipat cu senzor primește o comandă de înregistrare de la utilizator; în consecință, fiecare microserviciu disponibil pe dispozitiv începe să realizeze sarcina, ceea ce va avea ca rezultat un Fragment de Date creat de fiecare serviciu. După cum s-a descris anterior, aceste fragmente au aceleași id și marcă temporală, pentru a fi contopite într-o Capsulă de Data la un moment dat după finalizarea procesării. În acest moment supervisorul trebuie să fie informat cu privire la această nouă sarcină de procesare. Un worker nu

va trimite niciodată un mesaj tip sarcină T complet către supervisor. În schimb, mesajul este împărțit în două componente: Metadata care conține totul, afară de câmpul DFS; Datele, spre exemplu câmpul DFS.

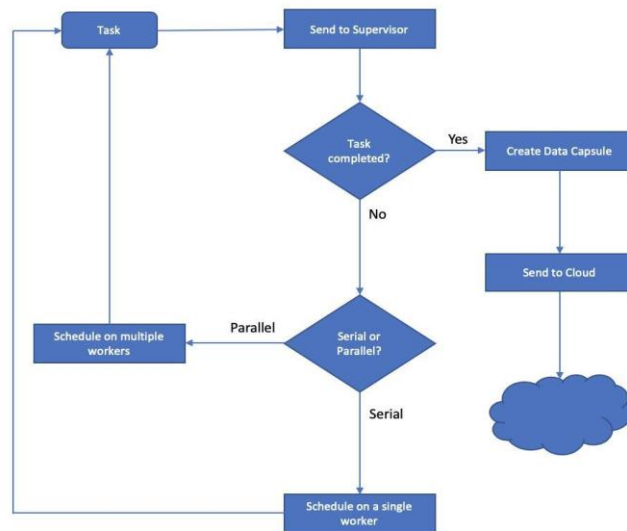


Figura 2.11. Fluxul de sarcini (bazat pe context).

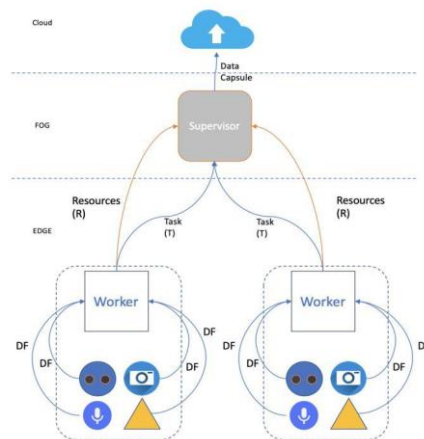


Figura 2.12. Fluxul de date și sarcini.

Metrici de evaluare. Una dintre principalele îmbunătățiri pe care dorim să o obținem folosind această arhitectură este un timp de răspuns mai bun decât folosirea Cloud ca principala unitate de procesare și stocare. Prin urmare, creăm același scenariu în ambele tipuri de arhitecturi: monolitic cu cloud computing, fără algoritm de planificare și bazat pe microservicii cu descărcare edge. De asemenea, testăm eficiența din algoritmul de planificare, comparând-o cu o abordare mai simplă, în care nu există un programator de sarcini. Un alt criteriu de evaluare este reprezentat de utilizarea resurselor. Pentru aceasta, accentul principal este pus pe durata bateriei, care este factorul limitativ pentru majoritatea dispozitivelor și încercăm să o îmbunătățim ca urmare a descărcării. Mai mult analizăm și sarcina procesorului și temperatura plăcii, deoarece afectează și consumul de energie. De asemenea, analizăm traficul mediu și maxim în rețea, deoarece aceasta este o resursă care este folosită mult mai mult în arhitectura Edge-Fog-Cloud pe care o folosim. Pe baza acestor metrici, am realizat analiza performanței planificării sarcinilor.

De asemenea, a fost realizat de asemenea un studiu de caz cu privire la stadiul actual al vehiculelor conectate și autonome, tehnologii și aplicații automotive centrate pe date, tehnologii centrate pe date, aplicații automotive centrate pe date și comunicații, rețele vehiculare bazate pe infrastructură (RSU), arhitecturi de rețea vehiculară bazată pe infrastructură, comunicația în rețea vehiculară bazată pe infrastructură, implementarea infrastructurii de rețea vehiculară, implementări experimentale și implementări reale, provocări pentru tehnologiile și aplicațiile automotive centrate pe date, oportunități de îmbunătățire tehnologică.

Etapa IV - 2021

În această etapă s-a realizat reafinarea finală a soluțiilor propuse anterior pentru platforma ROBIN-Cloud și validarea acestor soluțiilor. S-a definitivat componenta de planificare a task-urilor My Cloud Time Machine care reprezintă un robot de asistență conectat la ROBIN-Cloud. Un utilizator poate face un instantaneu al mediului (de exemplu, flux audio, flux video, date senzori etc.). O capsulă de date²¹ este construită cu date colectate și este împinsă în cloud pentru stocare permanentă. S-a instanțiat și realizat GIGEL-sched²², o platformă foarte scalabilă bazată pe rularea microserviciilor în containerele Docker în cloud. Aceste servicii sunt oferite în cloud. Izolarea microserviciilor într-o instanță VM se realizează prin containerizare. Un nod poate avea mai multe microservicii care rulează, fiecare accesibil pe un port diferit. Nodul worker este responsabil pentru gestionarea microserviciilor. O configurație cu microservicii implementate este furnizată la pornirea nodului. Worker-ul monitorizează, repornește și accesează microserviciile sale. În acest model, microserviciile dintr-un nod sunt accesibile doar local. Accesul utilizatorului se realizează din executarea job-urilor. Pot fi utilizate modele personalizate pentru alegerea nodului planificatorului.

3. Agenda comuna (Livrabile/indicatori)

2018

	Titlul proiectului component Pn	Instituții partenere	Obiective planificate	Livrabile/indicatori planificati (conform Agendei comune)	Obiective realizate	Livrabile/indicatori realizați
1	Proiect 1 « ROBIN SOCIAL »	IC – UPB P1 – ICIA P2 - IMAR	Specificații funcționale și arhitecturale ROBIN-Social, implementare a algoritmilor de bază	L1-Specificațiile funcționale și arhitecturale ale platformei robotice, L2 - Descriere use-case-uri, L3 - Descriere algoritmi și a performanțelor atinse, 2 module software funcționale (SLAM+3D-mapping+miscare robot, detecția și recunoașterea persoanelor), 1 lucrare științifică, Site proiect ROBIN-Social,	Specificații funcționale și arhitecturale ROBIN-Social, implementarea algoritmilor de bază	L1-Specificațiile funcționale și arhitecturale ale platformei robotice, L2 - Descriere use-case-uri, L3 - Descriere algoritmi și a performanțelor atinse, 2 module software funcționale (SLAM+3D-mapping+miscare robot, detecția și recunoașterea persoanelor), 2 lucrări științifice, Site proiect ROBIN-Social,

²¹ ROBIN-Cloud a definit o abstractizare pentru datele colectate de la device-uri IoT

²² Guided Intelligent GEared Legend - assistive robots used to validate the model

				Workshop 1		Workshop ROBIN 1 Martie 2018 UPB
2	Proiect 2 « ROBIN CAR »	IC – IMAR P1 – UPB P2 – ICIA P3 – UGAL	Specificații funcționale și arhitecturale ROBIN-Car, implementare a gestionarii geometriei scenei 3D	L4 - specificațiile funcționale și arhitecturale si a modulelor de vedere artificiala, Set date colectate pentru navigare autonomă (public domain), 1 modul software functional antrenare deep-learning, L5 - modulul de gestionare eficientă a geometriei scenei 3D, 1 modul software gestionare geometrie scena 3D funcțional, 1 lucrare științifică, Site proiect ROBIN- Car, Workshop 1	Specificații funcționale și arhitecturale ROBIN-Car, implementar ea gestionarii geometriei scenei 3D	L4 - specificațiile funcționale și arhitecturale si a modulelor de vedere artificiala, Set date colectate pentru navigare autonomă (public domain), 1 modul software functional antrenare deep-learning, L5 - modulul de gestionare eficientă a geometriei scenei 3D, 1 modul software gestionare geometrie scena 3D funcțional, 3 lucrări științifice, Site proiect ROBIN- Car, Workshop ROBIN 1 Martie 2018 UPB
3	Proiect 3 « ROBIN CONTEXT »	IC – UPB P1 – UTCN	Specificații funcționale și arhitecturale ROBIN- Context	L6 - modele probabilistice de inferență a contextului, L7-specificații funcționale și arhitecturale, 1 lucre științifică, Site proiect ROBIN- Context, Workshop 1	Specificații funcționale și arhitecturale ROBIN- Context	L6 - modele probabilistice de inferență a contextului, L7-specificații funcționale și arhitecturale, 2 lucrări științifice, Site proiect ROBIN- Context, Workshop ROBIN 1 Martie 2018 UPB
4	Proiect 4 « ROBIN DIALOG »	IC – ICIA P1 – UPB P2 – UTCN	Specificații funcționale și arhitecturale ROBIN-Dialog	L8 - Specificații funcționale ale sistemului si micro-	Specificații funcționale și arhitecturale	L8 - Specificații funcționale ale sistemului si micro-

			și construirea lexicoanelor	lurilor, Lexicon in format electronic, L9 - descrierea lexiconului, L10 - Descriere lexicoane de cuvinte extinse automat, Lexicon extins, 1 lucrare științifică, Site proiect ROBIN-Dialog, Workshop 1	ROBIN-Context P4. Specificații funcționale și arhitecturale ROBIN-Dialog și construirea lexicoanelor	lurilor, Lexicon in format electronic, L9 - descrierea lexiconului, L10 - Descriere lexicoane de cuvinte extinse automat, Lexicon extins, 2 lucrări științifice, Site proiect ROBIN-Dialog, Workshop ROBIN 1 Martie 2018 UPB
5	Proiect 5 « ROBIN CLOUD »	IC – UPB P1 – UTCN P2 – UGAL	Specificații funcționale și arhitecturale ROBIN-Cloud și implementare a platformei pentru colectarea datelor	L11 - Studiu privind modele de interconectare a sistemelor Cloud-Edge, L12 - Analiza cerințelor utilizator, formatul datelor, specificații de protocol și metode specifice de procesare, Sistem software (platforma), Serviciu nou pentru colectare, transformare și stocare a datelor în depozitul de date central, introdus in ERRIS, 1 lucrare științifică, Site proiect ROBIN-Cloud, Workshop 1	Specificații funcționale și arhitecturale ROBIN-Cloud și implementarea platformei pentru colectarea datelor	L11 - Studiu privind modele de interconectare a sistemelor Cloud-Edge, L12 - Analiza cerințelor utilizator, formatul datelor, specificații de protocol și metode specifice de procesare, Sistem software (platforma), Serviciu nou pentru colectare, transformare și stocare a datelor în depozitul de date central, introdus in ERRIS, 2 lucrări științifice, Site proiect ROBIN-Cloud, Workshop ROBIN 1 Martie 2018 UPB

Nr. crt.	Titlul proiectului component Pn	Instituții partenere	Obiective planificate	Livrabile/indicatori planificați (conform Agendei comune)	Obiective realizate	Livrabile/indicatori realizați
1	Proiect 1 « ROBIN SOCIAL »	IC – UPB	Proiectarea și implementarea soluțiilor de asistență bazate pe roboți sociali și asistivi	L1 - descrierea soluției de asistență robotică cognitivă, Tehnologie nouă interacțiune robotică asistivă, L2 - descrierea interfeței în limbaj natural, 1 modul software funcțional interacțiune în limbaj natural, L3 -Descrierea soluției si test cases, Sistem software interacțiune robotica sociala, 2 lucrări științifice, Workshop 2	Proiectarea și implementarea soluțiilor de asistență bazate pe roboți sociali și asistivi	L1 - descrierea soluției de asistență robotică cognitivă, Tehnologie nouă interacțiune robotică asistivă, L2 - descrierea interfeței în limbaj natural, 1 modul software funcțional interacțiune în limbaj natural, L3 -Descrierea soluției si test cases, Sistem software interacțiune robotica sociala, 8 lucrări științifice, 3 Workshop-uri: Workshop Robin 2 Aprilie 2019 UPB Workshop-ul "RoboEdge" Mai 2019 (CSCS) Workshop-ul "Data Driven Robotic Intelligent Systems" Septembrie 2019 Cluj (ICCP)
		P1 – ICIA				
		P2 - IMAR				
2	Proiect 2 « ROBIN CAR »	IC – IMAR	Proiectarea și implementarea modulelor ROBIN-Car	L4 - Descrierea algoritmilor și a performanțelor atinse,	Proiectarea și implementarea modulelor ROBIN-Car	L4 - Descrierea algoritmilor și a performanțelor atinse,
		P1 – UPB				
		P2 – ICIA				
		P3 – UGAL				

				1 modul software funcțional urmărire obiecte, L5 - Descrierea algoritmilor și a performanțelor atinse, 1 modul software funcțional recunoaștere expresie fata utilizator, L6 - Descrierea algoritmilor și a performanțelor atinse, 1 modul software funcțional preluare comenzi vocale, 2 lucrări științifice, Workshop 2		1 modul software funcțional urmărire obiecte, L5 - Descrierea algoritmilor și a performanțelor atinse, 1 modul software funcțional recunoaștere expresie fata utilizator, L6 - Descrierea algoritmilor și a performanțelor atinse, 1 modul software funcțional preluare comenzi vocale, 10 lucrări științifice, 3 Workshop-uri: Workshop Robin 2 Aprilie 2019 UPB Workshop-ul "RoboEdge" Mai 2019 (CSCS) Workshop-ul "Data Driven Robotic Intelligent Systems" Septembrie 2019 Cluj (ICCP)
3	Proiect 3 « ROBIN CONTEXT »	IC – UPB P1 – UTCN	Implementarea platformei de gestiune a datelor de context	L7 - Descrierea platformei de gestiune a contextului, Sistem software prelucrare date contextuale, L8 - Descrierea motorului de inferenta contextual,	Implementarea platformei de gestiune a datelor de context	L7 - Descrierea platformei de gestiune a contextului, Sistem software prelucrare date contextuale, L8 - Descrierea motorului de inferenta contextual,

				L9 - Descrierea metodei de interfațare cu platformele de gestiune a contextului, 1 lucrare științifică, Workshop 2		L9 - Descrierea metodei de interfațare cu platformele de gestiune a contextului, 3 lucrări științifică, 3 Workshop-uri: Workshop Robin 2 Aprilie 2019 UPB Workshop-ul "RoboEdge" Mai 2019 (CSCS) Workshop-ul "Data Driven Robotic Intelligent Systems" Septembrie 2019 Cluj (ICCP)
4	Proiect 4 « ROBIN DIALOG »	IC – ICIA	Proiectarea și implementarea soluțiilor de dialog în limbaj natural	L10 - Universul de discurs pentru micro-lumi și detalierea transcrierii fonetice a cuvintelor, L11 - Detalierea modelelor ASR și TTS, L12 - Descrierea prototipului generic de sistem de dialog cooperant; Tehnologie noua sistem de dialog cooperant, 2 lucrări științifice, Workshop 2	Proiectarea și implementarea soluțiilor de dialog în limbaj natural	L10 - Universul de discurs pentru micro-lumi și detalierea transcrierii fonetice a cuvintelor, L11 - Detalierea modelelor ASR și TTS, L12 - Descrierea prototipului generic de sistem de dialog cooperant; Tehnologie noua sistem de dialog cooperant, 10 lucrări științifice, 3 Workshop-uri: Workshop Robin 2 Aprilie 2019 UPB
		P1 – UPB				
		P2 – UTCN				

						Workshop-ul "RoboEdge" Mai 2019 (CSCS) Workshop-ul "Data Driven Robotic Intelligent Systems" Septembrie 2019 Cluj (ICCP)
5	Proiect 5 « ROBIN CLOUD »	IC – UPB	Implementarea platformei standardizate pentru procesarea datelor	L13 - Descriere mecanisme de procesare distribuită a datelor în tehnologie hibridă Cloud / Edge Computing, Servicii de procesare și învățare în Cloud / Edge, introduse în ERRIS, L14 - Descrierea componentelor platformei distribuite, 2 module software Complex Event Processing și Context Broker livrate în tehnologie open-source, L15 - Descrierea algoritmilor pentru procesarea în Cloud, cuplarea cu SLAM, planificarea rutelor mașinilor autonome, Modul software algoritmi în Cloud, 2 lucrări științifice,	Implementarea platformei standardizate pentru procesarea datelor	L13 - Descriere mecanisme de procesare distribuită a datelor în tehnologie hibridă Cloud / Edge Computing, Servicii de procesare și învățare în Cloud / Edge, introduse în ERRIS, L14 - Descrierea componentelor platformei distribuite, 2 module software Complex Event Processing și Context Broker livrate în tehnologie open-source, L15 - Descrierea algoritmilor pentru procesarea în Cloud, cuplarea cu SLAM, planificarea rutelor mașinilor autonome, Modul software algoritmi în Cloud, 13 lucrări științifice,
		P1 – UTCN				
		P2 – UGAL				

				Workshop 2		3 Workshop-uri: Workshop Robin 2 Aprilie 2019 UPB Workshop-ul "RoboEdge" Mai 2019 (CSCS) Workshop-ul "Data Driven Robotic Intelligent Systems" Septembrie 2019 Cluj (ICCP)
--	--	--	--	------------	--	---

2020

Nr. crt.	Titlul proiectului component Pn	Instituții partenere	Obiective planificate	Livrabile/indicatori planificați (conform Agendei comune)	Obiective realizate	Livrabile/indicatori realizați
1	Proiect 1 « ROBIN SOCIAL »	IC – UPB	Implementarea platformei robotice generale, oferirea de servicii robotice	L1 - Descrierea serviciilor robotice	Prima variantă de implementare a platformei robotice integrate	L1 - Descrierea serviciilor robotice
		P1 – ICIA		L2 - Descrierea produsului software robotic asistiv personalizat		L2 - Descrierea produsului software robotic asistiv personalizat
		P2 - IMAR		Produs software robot asistiv		6 lucrări științifice
				L3 - Descrierea platformei, Tehnologie nouă - platforma robotica 2 lucrări științifice		Workshop ROBIN 3 – 19 Oct 2020 Produs software robot asistiv Tehnologie nouă - platforma robotica, 2020
2	Proiect 2 « ROBIN CAR »	IC – IMAR	Integrare module pe autovehicul	L4 - Bibliotecă de prelucrări vedere artificială în Cloud,	Integrare module pe autovehicul	L5 - Descrierea modulelor integrate pe vehicul autonom
		P1 – UPB		L5 - Descrierea modulelor integrate pe vehicul autonom		L6 - Descrierea sistemului prototip de vedere artificială
		P2 – ICIA		Tehnologie nouă asistare șofer		9 lucrări științifice
		P3 – UGAL		L6 - Descrierea sistemului prototip		Workshop ROBIN 3 – 19 Oct 2020

				de vedere artificiala 2 lucrări științifice		Tehnologie nouă asistare șofer 2020
3	Proiect 3 « ROBIN CONTEXT »	IC – UPB P1 – UTCN	Implementarea scenariilor de lucru, oferirea de servicii de gestiune a contextului	L7 - Modul de configurare și utilizare a serviciului web al platformei Un serviciu web de preluare și afișare grafică, L8 - Descrierea funcționalității contextuale în cadrul aplicațiilor 2 lucrări științifice	Implementarea scenariilor de lucru, oferirea de servicii de gestiune a contextului	L7 - Modul de configurare și utilizare a serviciului web al platformei L8 - Descrierea funcționalității contextuale în cadrul aplicațiilor 2 lucrări științifice Workshop ROBIN 3 – 19 Oct 2020 Un serviciu web de preluare și afișare grafică 2020
4	Proiect 4 « ROBIN DIALOG »	IC – ICIA P1 – UPB P2 – UTCN	Extinderea și integrarea interacțiunii în limbaj natural în soluțiile auto și robotice	L9 - Descrierea sistemului de dialog în limbaj natural pentru micro-lumea unui robot asistiv, L10 - Tehnologie nouă dialog în limbaj natural pentru micro- lumea unui robot asistiv L11 - Descrierea modulului configurabil de dialog în limba română Modul software configurabil de dialog în limba română 2 lucrări științifice	Extinderea și integrarea interacțiunii în limbaj natural în soluțiile auto și robotice	L9 - Descrierea sistemului de dialog în limbaj natural pentru micro-lumea unui robot asistiv, L11 - Descrierea modulului configurabil de dialog în limba română 8 lucrări științifice Workshop ROBIN 3 – 19 Oct 2020 Tehnologie nouă dialog în limbaj natural pentru micro-lumea unui robot asistiv
5	Proiect 5 « ROBIN CLOUD »	IC – UPB P1 – UTCN	Implementare scenariilor de lucru pentru	L12 - Descrierea tehnologiei platformei Cloud	Implementare scenariilor de lucru pentru	L12 - Descrierea tehnologiei platformei Cloud

		P2 – UGAL	proiecte componente, oferirea de micro-servicii	Tehnologie nouă soluții FIWARE și IoT-A în platforma ROBIN-Cloud L13 - 1 module software funcțional 2 lucrări științifice	proiecte componente, oferirea de micro-servicii	L13 - 1 module software funcțional 9 lucrări științifice Workshop ROBIN 3 – 19 Oct 2020 Tehnologie nouă soluții FIWARE și IoT-A în platforma ROBIN-Cloud
--	--	-----------	---	---	---	---

2021

Nr. crt.	Titlul proiectului component Pn	Instituții partenere	Obiective planificate	Livrabile/indicatori planificati (conform Agendei comune)	Obiective realizate	Livrabile/indicatori realizati
1	Proiect 1 « ROBIN SOCIAL »	IC – UPB P1 – ICIA P2 - IMAR	Validare și testare acceptanță platformă robotică	L1 - Serviciu robotic introdus în ERRIS, L2 - Workshop 3, Cerere brevet/licența software	Validare și testare acceptanță platformă robotică	L1 - Serviciu robotic introdus în ERRIS, L2 - Workshop final (on-line) Cerere de brevet in curs de depunere
2	Proiect 2 « ROBIN CAR »	IC – IMAR P1 – UPB P2 – ICIA P3 – UGAL	Testare soluție pe autovehicul	L3 - Produs nou asistare șofer conducere semi-autonomă, Workshop 3, Cerere brevet/licență software	Testare soluție pe autovehicul	L3 - Produs nou asistare șofer conducere semi-autonomă, Workshop final (on-line) Cerere de licența software in curs de depunere
3	Proiect 3 « ROBIN CONTEXT »	IC – UPB P1 – UTCN	Validarea și testare acceptanță servicii de gestiune a contextului	L4 - Tehnologie nouă de prelucrare inteligentă a datelor contextuale Workshop 3	Validarea și testare acceptanță servicii de gestiune a contextului	L4 - Tehnologie nouă de prelucrare inteligentă a datelor contextuale Workshop final (on-line)
4		IC – ICIA P1 – UPB	Testarea acceptanță	L5 - Produs nou dialog în limbaj	Testarea acceptanță	

	Proiect 4 « ROBIN DIALOG »	P2 – UTCN	interacțiune în limbaj natural în soluțiile robotice	natural pentru microlumi Workshop 3	a interacțiune în limbaj natural în soluțiile robotice	L5 - Produs nou dialog în limbaj natural pentru microlumi Workshop final (on- line)
5	Proiect 5 « ROBIN CLOUD »	IC – UPB P1 – UTCN P2 – UGAL	Validarea și rafinarea soluțiilor Cloud	L6 - Descrierea serviciilor în cloud, Servicii în Cloud inovative oferite mediului economic și introducerea lor în ERRIS, Workshop 3, Cerere brevet/licență software	Validarea și rafinarea soluțiilor Cloud	L6 - Descrierea serviciilor în cloud, Servicii în Cloud inovative oferite mediului economic și introducerea lor în ERRIS Workshop final (on- line) Cerere de licență software în curs de depunere

5. Detalii privind exploatarea și diseminarea rezultatelor la nivelul proiectului complex (max. 3 pag.)

Proiectul ROBIN complex dar și fiecare proiect component au fost diseminate prin diferite activități:

- Publicarea de articole/publicații științifice în reviste de specialitate, cărți și conferințe naționale și internaționale. În total au fost publicate 87 de articole/publicații științifice care s-au împărțit în:
 - 26 de articole publicate în reviste indexate ISI,
 - 3 de articole publicate în reviste indexate BDI,
 - 56 de articole publicate în conferințe naționale și internaționale,
 - 1 carte și 1 capitol de carte.
- Dezvoltarea unui site web pentru proiectul ROBIN complex dar și câte un site web pentru fiecare proiect component:
 - Site proiect ROBIN complex: <https://aimas.cs.pub.ro/ROBIN/>
 - Site proiect component ROBIN Social: <https://aimas.cs.pub.ro/ROBIN/Social/>
 - Site proiect component ROBIN Car: <https://aimas.cs.pub.ro/ROBIN/Car/>
 - Site proiect component ROBIN Context: <https://aimas.cs.pub.ro/ROBIN/Context/>
 - Site proiect component ROBIN Dialog: <http://www.racai.ro/p/robin/>
 - Site proiect component ROBIN Cloud: <http://robin-cloud.hpc.pub.ro/>
- Organizarea a 4 workshop-uri cu participarea mediului universitar și reprezentanți ai mediului de afaceri:
 - Un Workshop ROBIN 1 organizat la UPB pe 30 Martie 2018.
 - Un Workshop ROBIN 2 organizat la UPB pe 5 Aprilie 2019.
 - Workshop-ul "RoboEdge (International Workshop on Robots, Artificial Intelligence and Robotic Cloud/Edge Platforms)" organizat la UPB în cadrul conferinței CSCS22 (22nd International Conference on Control Systems and Computer Science) între 28 și 30 Mai 2019.

- Workshop-ul "Data Driven Robotic Intelligent Systems" organizat la hotelul DoubleTree by Hilton, Cluj–Napoca pe 6 Septembrie 2019 în cadrul conferinței ICCP2019 (15th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing).
 - Workshop ROBIN 3 - 9 octombrie 2020 (on-line)
 - Workshop final - 29 aprilie 2021 (on-line)
- 4. Întâlniri cu reprezentanți ai companiilor CITST, Prime Motors, Terrasigna, Beia Consult International și All Business Management pentru discutarea potențialului de valorificare a rezultatelor de cercetare obținute în proiect.
- 5. Promovarea proiectului ROBIN în mediu online prin platforma youtube (<https://www.youtube.com/channel/UCI6fgd1jnDo0agc580xEfuw>) și prin rețelele sociale Facebook (<https://facebook.com/proiectulrobin>) și Twitter (@ProiectulRobin | <https://twitter.com/ProiectulRobin>), dar și prin publicarea demo-urilor pe site-ul proiectului ROBIN complex.
- 6. Promovarea proiectului în media națională:
 - Un reportaj difuzat de postul de televiziune Antena 3 la data de 4-06-2018 în cadrul emisiunii În Premieră (link: https://www.youtube.com/watch?v=h_Mk8WwXAsw).
 - Un reportaj difuzat de postul de televiziune Digi 24 la data de 16-06-2018 în cadrul emisiunii Jurnalul de Științe (link: <https://www.digi24.ro/emisiuni/jurnalul-de-stiinte/jurnalul-de-stiinte-16-iunie-16-30-948209>).
 - Un reportaj difuzat de postul de televiziune Realitatea TV la data de 13-10-2018 în cadrul emisiunii Reportajele Realității.
- 7. Promovarea rezultatele proiectului în cadrul asociațiilor naționale și internaționale: euRobotics (<https://www.eu-robotics.net/>) în care UPB și UTCN sunt membrii, ARIA (<http://aria-romania.org/>) în care UPB, ICIA și UTCN sunt membri.
- 8. Realizarea de materiale de promovare în format digital.
- 9. Prezentarea unor rezultate din proiectului ROBIN în cadrul:
 - Simpozionul SYNASC 2019 (21st International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing - <https://synasc.ro/2019/>) în lucrarea invitată: "Human-robot interaction" (4-7 Septembrie 2019),
 - Sesiunea speciala "HiPerGRID: Special Session on High Performance Grid Middleware", organizată în conjuncție cu conferința ICCP2019 (15th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing - <http://iccp.ro/iccp2019/>), Cluj-Napoca (5-7 Septembrie 2019).
 - Conferința ECAI-2020 (12th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence - <http://ecai.ro/>) în lucrarea invitată: "Social and Assistive Robots Interacting with Humans" (25-27 Iunie 2020)
 - Prezentare în cadrul Nuits de Idees, 30 ianuarie 2020
- 10. Proiectul ROBIN a fost prezentat împreună cu rezultatele obținute în cadrul diferitelor evenimente organizate la UPB cu ocazia Președinției române a Consiliul Uniunii Europene (1 Ianuarie - 30 Iunie 2019) cum ar fi vizita domnilor și doamnelor rectorii Europeni la UPB (7 Mai 2019) și vizita delegației atașatilor pe economie și industrie din cele 27 de tari europene la UPB (6 Mai 2019).
- 11. În plus proiectul ROBIN a fost prezentat în cadrul diferitelor evenimente organizate la UPB:
 - Vizita domnului Profesor Oussama Khatib, directorul Stanford Robotic Lab, la laboratorul AIMAS (19 Martie 2018).
 - Intalnirea 65 a grupului Bologna Follow-up Group (3-5 Aprilie 2019).

- o Vizitele organizate în cadrul evenimentului POLIFEST 2019 (12-13 Aprilie 2019), POLIFEST 2021 (on-line).
- o Vizita domnului Profesor Olivier Stasse la laboratorul AIMAS (27-29 Mai 2019).
- o Scoala de vara EEML2019 (1-6 Iulie 2019).
- o Vizitele liceenilor în centrul de cercetare PRECIS (22 Octombrie 2019 și 17 Decembrie 2019)
- o Vizita membrilor proiectului ERMAT la laboratorul AIMAS (10 Decembrie 2019).
- o Vizita domnului William D. Magwood IV, directorul general al Agenției pentru Energie Nucleară (NEA) la laboratorul AIMAS (20 februarie 2020).

12. Mai multe video de prezentare a rezultatelor proiectului sunt disponibile la adresa https://drive.google.com/drive/folders/11JR5kZrLn5clzNZY2EXOXml_mSMH6_sf?usp=sharing

În 2 dintre acestea se poate vedea automobilul electric Dacia Logan care este condus autonom în campusul UPB.

6. Detalierea Programului comun de CDI, cu evidentiarea modului de colaborare ulterioara între parteneri si atragerea de noi fonduri nationale/internationale

Proiectul ROBIN a creat un consorțiu puternic format din colective de cercetare de prestigiu din 3 universități și două institute de cercetare din România. Membrii consorțiului își asumă determinarea fermă de a continua colaborarea realizată în cadrul proiectului ROBIN și în viitor, atât prin proiecte comune de cercetare și dezvoltare cât și prin alte cadre de cooperare, de exemplu organizarea de manifestări științifice în comun, schimb de cadre didactice și studenți, colaborări comune cu companii în vederea sprijinirii activității de inovare. Tematica colaborării este Inteligența Artificială cu accent pe dezvoltarea unor abordări inovatoare și originale în domeniile roboților și agenților cognitivi, prelucrării limbajului natural scris și vorbit, automobilelor autonome sau semi-autonome dotate cu pilotaj automat, al integrării soluțiilor de inteligență artificială cu paradigma de cloud-fog-edge computing și cu soluții IoT inteligente, dependente de context.

Domeniul inteligenței artificiale este prioritate în dezvoltarea cercetării tuturor celor 5 membrii ai consorțiului și face parte din planul strategic de dezvoltare instituțională al fiecăruia, creând astfel contextul favorabil programului comun viitor de cercetare, dezvoltare și inovare al partenerilor proiectului ROBIN. Explozia actuală a domeniului inteligenței artificiale, cu accent pe tehnicile de învățare automată, dovedește că partenerii din consorțiu au avut o direcție corectă în momentul în care, acum 4 ani, au propus acest proiect.

Partenerii din consorțiu au în vedere următoarele linii de acțiune majore:

- Dezvoltarea unui *ecosistem de excelență în domeniul IA* de-a lungul întregului lanț valoric: cercetarea, inovarea, adoptarea soluțiilor de IA în mediul de afaceri și administrația publică, calificarea forței de muncă pentru crearea de noi soluții și algoritmi de IA dar și pentru utilizarea acestora atât în mediul privat, cât și în instituțiile publice, în colaborare cu alte entități academice, de cercetare și private din România
- Crearea unei structuri la nivel național pentru sprijinirea cercetării, inovării și dezvoltării de soluții de IA. În cadrul acestei structuri, specialiști și potențiali beneficiari din comunitatea academică și companii vor conlucra pentru rezolvarea unor probleme cu impact în societate și pentru dezvoltarea de soluții inovative care să folosească IA, inclusiv în parteneriate public-privat sau prin sprijinirea start-up-urilor și spin-off-urilor care dezvoltă soluții și tehnologii specifice IA.
- Contribuție la dezvoltarea unui „*Cadru de reglementări pentru asigurarea siguranței produselor și serviciilor bazate pe Inteligență Artificială*”, un astfel de cadru având posibilitatea de a accelera adoptarea IA și de a crește încrederea consumatorilor în adoptarea tehnologiei. Aspecte precum protecția datelor, protecția vieții private și în special siguranța în funcționare și utilizare sunt aspecte importante care trebuie reglementate. În Cartea albă privind Inteligența Artificială a Comisiei Europene se spune: “Dezvoltatorii și operatorii IA sunt deja supuși legislației europene privind drepturile fundamentale (cum ar fi protecția datelor, viața privată, nediscriminarea) și protecția consumatorilor, precum și normelor referitoare la siguranța produselor și la răspunderea pentru

produse. Consumatorii se așteaptă să beneficieze de același nivel de siguranță și de respectare a drepturilor lor, indiferent dacă un produs sau un sistem se bazează sau nu pe IA. Cu toate acestea, unele caracteristici specifice ale IA (de exemplu opacitatea) pot îngreuna aplicarea și asigurarea respectării acestei legislații. Din acest motiv, este necesar să se examineze dacă legislația actuală este în măsură să abordeze riscurile IA și dacă se poate asigura respectarea sa efectivă, dacă sunt necesare adaptări ale legislației sau dacă sunt necesare noi dispoziții legislative.”

- Colaborarea în cadrul Asociației Române pentru Inteligență Artificială și definitivarea Strategiei de țară în Inteligență Artificială pentru România
- Corelarea eforturilor de a atrage fonduri private pentru cercetare și dezvoltare în cadrul instituțiilor partenere
- Elaborarea de propuneri proiecte de cercetare-dezvoltare în comun, atât la nivel național cât și european
- Organizarea de manifestări științifice în comun dar și de dezbateri pentru publicul larg pe subiecte privind acceptarea inteligenței artificiale în diferite domenii de aplicare, beneficii și potențiale pericole, pentru a contribui la crearea unei percepții corecte a publicului asupra unor tehnologii noi cum ar fi roboții cognitivi sau automobilele autonome.

Din punct de vedere specific, se au în vedere mai multe subiecte de continuare a colaborării în cercetare. Proiectul ROBIN-Social se va continua cu dezvoltarea unor soluții de interacțiune robotică socială avansată care să includă recunoașterea unui game largi de activități ale utilizatorilor, extinderea capacităților de supraveghere ale roboților pentru persoane cu nevoi speciale, realizare interacțiunii cu oamenii într-un mod cât mai natural posibil, realizarea unor roboți sociali care să fie parteneri atât la nivel cognitiv cât și emoțional, pentru a deveni un sprijin real al oamenilor, dezvoltarea și aplicarea soluției de roboți cognitivi din proiectul ROBIN-Social în scenarii cât mai diverse.

Proiectul ROBIN-Car va continua colaborarea prin dezvoltarea automobilului autonom care să includă atât componente de percepție bazate pe realizările de vedere computațională deja obținute cât și componente de acțiune instalate pe mașină care să realizeze fizic conducerea autonomă. La nivelul dezvoltării de algoritmi de vision se au în vedere mai multe direcții de continuare a colaborării. Pe de o parte continuarea cercetărilor de învățare nesupervizată din secvențe video, descoperirea prin metode de învățare nesupervizată a obiectelor din secvențe video, urmărirea eficientă a obiectelor (mașini, pietoni, etc.) în secvențe video, recuperarea structurii 3D a unei scene capturate din mai multe vederi. Pe de altă parte se are în vedere începerea unor cercetări referitoare la explicabilitatea metodelor de învățare profundă pentru recunoașterea de obiecte și acțiuni din imagini și secvențe video (Explainable AI), capacitatea de explicare a deciziilor luate de cutiile negre care sunt algoritmi de învățare profundă fiind esențială pentru încrederea și siguranța aplicațiilor de inteligență artificială.

Proiectul ROBIN-Context va continua cu elaborarea unor mecanisme care să faciliteze căutarea și descoperirea serviciilor în funcție de context și elaborarea unor rețele socio-tehnice în care atât obiectele (IoT) cât și oamenii sunt noduri într-o rețea globală de interacțiune. Aceste mecanisme trebuie să determine o partiționare logică și distribuită care să permită managementul dinamic al informației de context și să ofere o dimensiune normativă sau de autorizare, specificând când și cum este permis aplicațiilor să se interconecteze sau să partajeze informații.

Din punct de vedere al proiectului ROBIN-Dialog, valorificând rezultatele obținute de ICIA într-un proiect anterior respectiv dezvoltarea unui sistem de traducere automată EN↔RO a limbajului scris și rezultatele comune cu UPB obținute în cadrul acestui proiect în domeniul prelucrării limbajului vorbit, avem în vedere un proiect de traducere a limbajului vorbit EN↔RO. Pentru limba română vom folosi sistemele noastre ASR (ICIA și UPB) și TTS (ICIA) iar pentru limba engleză fie vom folosi sisteme open-source existente fie vom dezvolta noi modulele corespunzătoare. Această soluție în cascadă, deși au apărut sisteme neuronale ce realizează traducerea automată direct din semnalul vocal în semnal vocal-fără a mai trece prin fazele de ASR și TTS, este relativ ușor de realizat. Eventual, într-o fază ulterioară am putea să ne propunem realizarea unui sistem de traducere automată EN↔RO direct din semnalul vocal fără a mai trece prin etapa textuală.

Proiectul ROBIN-Cloud este definit în contextul în care majoritatea platformelor și bibliotecilor ce implementează algoritmi de procesare și învățare pe volume mari de date sau pe serii temporale nu oferă

suport pentru prelucrare paralelă și/sau distribuită. O altă problemă constă în lipsa interoperabilității la nivelul datelor, care provin din surse diverse, senzori dezvoltati în tehnologii diferite. În contextul cercetării cu proiectele componente ale proiectului complex ROBIN, s-au identificat următoarele direcții de cercetare viitoare în comun:

- Procesare Cloud-Fog-Edge scalabilă prin adaptarea modelelor de procesare scalabilă din mediile Cloud în platformele Edge și extinderea algoritmilor de planificare specifici sistemelor Cloud/Edge dezvoltati în cadrul proiectului Robin-Cloud.
- Extreme-Scale Computing și Platforme Big Data. Tema de cercetare are următoarele obiective specifice: scalarea automată a micro-serviciilor în medii Cloud hibride; rețele Peer-to-Peer multi-nivel, interoperabilitatea rețelelor Peer-to-Peer; managementul încrederii în rețele Peer-to-Peer auto-adaptive; provizionarea automată de resurse și servicii în platforme Big Data; metode de valorificare a datelor masive; securitate în serviciile de rețea.
- Învățare federală prin adaptarea algoritmilor și bibliotecilor de învățare automată pentru diverse platforme paralele și distribuite, prin metode adaptive de actualizare a modelelor de calcul.
- Gestiunea bazelor de cunoștințe în sistemele Cloud. În cazul în care sistemul de tip Cloud este reprezentat ca bază de informații partajată, dar și ca instrumente de procesare, capabilitățile roboților pot fi reduse, ținând cont de serviciile oferite de Cloud. Astfel, toate procesările pe care roboții ar trebui să le realizeze se reduc strict la un schimb de mesaje cu sistemul Cloud. Comunicația între sistemul de tip Cloud și fiecare robot trebuie criptată cu o cheie de criptare unică, astfel încât să se asigure confidențialitatea și autenticitatea informațiilor transmise.

7. Detalii privind angajarea si menținerea noilor cercetatori

Nr. posturi asumate de noi cercetatori	11
Nr. posturi ocupate de noi cercetatori	11
Nr. posturi ocupate de noi cercetatori (in prezent)	11

8. Indicatori de rezultat

<i>Indicatori</i>	<i>Descriere/Denumire</i>	<i>Nr.</i>
Locuri de munca nou create in cercetare (norma intreaga)	Noi cercetatori asumati	11
	Noi cercetatori angajati	11
Consolidarea capacitatii institutiilor cu posibilitati de relansare (cecuri):	Cecuri de tip B: stagii de pregatire (cercetare) si/sau vizite de lucru (scurta durata)	2
	Cecuri de tip C: stagii de formare/instruire pentru resursa umana nou angajata si pentru intelegerea de noi tehnici si tehnologii	0
Servicii de cercetare oferite (realizate) prin utilizarea infrastructurii de cercetare disponibila pentru implementarea proiectului (cecuri):	Cecuri de tip A1: servicii de cercetare oferite intre partenerii consorțiului	0
	Cecuri de tip A2: servicii de cercetare oferite de partenerii consorțiului unor terte parti	0
Articole publicate/acceptate/in evaluare in reviste indexate ISI	1. <i>Varga Mihai et al., Deadline scheduling algorithm for sustainable computing in Hadoop environment, Computers & Security (Q1, IF 4.438), 2018, Publicat</i>	28

	2. <i>Esposito Christian et al., Event-based sensor data exchange and fusion in the Internet of Things environments, JOURNAL OF PARALLEL AND DISTRIBUTED COMPUTING (Q1, IF 3.734), 2018, Publicat</i> 3. <i>Oncioiu Raluca et al., Energy-efficient Virtual Machine Replication in Fault Tolerant Datacenters, SIMULATION MODELLING PRACTICE AND THEORY (Q1, IF 3.272), 2018, Publicat</i> 4. <i>Pauna Adrian et al., On the rewards of Self Adaptive IoT Honeypots, ANNALES DES TELECOMMUNICATIONS-ANNALS OF TELECOMMUNICATIONS (Q4, IF 1.444), 2018, Publicat</i> 5. <i>Stan Roxana Gabriela et al., Cloudwave: Content gathering network with flying clouds, Future Generation Computer Systems (Q1, IF 7.187), 2019, Publicat</i> 6. <i>Șuşnea Ioan et al., Unobtrusive Monitoring the Daily Activity Routine of Elderly People Living Alone, with Low-Cost Binary Sensors, SENSORS (Q1, IF 3.576), 2019, Publicat</i> 7. <i>Ion-Dorinel Filip et al., Data Capsule: Representation of Heterogeneous Data in Cloud-Edge Computing, IEEE Access (Q2, IF 3.367), 2019, Publicat</i> 8. <i>Tudor Cioara et al., Exploiting data centres energy flexibility in smart cities: Business scenarios, INFORMATION SCIENCES (Q1, IF 6.795), 2019, Publicat</i> 9. <i>Bogdan Mocanu et al., Data fusion technique in SPIDER Peer-to-Peer networks in smart cities for security enhancements, INFORMATION SCIENCES (Q1, IF 6.795), 2019, Publicat</i> 10. <i>Dan Popa et al., Deep learning model for home automation and energy reduction in a smart home environment platform, Neural Computing and Applications (Q1, IF: 5.606), 2019, Publicat</i> 11. <i>Radu Constantinescu et al., A new version of KSOR method with lower number of iterations and lower spectral radius, SOFT COMPUTING (Q2, IF 3.643), 2019, Publicat</i> 12. <i>Croitoru Ioana et al., Unsupervised Learning for Foreground Object Segmentation, International Journal of Computer Vision (Q1, IF 7.41), 2019, Publicat</i> 13. <i>Balan Oana et al., Fear Level Classification Based on Emotional Dimensions and Machine Learning Techniques, Sensors (Q1, IF 3.576), 2019, Publicat</i>	
--	---	--

	14. Trăscău Mihai et al., <i>Spatio-Temporal Features in Action Recognition Using 3D Skeletal Joints</i>, <i>Sensors</i> (Q1, IF 3.576), 2019, Publicat 15. Hîrţan Liviu-Adrian et al., <i>Blockchain-based reputation for intelligent transportation systems</i>, <i>Sensors</i> (Q1, IF 3.576), 2020, Publicat 16. Cocîrlea Dragoş et al., <i>Blockchain in Intelligent Transportation Systems</i>, <i>Electronics</i> (Q3, IF 2.397), 2020, Publicat 17. Ion Radu et al., <i>A Dialog Manager for Micro-Worlds</i>, <i>Studies in Informatics and Control</i> (Q3, IF 1.649), 2020, in print 18. Avram Andrei-Marius et al., <i>Towards a Romanian end-to-end automatic speech recognition based on deepspeech2</i>, <i>Proceedings of the Romanian Academy, Series A</i>, 2020, in print 19. Ghita Alexandra Stefania et al., <i>The AMIRO Social Robotics Framework: Deployment and Evaluation on the Pepper Robot</i>, <i>Sensors</i> (Q1, IF 3.576), 2020, Publicat 20. Karoly Lengyel et al., <i>Seismic Model Parameter Optimization for Building Structures</i>, <i>MDPI Sensors</i> (Q1, IF 3.576), 2020, Publicat 21. H. Dulf Eva et al., <i>An Efficient Design and Implementation of a Quadrotor Unmanned Aerial Vehicle Using Quaternion-Based Estimator</i>, <i>MDPI Mathematics</i> (Q1, IF 2.258), 2020, in print 22. Catargiu George et al., <i>Connected Bike-smart IoT-based Cycling Training Solution</i>, <i>MDPI Sensors</i> (Q1, IF 3.576), 2020, Publicat 23. Susnea Ioan et al., <i>Agent-based Modeling and Simulation in the Research of Environmental Sustainability. A Bibliography</i>, <i>Sustainability</i> (Q2, IF 3.251), 2020, in evaluate 24. Leordeanu Marius et al., <i>Driven by Vision: Learning Navigation by Visual Localization and Trajectory Prediction</i>, <i>Sensors</i> (Q1, IF 3.576), 2020, Publicat 25. Haller Emanuela et al., <i>Spacetime Graph Optimization for Video Object Segmentation</i>, <i>Pattern Analysis and Machine Intelligence</i> (Q1, IF 17.871), 2020, in evaluate 26. Robu Victor et al., <i>Accurate and Robust 3D Scene Reconstruction with a Handheld Device by Multi-Frame Consensus</i>, <i>Sensors</i> (Q1, IF 3.576), 2020, in evaluate 27. Stoica Anda et al., <i>Intent Detection and Slot Filling with Capsule Net Architectures for a Romanian Home Assistant</i>, <i>Sensors</i> (Q1, IF 3.576), 2021, Publicat	
--	--	--

	28. Nan Mihai et al., <i>Comparison between Recurrent Networks and Temporal Convolutional Networks Approaches for Skeleton-based Action Recognition, Sensors (Q1, IF 3.576), 2021, Publicat</i>	
Articole publicate/acceptate/in evaluare in reviste indexate BDI	1. Stan Ovidiu Petru et al., <i>Design and Implement a 6DOF Anthropomorphic Robotic Structure, International Journal of Modeling and Optimization, 2019, Publicat</i> 2. Stan Ovidiu Petru et al., <i>Remotely Operated Robot with Live Camera Feed, International Journal of Modeling and Optimization, 2019, Publicat</i> 3. Choi Chang et al., <i>Novel data mining paradigms based on soft computing and machine learning in the current and upcoming information society revolution, Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2020, Publicat</i> 4. Haller Emanuela et al., <i>Iterative Knowledge Exchange Between Deep Learning and Space-Time Spectral Clustering for Unsupervised Segmentation in Videos, 2020, arXiv:2012.07123, Publicat</i>	4
Participari la conferinte	1. <i>A Bird's-eye View of Language Processing Projects at Romanian Academy, Language Resources and Evaluation, 2018</i> 2. <i>Extracting Actions from Romanian Instructions for IoT Devices, Linguistic Resources and Tools for Processing Romanian Language, 2018</i> 3. <i>Learning a Robust Society of Tracking Parts using Co-occurrence Constraints, European Conference on Computer Vision (A), 2018</i> 4. <i>Intelligent Autonomous Driving, System Theory, Control and Computing, 2018</i> 5. <i>Remotely Operated Robot with Live Camera Feed, International Conference on Cyber Systems on the fields of Aerospace, Robotics Manufacturing Systems Mechanical Engineering, Neurorehabilitation, Power Energy and Technology of Materials, 2018</i> 6. <i>NETIoT: A Versatile IoT Platform Integrating Sensors and Applications, Global Internet of Things Summit (GloTS), 2018</i> 7. <i>SafeUAV: Learning to estimate depth and safe landing areas for UAVs from synthetic data, European Conference on Computer Vision, 2018</i> 8. <i>Device to Device Collaboration for Mobile Clouds in Drop Computing, IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops), 2019</i> 9. <i>Decentralized Storage System for Edge Computing, 18th International Symposium on</i>	63

	<i>Parallel and Distributed Computing (ISPD), 2019</i> 10. <i>Activity Recognition for Ambient Assisted Living Using Off-the-shelf Motion Sensing Input Devices, 2019 Global IoT Summit (GloTS), 2019</i> 11. <i>Distributed Systems Education: from Traditional Models to New Paths of Learning, The 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS22), 2019</i> 12. <i>Hardware and Software Architecture for Accelerating Hash Functions Based on SoC, The 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS22), 2019</i> 13. <i>Faster and Scalable Parallel Processing Solution to Remove Visual Obstacles from Satellite Imagery, The 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS22), 2019</i> 14. <i>Asymptotic Load Balancing Algorithm for Many Task Scheduling, International Conference on Ad-Hoc Networks and Wireless, 2019</i> 15. <i>Automated Scoring of Self-explanations Using Recurrent Neural Networks, European Conference on Technology Enhanced Learning, 2019</i> 16. <i>Towards a Deep Speech Model for Romanian Language, The 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS22), 2019</i> 17. <i>Image Style Transfer using Text Descriptions, RoCHI - International Conference on Human-Computer Interaction, 2019</i> 18. <i>Towards Enabling Internet-Scale Context-as-a-Service: A Position Paper, The 2019 World Wide Web Conference (WWW'19), 2019</i> 19. <i>Towards Enabling Context-as-a-Service for Social Assistive Robotics, The 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS22), 2019</i> 20. <i>Collecting and processing a self-driving dataset in the UPB campus, The 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS22), 2019</i> 21. <i>End-to-end models for self-driving cars on UPB campus roads, IEEE 15th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP), 2019</i> 22. <i>A Flexible and Lightweight Agent Deployment Architecture, The 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS22), 2019</i>	
--	--	--

	23. <i>Human Action Recognition for Social Robots, The 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS22), 2019</i> 24. <i>Towards a Modular Framework for Human-Robot Interaction and Collaboration, The 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS22), 2019</i> 25. <i>Integrated System for Efficiently Managing IoT Data from Robots, 18th RoEduNet Conference: Networking in Education and Research, 2019</i> 26. <i>Universal automotive motor test bench controller, IEEE ART 2019 – 4th Automotive Reliability and Test Workshop, 2020</i> 27. <i>Data Loss Prevention and Data Protection in Cloud Environments based on Authentication Tokens, The 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS22), 2019</i> 28. <i>Control a 6DOF Anthropomorphic Robotic Structure with Computer Vision as MEMS Input, The 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS22), 2018</i> 29. <i>An analysis of the implementation of Kafka in high-frequency electronic trading environments, International Conference on the Artificial Intelligence in the fields of Aerospace, Robotics, Manufacturing Systems, Biomechanics, Neurorehabilitation, Mechanical Engineering, Power Energy and Technology of Materials (ICMERA), 2019</i> 30. <i>The Impact of Data Challenges on Intent Detection and Slot Filling for the Home Assistant Scenario, IEEE 15th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP), 2019</i> 31. <i>Keyword Spotting using Dynamic Time Warping and Convolutional Recurrent Networks, IEEE 15th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP), 2019</i> 32. <i>Intelligent Control of an Aerodynamical System, IEEE 15th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP), 2019</i> 33. <i>Adaptive Fractional Order Control Applied to a Multi-Rotor System, The 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS22), 2019</i> 34. <i>Making Pepper Understand and Respond in Romanian, The 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS22), 2019</i>	
--	---	--

	35. <i>Evaluating the Wordnet and CoRoLa-based Word Embedding Vectors for Romanian as Resources in the Task of Microworlds Lexicon Expansion, The 10th Global WordNet Conference, 2019</i> 36. <i>MoNERo: a Biomedical Gold Standard Corpus for the Romanian Language, The 18th BioNLP Workshop and Shared Task, 2019</i> 37. <i>Learning Navigation by Visual Localization and Trajectory Prediction, International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2020</i> 38. <i>Towards Automatic Annotation for Semantic Segmentation in Drone Videos, International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2020</i> 39. <i>The Relational Parts of Speech in Text Analysis for Definition Detection, for Romanian Language, Networking in Education and Research Conference (RoEduNet), 2019</i> 40. <i>Deadline-aware Scheduling in Cloud-Fog-Edge Systems, 20th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Internet Computing (CCGRID), 2020</i> 41. <i>A Platform to Promote a More Active Lifestyle Between Students, 16th eLearning & Software for Education Conference (eLSE), 2020</i> 42. <i>An E-Learning Platform that Supports Personalized Learning and Multimodal Interactions, 14th Annual International Technology, Education and Development Conference (INTED), 2020</i> 43. <i>Escape from Dungeon – Modelling User Intentions with Natural Language Processing Techniques, 5th Int. Conf. on Smart Learning Ecosystems and Regional Development (SLERD), 2020</i> 44. <i>Autoscaled RabbitMQ Kubernetes Cluster on single-board computers, IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics (AQTR), 2020</i> 45. <i>The Impact of Romanian Diacritics on Intent Detection and Slot Filling, IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics (AQTR), 2020</i> 46. <i>Using Cognitive Services within CPS/SCADA Systems Federations - Concepts, Research Areas and Challenges, IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics (AQTR), 2020</i> 47. <i>Near real-time scheduling in cloud-edge platforms, 35th Annual ACM Symposium on Applied Computing, 2020</i>	
--	--	--

	48. <i>Shift R-CNN: Deep Monocular 3D Object Detection with Closed-Form Geometric Constraints</i>, International Conference on Image Processing (ICPR), 2020 49. <i>Semantics through Time: Semi-supervised Segmentation of Aerial Videos with Iterative Label Propagation</i>, Asian Conference on Computer Vision (ACCV), 2020 50. <i>A 3D Convolutional Approach to Spectral Object Segmentation in Space and Time</i>, International Joint Conferences on Artificial Intelligence (IJCAI), 2020 51. <i>A Processing Platform Relating Data and Tools for Romanian Language</i>, 1st International Workshop on Language Technology Platforms (IWLTP), 2020 52. <i>TermEval 2020: RACAI's automatic term extraction system</i>, 6th International Workshop on Computational Terminology, 2020 53. <i>The European Language Technology Landscape in 2020: Language-Centric and Human-Centric AI for Cross-Cultural Communication in Multilingual Europe</i>, 12th Language Resources and Evaluation Conference, 2020 54. <i>A survey of pedestrian detection in autonomous vehicles</i>, IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics, 2020 55. <i>Agent in Romanian for Predefined Microworlds</i>, International Conference on Human-Computer Interaction (RoCHI), 2020 56. <i>Conversational Agent in Romanian for Storing User Information in a Knowledge Graph</i>, International Conference on Human-Computer Interaction (RoCHI), 2020 57. <i>Blockchain privacy-preservation in intelligent transportation systems</i>, International Conference on Computational Science and Engineering (CSE), 2018 58. <i>Blockchain privacy-preserving in healthcare</i>, International Conference on Big Data Analytics (BDA), 2018 59. <i>Blockchain-based approach for e-health data access management with privacy protection</i>, International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD), 2019 60. <i>Comparing the Performance of Message Delivery Methods for Mobile Agents</i>, International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems, 2020	
--	--	--

	61. <i>Semi-Supervised Learning for Multi-Task Scene Understanding by Neural Graph Consensus, AAAI Conf. on Artificial Intelligence, 2021</i> 62. <i>Semantically Enriching Embeddings of Highly Inflectable Verbs for Improving Intent Detection in a Romanian Home Assistant Scenario, International Symposium on Intelligent Data Analysis (IDA), 2021</i> 63. <i>A Modular Approach for Romanian-English Speech Translation, International Conference on Natural Language & Information Systems, 2021</i>	
Cărții/ Capitoale de carte publicate	1. <i>Imad Alex Awada et al., An Integrated System for Improved Assisted Living of Elderly People, H. Costin, B. Schuller, A.M. Florea (eds) Recent Advances in Intelligent Assistive Technologies: Paradigms and Applications, Intelligent Systems Reference Library Vol. 170, Springer, 2019</i> 2. <i>Marius Leordeanu, Unsupervised Learning in Space and Time: A Modern Approach for Computer Vision using Graph-based Techniques and Deep Neural Networks, Springer, 2020</i>	2
Cereri brevete depuse la nivel national si international	Cerere brevet ROBIN-Social, 2021 (in curs) Cerere licență software ROBIN-Car, 2021 (in curs) Cerere licență software ROBIN-Cloud, 2021 (in curs)	3
Brevete obtinute la nivel national si international	Titlu Brevet/ Autoritate emitenta/Data emitere	0
Produce noi sau semnificativ imbunatatite realizate si transferate in economie	Denumire/An Produs software robot asistiv, 2020 Produs nou asistare șofer conducere semi-autonomă, 2021 Produs nou dialog în limbaj natural pentru microlumi, 2021	3
Tehnologii noi sau semnificativ imbunatatite realizate si transferate in economie	Denumire/An Tehnologie nouă interacțiune robotică asistivă - 2019 Tehnologie nouă - platforma robotica, 2020 Tehnologie nouă asistare șofer 2020 Tehnologie nouă dialog în limbaj natural pentru micro-lumea unui robot asistiv 2020 Tehnologie nouă soluții FIWARE și IoT-A în platforma ROBIN-Cloud 2020 (în curs de finalizare) Tehnologie nouă de prelucrare inteligentă a datelor contextuale, 2021	6
Servicii noi sau semnificativ imbunatatite realizate si transferate in economie	Denumire/An Serviciu web de preluare și afișare grafică a informațiilor de context, 2020 Serviciu robotic, 2021 Servicii în Cloud inovative, 2021	3

Director Proiect Complex,

Adina Magda Florea