

ŞCOALA DOCTORALĂ INTERDISCIPLINARĂ

Facultatea de Inginerie Electrică şi Ştiinţa Calculatoarelor

Cristian VIZITIU

**Abordări sistemice ale etapelor ciclului de viaţă al
soluţiilor integrate şi/sau conectate în domeniul
performanţei umane**

**System-level approaches to the life-cycle stages of
integrated and/or connected solutions in the field of
human performance**

REZUMAT

Conducător ştiinţific

Prof. Dr. Sorin Aurel MORARU

BRAŞOV, 2026

Tema tezei de doctorat şi domeniul/domeniile în care se încadrează

În contextul mediilor socio-tehnice din ce în ce mai complexe, de la explorarea spaţiului la asistenţă medicală, managementul dezastrelor şi automatizarea industrială, capacitatea de a proiecta, dezvolta şi implementa sisteme eficiente este strâns legată de capacitatea noastră de a înţelege, modela şi gestiona complexitatea în sine. Evoluţia rapidă a ecosistemelor tehnologice, împreună cu interdependenţa crescândă dintre operatorii umani şi sistemele inteligente, a remodelat fundamental provocările ingineriei. Abordarea acestor provocări necesită mai mult decât dezvoltarea de tehnologii individuale, şi anume necesită stabilirea unor abordări sistemice care să integreze cunoştinţele interdisciplinare, să asigure interoperabilitatea funcţională şi să plaseze performanţa umană în centrul proiectării sistemului.

Motivaţia din spatele acestei cercetări este înrădăcinată în nevoia presantă de a crea arhitecturi care să sprijine luarea deciziilor, adaptabilitatea şi rezilienţa în medii în care performanţa umană este esenţială pentru succesul misiunii. Fie că este vorba de operaţiuni de zbor spaţial, furnizarea de asistenţă medicală sau răspunsul la situaţii de urgenţă, capacităţile umane trebuie să interacţioneze din ce în ce mai mult cu sistemele digitale avansate, inclusiv inteligenţa artificială (Artificial Intelligence – IA), internetul lucrurilor (Internet of Things – IoT), gemenii digitali (Digital Twins – DTs) şi procesele de automatizare, astfel încât tehnologia să asiste şi să optimizeze procesul decizional uman, fără a-l substitui. Aceste medii complexe necesită metodologii de inginerie care pot anticipa comportamentele emergente, pot susţine adaptarea continuă şi pot garanta siguranţa şi fiabilitatea în condiţii incerte. Abordările tradiţionale de proiectare sunt adesea insuficiente atunci când se confruntă cu astfel de cerinţe cu mai multe faţete, evidenţiind necesitatea adoptării ingineriei bazate pe modele (Model-Based Engineering – MBE) şi ingineriei concurente ca paradigme centrale pentru gestionarea complexităţii în secolul XXI.

Din punct de vedere al legăturii între pilonii ştiinţifici abordaţi, teza propune o integrare coerentă între perspectivele oferite de teoria complexităţii, principiile ingineriei concurente şi paradigma MBE, în contextul sistemelor socio-tehnice complexe. Studiile şi sistemele de interes analizate în lucrarea de faţă integrează componente din domenii precum IoT, inteligenţă artificială, telemedicină şi factori umani, necesitând o abordare interdisciplinară extinsă. În acest cadru, modelarea arhitecturală este utilizată ca instrument de structurare, corelare şi integrare a componentelor şi interacţiunilor sistemului, facilitând definirea, dezvoltarea şi evoluţia sistemelor complexe, precum şi gestionarea complexităţii acestora. În timp ce MBE vizează abordarea integrată a ecosistemelor digitale şi umane, ingineria sistemelor bazate pe modele (Model-Based Systems Engineering – MBSE), ca parte integrantă a acestei paradigme, oferă metodologii şi instrumente specifice, utilizate în mod complementar în special pentru descrierea şi analiza arhitecturală a sistemelor.

Această perspectivă este profund influenţată de experienţa profesională a autorului acestei lucrări doctorale, care şi-a construit cariera la intersecţia dintre cercetare şi dezvoltare, inginerie şi proiectare de sisteme complexe bazate pe tehnologii spaţiale. În calitate de şef al laboratorului/colectivului de cercetare pentru aplicaţii spaţiale dedicate sănătăţii şi securităţii, aparţinând Institutului de Ştiinţe Spaţiale, preocupările sale s-au concentrat pe aplicarea tehnologiilor spaţiale în aplicaţii practice atât pentru cazuri de utilizare spaţială, cât şi terestră. Contribuţiile sale includ proiectarea de platforme de telemedicină, dezvoltarea de contramăsuri pentru zborurile spaţiale cu echipaj uman (Human Spaceflight Countermeasures – HSCs), crearea de tehnologii de asistenţă şi participarea la analoage terestre care simulează adversităţile fiziologice şi psihologice ale misiunilor spaţiale de scurtă şi lungă durată. În paralel, implicarea sa în sistemele aeriene fără pilot (Unmanned Aerial Systems – UAS) bazate pe IA pentru căutare şi salvare, precum şi în instrumentele de pregătire şi răspuns nuclear, subliniază un angajament constant de a promova siguranţa şi performanţa umană în medii cu risc ridicat, cu utilizare intensivă a datelor şi a algoritmilor de învăţare automată. Acest amestec specific de cercetare şi expertiză practică oferă o bază solidă pentru înţelegerea modului în care sistemele complexe pot fi proiectate pentru a sprijini obiectivele centrate pe fiinţa umană.

Motivaţia de a defini abordări sistemice este, de asemenea, determinată de natura evolutivă a provocărilor cu care se confruntă aceste domenii. Convergenţa tehnologiilor spaţiale, a sistemelor de sănătate şi a instrumentelor de inginerie digitală necesită cadre capabile să unească disciplinele izolate în mod tradiţional. Prin integrarea MBE, ingineriei concurente, şi a tehnologiilor emergente, cum ar fi Digital Twins, laolaltă cu IA generativă şi automatizarea adaptivă, devine posibilă proiectarea sistemelor care nu numai că oglindesc complexitatea şi dinamica mediilor lor operaţionale, ci se adaptează şi se îmbunătăţesc continuu ca răspuns la condiţiile în schimbare. Această adaptare continuă asigură faptul că soluţiile evoluează în paralel cu cerinţele misiunii, progresul tehnologic şi factorii umani. Ca urmare, astfel de sisteme pot susţine îmbunătăţirea continuă a performanţei umane, de la monitorizarea fiziologică şi evaluarea cognitivă până la planificarea misiunii şi luarea deciziilor în timp real, rămânând în acelaşi timp aliniate în mod constant la nevoile umane pe parcursul întregului lor ciclu de viaţă.

În plus, dependenţa tot mai mare de informaţii bazate pe date şi adaptabilitate în timp real înseamnă că sistemele trebuie proiectate nu ca soluţii statice, ci ca ecosisteme dinamice capabile să înveţe, să prezică şi să răspundă la condiţiile în schimbare. O abordare sistemică asigură că dezvoltarea tehnologiei nu are loc izolat, dar este ghidată de o înţelegere holistică a interacţiunii om-sistem-mediu. Această mentalitate este esenţială nu numai pentru avansarea frontierelor explorării spaţiale, dar şi pentru abordarea provocărilor terestre complexe, cum ar fi rezilienţa asistenţei medicale, răspunsul la dezastre şi protecţia infrastructurii critice.

În cele din urmă, motivaţia pentru această lucrare doctorală constă în recunoaşterea faptului că performanţa umană este pilonul central al succesului în misiuni şi sisteme complexe.

Activarea acestei performanţe, fie prin îmbunătăţirea capacităţii cognitive, îmbunătăţirea rezilienţei fiziologice sau creşterea procesului decizional, necesită integrarea perfectă a principiilor ingineriei, a ştiinţei factorilor umani şi a tehnologiilor digitale emergente.

Abordările sistemice propuse şi explorate pe parcursul acestei cercetări reprezintă un pas către această integrare. Acestea oferă o bază structurată, scalabilă şi adaptabilă pentru soluţiile de inginerie care nu doar sprijină fiinţele umane în medii complexe, dar le optimizează în mod activ să exceleze.

Obiectivele cercetării

Teza este construită pe un fir logic coerent, care integrează în mod progresiv fundamentele teoretice cu contribuţiile ştiinţifice originale. Astfel, demersul de cercetare porneşte de la definirea complexităţii şi a perspectivelor asociate sistemelor complexe, abordând atât concepte generale din teoria complexităţii, cât şi particularizări în domeniile de interes ale tezei.

În prima parte a lucrării sunt analizate fundamentele teoretice şi metodologice ale teoriei sistemelor complexe, adăugând descrieri detaliate ale algoritmilor şi metodelor statistice şi de învăţare automată, precum şi complexitatea:

- I. tehnologiilor asistive IoT utilizate în lucrul cu utilizatori cu deficienţe cognitive; aplicaţiilor şi sistemelor de protecţie astronauti;
- II. tehnologiilor emergente, incluzând ecosisteme de tip digital twin cu factori umani, precum şi facilităţi de inginerie concurentă cu automatizarea adaptivă

În a doua parte a tezei, în continuarea cadrului teoretic, sunt dezvoltate contribuţiile ştiinţifice originale, urmând o structură de tip piramidal, prezentate în Figura 1. Acestea includ realizarea unei analize sistematice a literaturii, care evidenţiază beneficiile ingineriei concurente şi ale abordărilor MBE, definirea unei metodologii hibride avansate, Design SynMeth, şi validarea acesteia printr-un studiu de caz aplicat în dezvoltarea rapidă de prototipuri pentru sisteme complexe şi tehnologii asistive IoT.

Contribuţiile sunt continuate prin definirea, dezvoltarea şi validarea unui sistem de tip proof-of-concept pentru evaluarea timpului de reacţie în cadrul unui pilot, precum şi prin aplicarea principiilor ingineriei bazate pe modele în definirea arhitecturilor pentru tehnologii emergente în ecosisteme digitale şi umane. Acestea sunt ilustrate concret prin dezvoltarea unui digital twin complex pentru fiziologia transpiraţiei şi prin definirea unei facilităţi de inginerie concurentă cu automatizare adaptivă.

Se evidenţiază astfel o corelaţie directă între fundamentele teoretice şi contribuţiile originale, doctorandul având contribuţii specifice pe întreg parcursul cercetării, prin analiza literaturii şi dezvoltarea ulterioară a componentelor metodologice şi aplicative.

Contribuțiile științifice în abordări sistemice ale etapelor ciclului de viață al soluțiilor integrate și/sau conectate în domeniul performanței umane vizează 5 (cinci) studii pe cinci niveluri de dezvoltare piramidală conform Figurii 1.

Această lucrare explorează abordarea piramidală, a dezvoltării sistemelor complexe în fazele incipiente ale ciclului de viață și până la faze avansate de integrare și validare tehnologie, având ca fundament utilizarea modelării arhitecturale în procesul de proiectare. Lucrarea prezintă cinci studii, fiecare având un rol strategic în construirea unei viziuni integrate asupra utilizării acestor metodologii în domenii de la sănătate mobilă (mHealth) la Digital Twins și automatizare adaptivă.

Studiul 1 conform nivelului 1 din viziunea piramidală prezentată în Figura 1: Fundamentul caracterizat de analiza aprofundată sistematică a literaturii asupra modelării în dezvoltarea timpurie a ciclului de viață a sistemelor complexe. La baza acestei abordări se află un studiu de tip recenzie sistematică (Systematic Review – SR) asupra utilizării modelării în etapele incipiente ale ciclului de viață al sistemelor complexe. Acest studiu analizează literatura de specialitate pentru a identifica metodele și practicile optime, evidențiind provocările și tendințele emergente. Fundamentarea teoretică oferită de acest nivel susține studiile ulterioare prin consolidarea unei baze metodologice solide. Procesul de căutare și selecție a articolelor științifice fost extrem de riguros folosind o serie de metode și baze de date, precum IEEE Xplore, NLM, Scopus și WoS, rezultând în 81 de articole științifice relevante de investigat, asociind inclusiv o analiză bibliometrică.

Studiul 1 propune Obiectivul 1, și anume:

Obiectiv 1: constă în elaborarea unei investigații ample sistematice cu o analiză bibliometrică pentru a examina gradul de utilizare și eficacitate a ingineriei sistemelor bazate pe modele (Model-Based Systems Engineering – MBSE) și a ingineriei concurente în gestionarea și îmbunătățirea factorilor de proiectare a sistemelor în sisteme complexe din diverse domenii, inclusiv spațiu, asistență medicală, precum și viață asistată activ (Active Assisted Living – AAL) și medii inteligente. Studiul 1 își propune să exploreze modul în care MBSE și ingineria concurentă pot aborda provocările inerente în definirea și dezvoltarea sistemelor complexe, concentrându-se în special pe impactul lor asupra factorilor critici de proiectare a sistemului, cum ar fi analiza misiunii, arhitectura sistemului, costul, programul și contingențele de risc.

Studiul 2 conform nivelului 2 din viziunea piramidală prezentată în Figura 1: Metodologie de Rapid Prototyping investigând maparea metodologiei obiect-proces (Object-Process Methodology – OPM) către limbajul de modelare a sistemelor complexe (Systems Modeling Language – SysML) cu aplicabilitate în domeniul IoT mHealth. În continuarea fundamentării teoretice, acest studiu propune o metodologie de tip prototipare rapidă (rapid prototyping), care include o combinație conceptuală și operațională între OPM și SysML. Această metodologie

permite o tranziție eficientă de la concepte la modele formale de inginerie a sistemelor, facilitând o dezvoltare accelerată și adaptabilă a arhitecturilor complexe, în special pentru sistemele IoT. Studiul 2 propune Obiectivul 2, și anume:

Obiectiv 2: constă în definirea, structurarea și validarea metodologiei Design SynMeth ca o nouă abordare pentru modelarea sistemelor în contexte socio-tehnice complexe. Scopul este de a elabora o metodologie neutră din punct de vedere al soluțiilor, bazată pe modele, care să unifice punctele forte ale abordărilor existente (SysML, OPM) într-un cadru de proiectare coerent. Metodologia cercetării consideră integrarea principiilor de prototipare rapidă cu modificări structurale în cadrul de lucru MagicGrid, permițând iterații rapide între spațiul problemei și spațiul de soluții și permițând factorilor interesați să valideze concepte la începutul ciclului de viață. Pentru a-și demonstra aplicabilitatea, metodologia este aplicată într-un studiu de caz privind definirea și prototiparea unei tehnologii asistive pentru vârstnici, bazat pe IoT. În acest fel, studiul combină dezvoltarea metodologică cu validarea practică printr-un domeniu din lumea reală.

Studiul 3 conform nivelului 3 din viziunea piramidală prezentată în Figura 1: Integrarea și validarea unui dispozitiv IoT pentru detectarea tulburărilor de cogniție. Acest studiu explorează integrarea unui sistem IoT fizic destinat detectării tulburărilor cognitive, în cadrul unei arhitecturi modelate. Sistemul IoT a fost dezvoltat fizic și testat, demonstrând capacitatea sa de a colecta și analiza date relevante pentru monitorizarea stării cognitive ale vârstnicilor. Validarea sistemului s-a realizat printr-un pilot de colectare de date, confirmând aplicabilitatea sistemului în domeniul sănătății și oferind o platformă pentru studii clinice ulterioare. Studiul 3 propune Obiectivul 3, și anume:

Obiectiv 3: este de a proiecta, dezvolta și valida un dispozitiv de măsurare timp de reacție (Choice Reaction Time – CRT) bazat pe IoT, menit să îmbunătățească detectarea timpurie și stratificarea tulburărilor cognitive la vârstnici. Bazat pe dovezi ale decelerării senzoriomotorii odată cu vârsta și pe valoarea diagnostică stabilită a CRT în insuficiența cognitivă ușoară (Mild Cognitive Impairment – MCI), studiul abordează o lacună majoră a literaturii relevante, prin introducerea unui sistem portabil, conectat și integrat pentru evaluarea cognitivă. Dispozitivul CRT combină măsurători de timp de reacție și precizie cu date demografice și modele de învățare automată pentru a diferenția grupurile cognitive și a prezice demența preclinică, oferind o soluție scalabilă pentru practica clinică și contextele de telemedicină. Metodologia a constat în colectarea de date prin chestionare specifice și dispozitiv CRT utilizat de subiecții umani, iar procesarea de date s-a realizat prin metode statistice, și clasificatori de învățare automată (Machine Learning – ML).

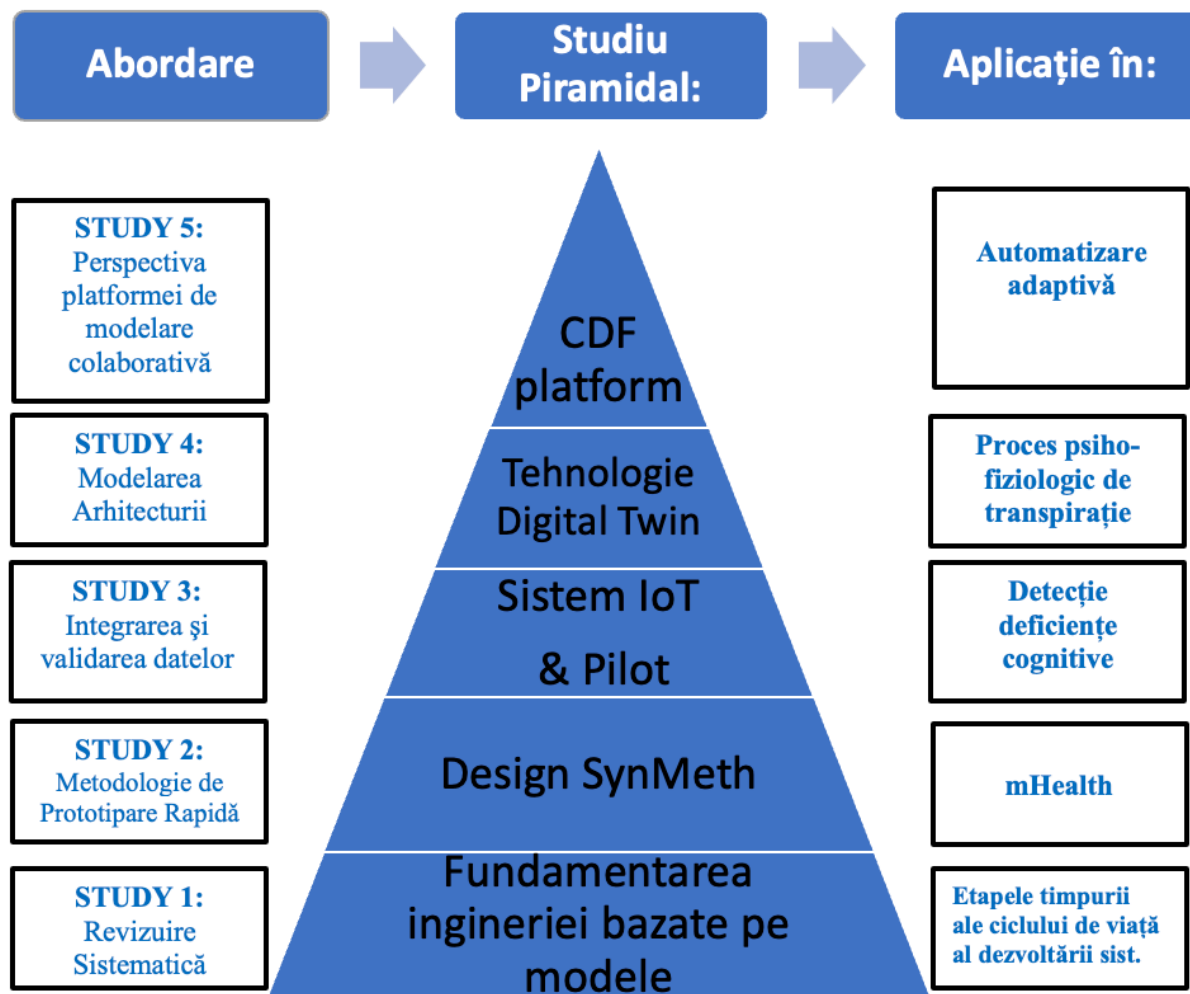
Studiul 4 conform nivelului 4 din viziunea piramidală prezentată în Figura 1: Definirea și modelarea arhitecturii unui Digital Twin pentru procesul de transpirație umană. Acest studiu introduce conceptul de Digital Twin aplicat procesului de transpirație umană în contexte

specifice, cum ar fi condițiile patologice sau profesiile critice. Se dezvoltă un model virtual care permite analiza mecanismelor fiziologice implicate în reglarea transpirației, optimizarea strategiilor de răcire și adaptarea la medii extreme, oferind un cadru util pentru cercetări viitoare în domeniul sănătății și performanței umane.

Studiul 5 conform nivelului 5 din viziunea piramidală prezentată în Figura 1: Definirea și modelarea unei platforme de proiectare/inginerie concurentă integrând automatizarea adaptivă în cadrul sistemelor complexe. În vârful abordării piramidale propuse, platforma este concepută pentru a sprijini procesul de proiectare colaborativă, reducând timpii de dezvoltare și îmbunătățind integrarea sistemelor complexe, prin utilizarea metodologiilor de modelare, simulare și optimizare în timp real, punând accentul pe reutilizare și scalabilitate. Studiile 4 și 5 propun Obiectivul 4, și anume:

Obiectiv 4: este de a proiecta și implementa un cadru cuprinzător pentru tehnologiile emergente în proiectarea de sisteme inteligente și modelarea digitală, integrând două componente complementare (i.e., Studiile 4 și 5). Prima componentă (i.e., Studiul 4) se concentrează pe dezvoltarea și aplicarea gemenilor digitali pentru evaluarea și optimizarea performanței umane prin simularea avansată a mecanismelor fiziologice, cum ar fi dinamica transpirației și rolul lor în performanță și adaptarea la stres. Această abordare are ca scop definirea unei arhitecturi robuste Digital Twin capabilă să susțină integrarea datelor în timp real, modelarea predictivă și luarea deciziilor adaptive. A doua componentă (i.e., Studiul 5) se concentrează pe facilitățile de proiectare concurentă (Concurrent Design Facility – CDF) și automatizarea adaptivă, explorând capacitatea acestora de a permite fluxuri de lucru de inginerie paralele, multidisciplinare și de a îmbunătăți proiectarea sistemelor inteligente complexe. Împreună, aceste componente au căutat să stabilească o paradigmă de proiectare scalabilă și inteligentă care combină simularea fizică, modelarea performanței umane și automatizarea într-o manieră colaborativă pentru a aborda provocările actuale și viitoare din domeniul spațial, al sănătății și al industriei. Metodologia comună utilizată în realizarea obiectivului 4 a fost modelarea arhitecturală bazată pe modele în corelație strânsă cu integrare de concepte avansate de ML și fiziologie pentru studiul 4, respectiv de automatizare adaptivă pentru studiul 5.

Pe întreg parcursul tezei, contribuțiile autorului sunt integrate progresiv, pornind de la analiza literaturii și conducând către dezvoltări metodologice și aplicații concrete, asigurând astfel coerența dintre fundamentele teoretice și rezultatele originale.



Figură1. Viziune piramidală asupra studiilor incluse în lucrarea doctorală.
Analiză pe trei paliere: tip abordare, studiul per se; domeniul de aplicabilitate.

Această abordare piramidală din Figura 1 oferă un cadru structurat și progresiv pentru dezvoltarea sistemelor complexe, avansând de la o fundamentare teoretică la aplicații concrete în mHealth, IoT, gemeni virtuali și automatizare adaptivă. Prin combinarea unor metodologii de modelare, integrare și validare, această lucrare demonstrează importanța unei construcții secvențiale a cunoștințelor, în care fiecare etapă consolidează înțelegerea și aplicabilitatea nivelurilor anterioare. Astfel, arhitectura piramidală propusă nu doar facilitează o dezvoltare logică a sistemelor, ci și creează un ecosistem tehnologic capabil să susțină inovația și integrarea unor soluții avansate în diverse aplicații practice.

Legătura dintre capitolele tezei, obiectivele cercetării și lucrările științifice deja publicate ale autorului, este sintetizată după cum urmează:

Capitolele 1–4, care fundamentează teoretic obiectivele tezei (Obiectiv1–Obiectiv5), se bazează în principal pe analiza literaturii de specialitate, fiind susținute parțial și de contribuțiile autorului, realizate atât în calitate de prim autor, cât și de coautor, în cadrul programului doctoral (Vizitiu, Stara et al., 2024; Vizitiu, Turcin et al., 2024; Vizitiu, Dominey et al., 2025; Vizitiu, Turcin et al., 2025; Vizitiu, Dinculescu et al., 2025), precum și de lucrări

relevante anterioare programului doctoral, inclusiv cartea publicată la Springer (Vizitiu, 2019) şi articolele asociate (Vizitiu et al., 2021; Marziali et al., 2024).

Capitolul 5 abordează Obiectivele 1 şi 2, prin dezvoltarea contribuţiilor metodologice. Subcapitolul 5.1 valorifică şi extinde rezultatele prezentate în (Vizitiu, Dinculescu et al., 2025), reprezentând baza analizei sistematice şi a fundamentării metodologice specificate în Obiectivul 1. În continuare, capitolul dezvoltă metodologia hibridă Design SynMeth şi o validează prin studiu de caz, în corelaţie cu rezultatele din (Vizitiu, Dominey et al., 2025), în conformitate cu Obiectivul 2.

Capitolul 6 corespunde Obiectivului 3 şi prezintă definirea, dezvoltarea şi validarea în studiu pilot a unui sistem de tip proof-of-concept pentru evaluarea cognitivă, valorificând şi extinzând contribuţiile din (Vizitiu, Stara et al., 2024).

Capitolul 7 abordează Obiectivele 4 şi 5 prin definirea arhitecturilor pentru tehnologii emergente. Subcapitolul 7.1 dezvoltă arhitectura unui sistem de tip digital twin pentru fiziologia transpiraţiei, pe baza lucrării (Vizitiu, Turcin et al., 2024) conform Obiectivului 4, iar subcapitolul 7.2 defineşte o facilitate de inginerie concurentă cu automatizare adaptivă, extinzând rezultatele din (Vizitiu, Turcin et al., 2025) conform Obiectivului 5.

Notă: În contextul complexităţii ridicate a sistemelor analizate, abordările bazate exclusiv pe documentaţie devin dificil de utilizat şi de scalat. În acest sens, orientarea către modele oferă un mod mai clar şi mai coerent de a descrie şi înţelege conceptele şi sistemele propriu-zise, permiţând totodată reutilizarea componentelor şi a soluţiilor dezvoltate. Astfel, în cadrul acestei lucrări, abordarea adoptată este una de tip MBE, completată de utilizarea MBSE pentru modelarea arhitecturală, în vederea definirii, dezvoltării şi integrării sistemelor complexe din domeniul performanţei umane.

Structura (capitolele) tezei

Teza este structurată într-un mod coerent, urmărind o succesiune de capitole care reflectă atât fundamentele teoretice şi metodologice ale cercetării, cât şi rezultatele şi contribuţiile ştiinţifice obţinute. Lucrarea debutează cu Introducerea, în care sunt prezentate motivaţia cercetării definită prin necesitatea abordărilor sistemice în analiza şi optimizarea sistemelor complexe în sprijinul performanţei umane, precum şi viziunea multidisciplinară şi integrativă a celor cinci studii dezvoltate, acestea constituind un răspuns direct la cele patru obiective majore ale tezei.

Partea de investigaţie teoretică şi documentare a literaturii stă la baza construcţiei conceptuale a lucrării şi se reflectă în capitolele 2–4, care fundamentează ştiinţific studiile experimentale şi contribuţiile originale.

Astfel, Capitolul 2 prezintă aspecte conceptuale privind sistemele complexe şi ciclul lor de viaţă, oferind cadrul teoretic necesar pentru înţelegerea interdependenţelor dintre componentele acestor sisteme, implicit baza teoretică pentru întreg contextul tezei, şi în special pentru Studiul 1.

Capitolul 3 include o analiză extinsă a metodelor și algoritmilor de analiză cantitativă, atât pe componenta statistică, cât și pe cea de ML, evidențiind relevanța acestora pentru studiile aplicate.

Capitolul 4 definește contextul de aplicabilitate al cercetării, concentrat pe performanța umană în două domenii principale: primul de monitorizare și asistare performanță umană în plan terestru, prin telemedicină, tehnologii asistive, și plan al mediilor extreme, prin HSC, iar al doilea domeniu de analiză a tehnologiilor emergente, precum Digital Twin și automatizarea adaptivă, în contextul evaluării și optimizării performanței umane. Astfel, primul domeniu reprezintă baza teoretică pentru Studiile 2 și 3, iar al doilea domeniu reprezentând baza teoretică pentru Studiile 4 și 5.

Partea aplicativă a tezei, care include contribuțiile originale, este detaliată în capitolele 5–7. Astfel Capitolul 5 cu Subcapitolul 5.1. prezintă Studiul 1, care include analiza și demonstrarea metodologică a unui cadru de proiectare sistemică aplicat sistemelor complexe; Capitolul 5 continuă cu Studiul 2, prin definirea unei metodologii hibride de tip Design SynMeth, cu un studiu de caz demonstrativ.

Capitolul 6 descrie Studiul 3, centrat pe definirea și dezvoltarea unui sistem IoT de tip CRT, implementat într-un studiu pilot, cu analiză de date prin metode statistice și de învățare automată.

Capitolul 7 conține Studiul 4 prin subcapitolul 7.1, orientat spre conceptul de Digital Twin pentru simularea transpirației fiziologice, incluzând cercetarea și definirea arhitecturală; respectiv Studiul 5 prin subcapitolul 7.2, concentrat pe proiectarea concurentă și automatizarea adaptivă în medii complexe de proiectare.

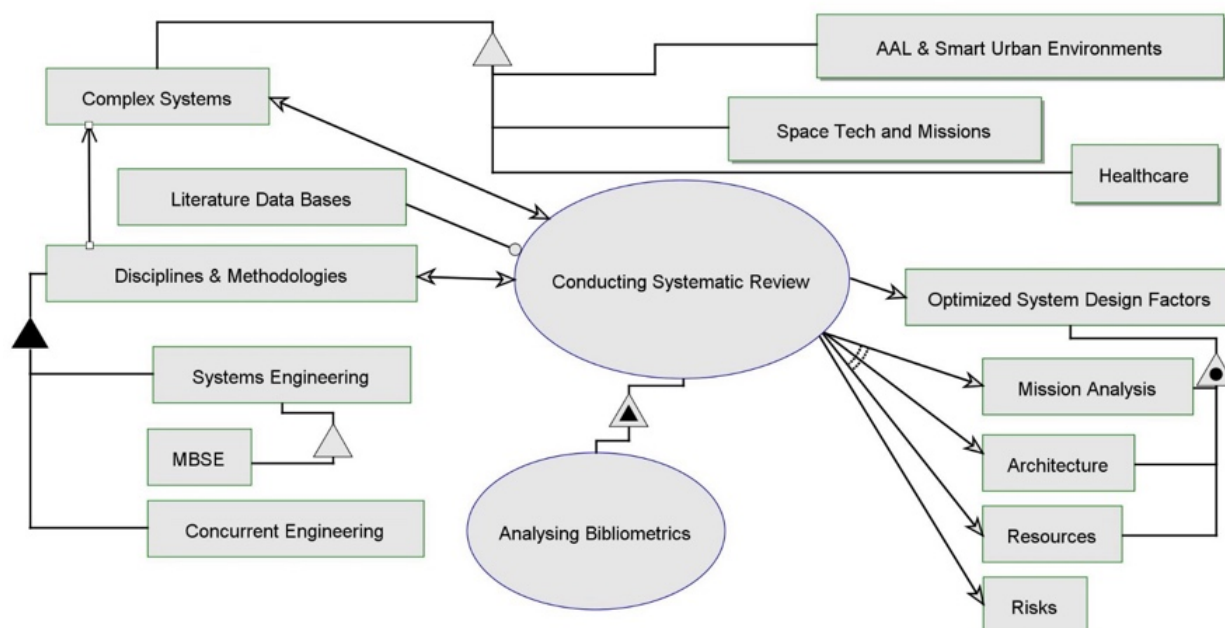
Capitolul 8 prezintă concluziile generale ale tezei, demonstrând modul în care cele cinci obiective principale au fost atinse cu succes. Capitolul include de asemenea perspectivele de dezvoltare viitoare și o sinteză a rezultatelor științifice, evidențiind contribuțiile autorului prin lucrări publicate, participări la conferințe naționale și internaționale, precum și implicarea în proiecte de CDI și obținerea de granturi științifice.

Lucrarea se încheie cu o secțiune amplă de referințe bibliografice, redactate conform stilului Harvard, care susțin atât analiza literaturii, cât și argumentațiile din studiile proprii, urmată de anexe care includ detalii suplimentare privind aspectele metodologice și tehnice ale contribuțiilor prezentate.

Metodologia de cercetare

Obiectivul 1 a fost realizat cu succes prin proiectarea, execuția și sinteza sistematică a studiului 1. Prin aplicarea unei metodologii structurate bazate pe cercetare bazată pe dovezi și analiză bibliometrică, studiul a reușit să cartografieze contribuțiile MBE și ingineriei concurente în dezvoltarea timpurie a sistemului. Abordarea a fost riguroasă cu dovezi clare care susțin potențialul integrării MBE și ingineriei concurente în creșterea eficienței în proiecte complexe.

Structura acestei investigații, având scopul fundamentării MBSE și ingineriei concurente în dezvoltarea sistemelor complexe, este ilustrată printr-o diagramă realizată pe baza metodologiei OPM, conform standardului ISO 19450, prezentată în Figura 2:



Figură 2. Arhitectura metodologică a studiului de revizuire sistematică.

Sursa: (Vizitiu, Dinculescu et al., 2025).

Detaliat, obiectivul 1 a fost îndeplinit prin următoarele aspecte:

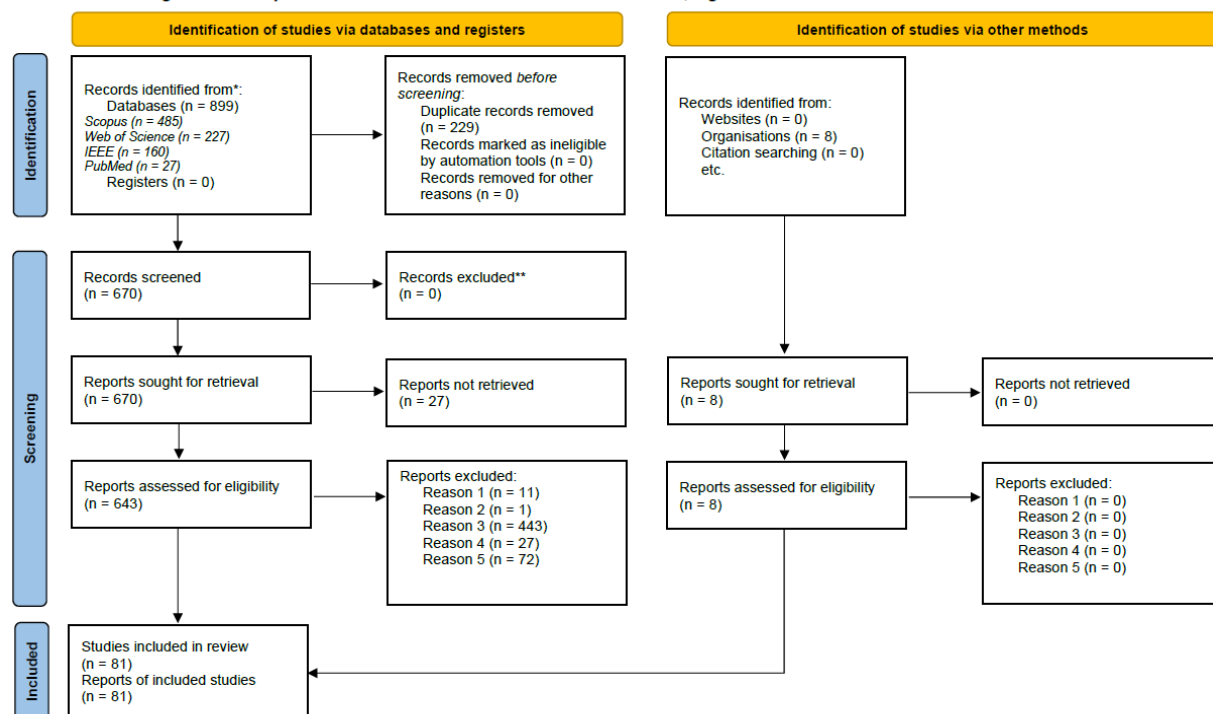
- Delimitarea domeniului de aplicare și formularea întrebărilor de cercetare;

Studiul a fost structurat în jurul metodei PICO, vizând fazele incipiente ale dezvoltării unui sistem complex (Faza O/A) și concentrându-se pe factori de proiectare, cum ar fi definirea arhitecturii, riscul, costul și colaborarea. Acest lucru a asigurat o direcție de cercetare precisă și delimitată, evidențiind integrarea și impactul MBE și ingineriei concurente în practică.

- Colectarea dovezilor și evaluarea calității;

Au fost efectuate căutări extinse în IEEE, Scopus, Web of Science și PubMed, urmate de blind screening în Rayyan și aplicarea rubricilor de evaluare a calității. Dintr-un set de date inițial mare, au fost păstrate doar studii de înaltă calitate, solide din punct de vedere metodologic, producând o bază de dovezi care a subliniat aplicațiile riguroase ale MBE și ingineriei concurente, mai degrabă decât afirmațiile speculative.

Ilustrarea fluxului de informații privind identificarea studiilor în diferitele etape ale procesului de SR a fost realizată utilizând diagrama PRISMA, conform cadrului metodologic descris în (Page et al., 2021), așa cum este ilustrat în Figura 3.



*Consider, if feasible to do so, reporting the number of records identified from each database or register searched (rather than the total number across all databases/registers).

**If automation tools were used, indicate how many records were excluded by a human and how many were excluded by automation tools.

Source: Page MJ, et al. BMJ 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71.

This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Figură 3. Diagrama PRISMA pentru procesul de selecție a studiilor.

Sursa: (Vizitiu, Dinculescu et al., 2025).

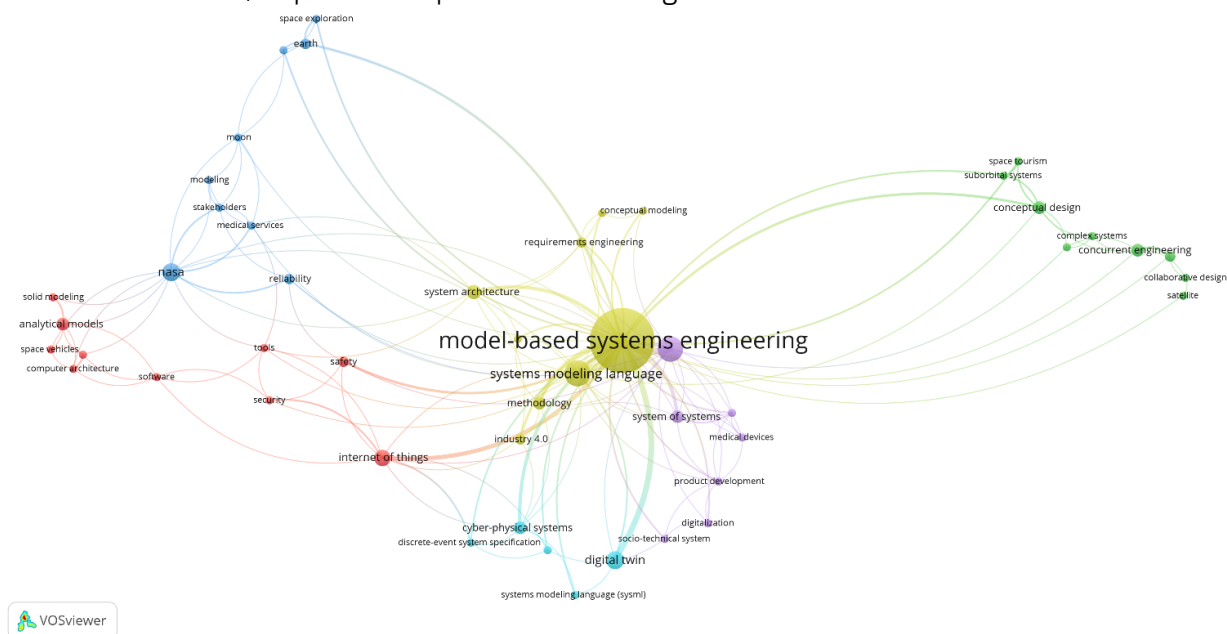
- Extragerea datelor și cartografierea analitică;

Pentru fiecare lucrare selectată, au fost extrase date privind metodologia, domeniul de aplicare, beneficiile raportate, suportul instrumentelor și pregătirea tehnologică. În paralel, analiza bibliometrică cu VOSviewer a cartografiat co-apariția cuvintelor cheie și clusterelor tematice. Acest proces nu numai că a dezvăluit distribuția aplicațiilor MBE și ingineriei concurente în sectoare precum aerospațial, asistență medicală, medii inteligente, dar a expus și tendințele de cercetare emergente (e.g., digital twins, systems of systems) și a confirmat beneficii recurente, cum ar fi cicluri de dezvoltare-integrare-verificare-validare-operaționalizare mai rapide, aliniere mai puternică a părților interesate și trasabilitate îmbunătățită a cerințelor.

Analiza co-existenței termenilor:

Analiza de co-ocurență a fost realizată pornind de la fișierul .RIS pentru a crea hărți de cuvinte cheie pe baza datelor bibliografice, utilizând metoda de numărare integrală (i.e., full counting). La începutul analizei, au apărut 322 de cuvinte cheie, atunci când frecvența a fost setată la 1. Cuvintele cheie au fost analizate astfel încât repetițiile cauzate de sintaxă să nu apară. Astfel, a fost creat un fișier de sinonime care conține 31 de linii de înlocuire. După acest pas, au rămas în listă 292 de cuvinte cheie: 7 cuvinte cheie au îndeplinit pragul de 5 apariții, 13 cuvinte cheie au îndeplinit pragul de 4 apariții, 19 cuvinte cheie au îndeplinit pragul de 3 apariții, iar 49 de cuvinte cheie au îndeplinit pragul de 2 apariții. Analiza de co-ocurență a fost realizată pe 49 de

cuvinte cheie care îndeplineau pragul de apariție de 2 și a rezultat în 6 cluster de 5 până la 10 cuvinte cheie, după cum se poate vedea în Figura 4.



Figură 4. Vizualizarea rețelei de cuvinte cheie.

Sursa: (Vizitiu, Dinculescu et al., 2025).

- Sinteză și constatări consolidate;

Dovezile și rezultatele bibliometrice au fost sintetizate în raport cu factorii de proiectare definiți inițial. Ingineria bazată pe modele și ingineria concurentă au fost comparate cu abordări secvențiale, iar valoarea lor combinată a fost evaluată sistematic. Sinteza a confirmat că integrarea MBE și ingineriei concurente oferă un cadru complementar care accelerează procesele de proiectare în stadiu incipient, îmbunătățește colaborarea și comunicarea, îmbunătățește claritatea arhitecturii sistemului și reduce riscurile și incertitudinile, îndeplinind astfel obiectivul studiului. Clusterelor formate sunt astfel definite:

Cluster 1 – Modele analitice: se concentrează pe utilizarea modelelor analitice, a metodelor de modelare (e.g., UML) și a instrumentelor software pentru a îmbunătăți stabilitatea și securitatea sistemelor complexe (e.g., IoT, vehiculele spațiale).

Cluster 2 – Proiectarea colaborativă a sistemelor complexe: evidențiază rolul ingineriei concurente în dezvoltarea simultană a componentelor sistemului; practicile aplicate în domeniul aerospațial reduc timpul de dezvoltare și îmbunătățesc procesul de integrare a subsistemelor.

Cluster 3 – Explorarea spațiului cosmic și implicarea factorilor interesați: abordează ingineria sistemelor în misiunile spațiale, cu accent pe fiabilitatea sistemelor și implicarea părților interesate pentru succesul misiunilor.

Cluster 4 – Arhitectura sistemelor complexe: se concentrează pe MBSE în dezvoltarea sistemelor complexe, integrând factori umani în procesul de proiectare și asigurând adaptabilitate și scalabilitatea.

Cluster 5 – Digitalizarea sistemelor socio-tehnice: analizează impactul digitalizării în domeniul sănătăţii şi integrarea sistemelor socio-tehnice, subliniind echilibrul dintre complexitatea tehnologică şi acceptabilitatea socială.

Cluster 6 – Sisteme cyber-fizice: se concentrează pe conceptele digitale precum Digital Twin, facilitând simularea interacţiunilor complexe între procesele fizice şi computaţionale în vederea dezvoltării unor sisteme performante şi reziliente.

Obiectivul 2 a fost realizat cu succes, studiul 2 definind şi validând cu succes metodologia Design SynMeth ca o abordare bazată pe ingineria bazată pe modele şi prototipare rapidă. Aplicarea metodologiei propuse în cazul IoT Well-Being a confirmat eficienţa metodologică, arătând faptul că Design SynMeth permite prototiparea rapidă, menţine consecvenţa între modele şi oferă o cale structurată pentru a aborda sisteme socio-tehnice complexe, de la cerinţe la arhitectură, implicând în acelaşi timp părţile interesate în mod eficient.

Realizarea Obiectivului 2 a urmat un set de etape structurate în care mijloacele metodologice (principiile Design SynMeth) şi rezultatele practice (implementarea studiului de caz IoT) au evoluat în paralel.

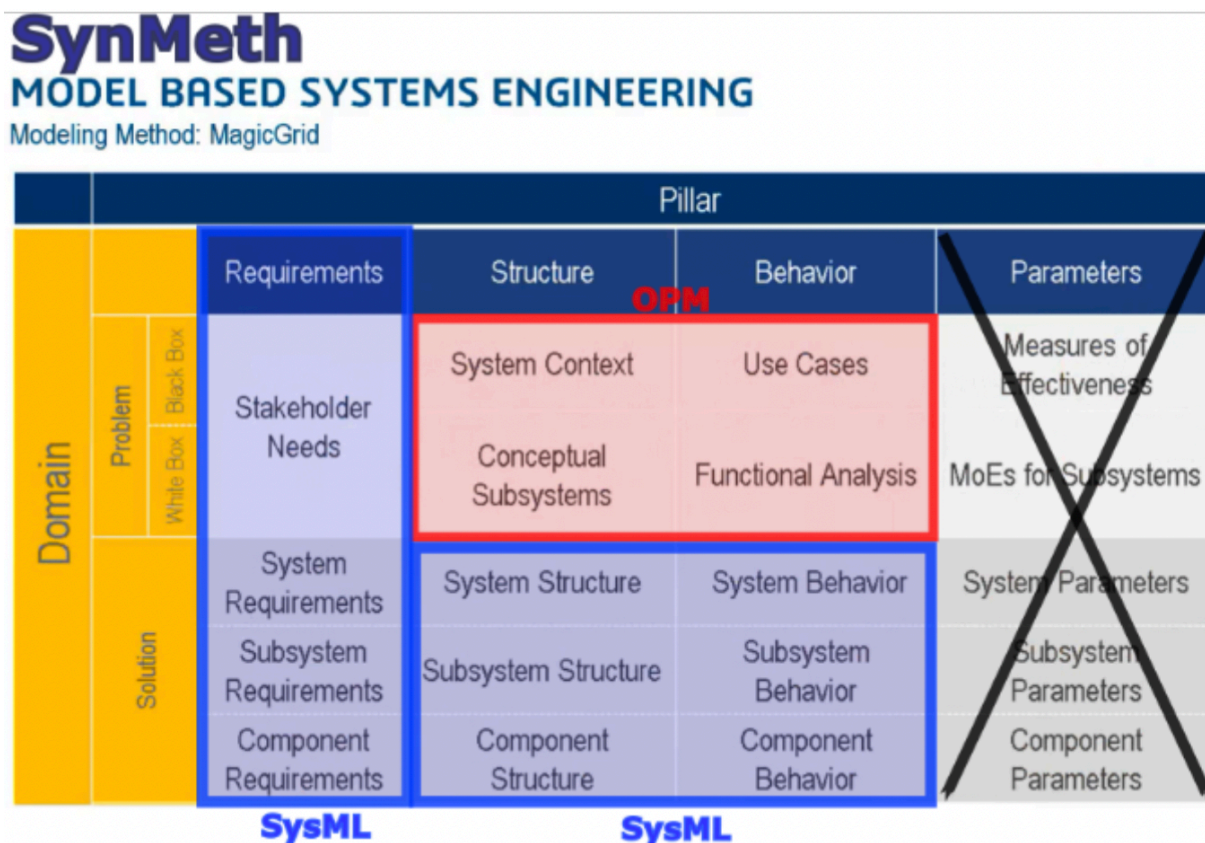
În fluxurile de dezvoltare tradiţionale, prototiparea se realizează folosind instrumente flexibile, care permit iteraţii rapide şi experimentare pentru a rafina funcţionalitatea, utilizabilitatea şi interacţiunea utilizatorului. Totuşi, aceste instrumente de prototipare nu oferă adesea precizia şi structura necesare pentru o validare formală a sistemului. Pentru a valida complet prototipul, dezvoltatorii trebuie să transfere designul şi detaliile sale funcţionale într-un limbaj formal de modelare a sistemelor, precum SysML, unde pot aplica procese riguroase de verificare şi validare pentru a se asigura că sistemul respectă toate cerinţele şi constrângerile tehnice. Aşadar, una dintre provocările principale în integrarea prototipării cu modelarea sistemelor constă în necesitatea de a desfăşura prototiparea ca o fază separată şi iterativă, urmând apoi să se „traducă” prototipul final într-un limbaj de modelare a sistemelor pentru a efectua validarea.

Un dezavantaj potenţial major al acestei abordări de transpunere a actualizărilor prototipului în modelul ingineresc de proiectare este că, dacă modelul tradus nu trece de validare, fie din cauza unor cerinţe de performanţă neîndeplinite, a unor interacţiuni neprevăzute sau a unor vulnerabilităţi de securitate, întregul proces trebuie repetat. O altă provocare a acestei abordări multi-fazice este că întrerupe trasabilitatea cerinţelor şi a modificărilor. Atunci când prototipurile sunt ajustate în urma feedbackului utilizatorilor sau a testării, aceste modificări pot să nu fie documentate complet în modelul formal al sistemului, ceea ce duce în lacune în înţelegere atunci când se revine la faza de modelare a sistemului.

În cele din urmă, combinarea prototipării cu modelarea sistemului într-un mod fragmentat generează volum suplimentar de muncă şi ineficienţă în metodologie. Fiecare fază

trebuie finalizată separat, necesitând traducere, revalidare și posibile cicluri de reproiectare pentru a asigura alinierea prototipului cu cerințele modelului formal. Această lipsă de integrare între instrumentele de prototipare sistem și metodologiile curente MBSE creează întârzieri semnificative și o complexitate crescută în obținerea unui sistem validat și pregătit pentru producție pentru dezvoltatorii de IoT.

Pentru a eficientiza dezvoltarea IoT, este necesară o abordare mai coerentă care să permită desfășurarea prototipării și a modelării sistemului într-un cadru unificat, minimizând pașii de transpunere și sprijinind validarea directă a prototipurilor iterative. Metodologia propusă în acest studiu, intitulată Design SynMeth, implementează unificarea prototipării cu modelarea inginerescă în baza cadrului de lucru MagicGrid, cadru modificat pentru a susține viziunea hibridă a prototipării rapide cu ingineria precisă. Astfel, cadrul de lucru MagicGrid este modificat după cum urmează în Figura 5.



Figură 5. Definirea metodologiei Design SynMeth în cadrul MagicGrid modificat.

Sursa: (Vizitiu, Dominey, Nistorescu et al., 2025). Sursa imagine pe baza căreia s-a lucrat: (Aleksandravičienė & Morkevičius, 2021).

Metodologia propusă, Design SynMeth (Vizitiu, Dominey, Nistorescu et al., 2025), propune realizarea unor modificări structurale în cadrul cadrului de lucru din literatură, MagicGrid, explicate mai jos în detaliu și reprezentate vizual în Figura 35. Fiecare dintre cei patru piloni ai MagicGrid, care sunt în mod tradițional exprimați atât în domeniul problemei, cât și în

cel al soluției, împreună cu diagramele SysML asociate, vor fi luați în considerare în cadrul Design SynMeth.

Toate aspectele păstrate, modificările și considerațiile vor fi analizate în secțiunea următoare:

- i. Pilonul MagicGrid Requirements va rămâne nemodificat.
- ii. În domeniul problemei, pilonii de structura și de comportament sunt combinați pentru a forma faza de prototipare rapidă, aspect care reprezintă inovația centrală a metodologiei Design SynMeth;
- iii. În domeniul soluției, Design SynMeth aderă la separarea originală a structurii și comportamentului din MagicGrid, utilizând diagrame SysML pentru a reprezenta cu precizie fiecare aspect. Dacă domeniul problemei este destinat arhitecților, domeniul soluției este destinat inginerilor. Acesta este locul în care proiectarea conceptuală dezvoltată prin diagrame OPD, devine fezabilă, verificabilă și optimizată;
- iv. Pilonul structurii este modelat cu diagrame de definire blocuri și blocuri interne aparținând SysML, care definesc componentele sistemului, relațiile dintre ele și configurația fizică. Pilonul comportamental este reprezentat prin diagrame de activitate, diagrame de secvență și diagrame de mașină de stări aparținând de asemenea SysML, care surprind interacțiunile dinamice, fluxurile de lucru și stările sistemului;
- v. Pilonul parametrilor aparținând SysML a fost eliminat atât din domeniul problemei, cât și din domeniul soluției, pentru a simplifica procesul de modelare. În aplicațiile tradiționale ale MBSE, diagramele parametrice SysML sunt esențiale pentru definirea constrângerilor specifice și a metricilor de performanță, însă în dezvoltarea IoT acestea adesea doar adaugă volum și complexitate, încetinind procesul de prototipare. Mai mult, în cazul dispozitivelor IoT de dimensiuni reduse, aceste diagrame sunt adesea considerate excesive.

Metodologia a constat în următorii pași:

- Formularea cadrului metodologic

Definirea metodologiei avansate în domeniul MBE, Design SynMeth, prin integrarea SysML, OPM și MagicGrid într-un flux de lucru structurat care acoperă colectarea cerințelor, descompunerea componentelor de formă, modelarea structurală și funcțională. Rezultatul a constat în dezvoltarea unei metodologii de modelare coerentă capabilă să reprezinte sisteme socio-tehnice dincolo de limitele unui singur limbaj de modelare.

- Aplicație la studiu de caz (IoT mHealth Well-Being Sol)

Aplicarea DesignSynMeth la un sistem de viață asistată activă bazat pe IoT, integrând monitorizarea CRT și GSR, ca sistem de interes. S-a dovedit că Design SynMeth este o metodologie agnostică din punct de vedere al mijloacelor de implementare, capabilă să capteze funcții esențiale și să modeleze arhitecturi independente de tehnologiile specifice.

- Modelarea cerințelor și funcțiilor

OPM aplicat pentru modelare conceptuală și funcțională, SysML pentru cerințe și defalcare a sistemului, integrate ambele în cadrul MagicGrid. Rezultatul a creat modele trasabile care leagă

cerințele cognitive/fiziologice de funcțiile și componentele sistemului, asigurând alinierea între nevoi și soluții.

- Metodologie de prototipare rapidă

Incorporarea unui ciclu rapid de prototipare în metodologie, permițând testarea iterativă a conceptelor de sistem, a fluxurilor de date și a interacțiunilor utilizatorilor în cadrul modelării. Rezultatul a permis validarea timpurie a părților interesate, a redus riscul de cerințe nealinate și a accelerat tranziția de la modele abstracte la prototipuri practice.

- Validare prin feedback utilizator și domeniu

S-a efectuat validarea participativă cu seniori și îngrijitori/tutori, verificând gradul de utilizare și alinierea la obiectivele vieții independente. S-a demonstrat că metodologia propusă, Design SynMeth, se remarcă prin rigoare tehnică și eficiență în contexte de proiectare participativă, contribuind la îmbunătățirea comunicării dintre ingineri și utilizatorii finali.

Obiectivul 3 a fost realizat cu succes, demonstrând fezabilitatea și eficacitatea unui sistem CRT bazat pe IoT în cadrul studiului 3.

Obiectivul principal al acestei cercetări a constat în determinarea diferențelor în timpul de reacție și rata de acuratețe între două categorii de participanți: (a) na-MCI și SCD; (b) a-MCI-MD și a-MCI, folosind un dispozitiv conceput special în acest scop.

Ipotezele și metodologia de cercetare propuse conform (Vizitiu, Stara et al., 2024) sunt:

H1. Există o diferență semnificativă în timpul de reacție între cele două grupuri comparate?

H2. Există o diferență semnificativă în rata de acuratețe între cele două grupuri comparate?

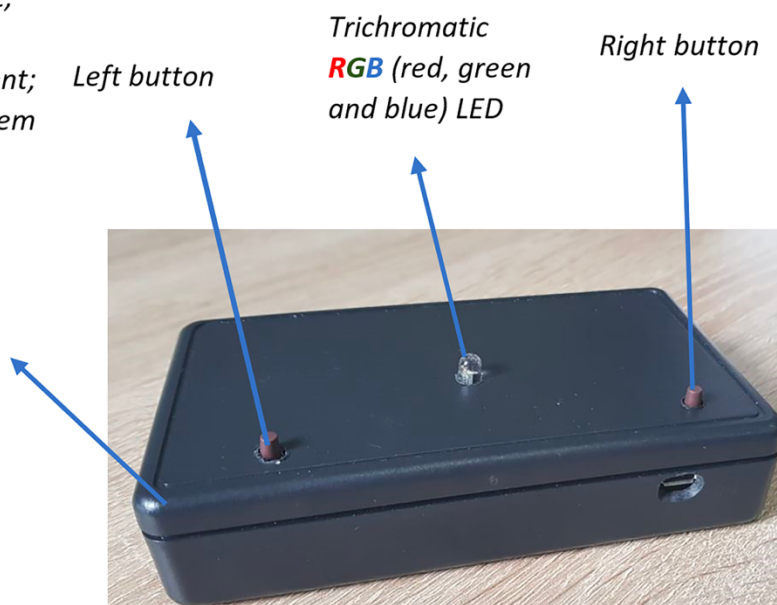
H3. Sunt aceste diferențe predictive pentru o fază preclinică a demenței?

Metodologia vizează un studiu pilot pentru a testa ipotezele. Treizeci și cinci (35) de adulți seniori au participat voluntar la o evaluare de două zile. Două abordări principale au fost luate în considerare simultan:

- MMSE (Folstein, Folstein & McHugh, 1975), un test neuropsihologic pentru evaluarea deficiențelor cognitive ușoare. Testul constă în 30 de întrebări cu referire la diverse arii cognitive: orientare în timp și spațiu, memorarea unor cuvinte, atenție și calcul, rememorare, limbaj și praxie constructivă. Scorul total variază între un minim de 0 și un maxim de 30 de puncte. Un scor între 26 și 30 indică o stare cognitivă normală. Scorul este ajustat cu un coeficient în funcție de vârstă și nivel de școlarizare.

- Prototipul propus de testare CRT definit și dezvoltat în cadrul proiectului SAVE (AAL Programme, 2024), cofinanțat de Comisia Europeană prin programul AAL, în cadrul Institutului de Științe Spațiale-Filiala INFLPR, în echipa condusă de către dl Cristian Vizitiu, autorul acestei teze de doctorat. Dispozitivul CRT poate fi observat în Figura 6.

- **CRT** component;
- communication system component;
- processing system component;
- power supply component.



Figură 6. Dispozitivul CRT.

Sursa (Vizitiu, Stara et al., 2024).

Parametrii pe care dispozitivul CRT îi extrage din fiecare sesiune a subiectului sunt descrişi mai jos:

- Timp de reacţie: timpul scurs între activarea LED-ului şi apăsarea corectă a butonului, măsurat în milisecunde (ms);
- Răspunsuri greşite roşu: numărul de runde în care subiectul a apăsă butonul dreapta (R) înainte de butonul stânga (L) în timpul alocat după activarea LED-R;
- Răspunsuri corecte roşu: numărul de runde în care subiectul a apăsă butonul stânga (L) în timpul alocat după activarea LED-R;
- Răspunsuri greşite albastru: numărul de runde în care subiectul a apăsă butonul stânga (L) înainte de butonul dreapta (R) în timpul alocat după activarea LED-B;
- Răspunsuri corecte albastru: numărul de runde în care subiectul a apăsă butonul dreapta (R) în timpul alocat după activarea LED-B;
- Răspunsuri greşite verde: numărul de runde în care subiectul a apăsă butonul dreapta (R) înainte de butonul stânga (L) în timpul alocat după activarea LED-G;
- Răspunsuri corecte verde: numărul de runde în care subiectul a apăsă butonul stânga (L) în timpul alocat după activarea LED-G;
- Total răspunsuri corecte: numărul total de runde în care subiectul a apăsă butonul corespunzător corect în timpul alocat după activarea LED-ului;
- Total răspunsuri greşite: numărul total de runde în care subiectul a apăsă butonul incorect înainte de butonul corect în timpul alocat după activarea LED-ului.

Eşantionul a fost format din 35 de participanţi (11 bărbaţi şi 24 de femei), cu vârste între 61 şi 85 de ani, vârsta medie fiind de $73,4 \pm 5,4$ cu deviaţia standard (DS); majoritatea

vârstnicilor (60%) aveau studii medii, 20% aveau studii primare, iar restul 20% aveau studii superioare (universitare sau postuniversitare); scorul mediu obținut la MMSE a fost de $27,7 \pm 1,6$ DS, iar cel al atenției din MMSE a fost de $4,6 \pm 0,5$ DS; participanții au fost împărțiți în două categorii diferite: (a) 17 subiecți aparținând grupului SCD și na-MCI și (b) 18 subiecți aparținând grupului a-MCI și a-MCI-MD, clasificare propusă de psihologii care au supravegheat studiul, pe baza expertizei și experienței lor clinice.

Din punct de vedere al testării ipotezelor conform (Vizitiu, Stara et al., 2024):

- Pentru ipotezele H1 și H2, s-a realizat o analiză statistică pentru a evidenția diferențele statistice semnificative între cele două grupuri de subiecți, H1 referindu-se la variabila timpului de reacție, iar H2 la variabila ratei de acuratețe. Coeficientul de corelație Pearson a fost determinat pentru a analiza relația dintre timpul de reacție și scorurile MMSE, precum și dintre rata de acuratețe și scorurile MMSE. A fost efectuat un test Mann-Whitney pentru a compara rata de acuratețe și timpul de reacție între cele două grupuri. Un nivel de semnificație de 0,05 a fost considerat un nivel semnificativ în analiza statistică.

- Pentru ipoteza H3, a fost evaluată performanța unor clasificatori de învățare automată antrenați pentru detectarea automată a celor două categorii de participanți. Datele considerate pentru dezvoltarea unui instrument automat de diagnostic cognitiv au inclus aspecte legate de vârstă, sex, nivel de educație, scor MMSE, scor de atenție MMSE, statistici CRT (numărul de răspunsuri greșite și corecte, timpul minim, maxim și mediu de răspuns, abaterea standard pentru fiecare culoare de lumină, respectiv roșu, verde, albastru) și diagnosticul cognitiv. Clasificatorii au fost dezvoltați utilizând MATLAB – Classification Learner Tool și un cod pentru analiza componentelor principale (Principal Component Analysis – PCA) adaptat dintr-un tutorial PCA preluat din studiul realizat de GeeksforGeeks (2018).

Componentele cheie care au condus la această realizare sunt:

- Proiectarea dispozitivelor și integrarea IoT

A fost creat un dispozitiv CRT portabil și ușor cu stimuli LED RGB, butoane tactile, conectivitate wireless și randomizare încorporată. Acest lucru a permis captarea datelor în timp real și transmiterea în cloud, asigurând monitorizarea continuă dincolo de evaluările episodice.

- Studiu-pilot și achiziție de date:

Un studiu pilot de două zile cu 35 de adulți în vârstă (61-85 de ani) a măsurat timpii de reacție, acuratețea și au colectat date demografice. Datele au arătat diferențe semnificative între grupurile cognitive, cum ar fi timpii de reacție mai lungi la lumina albastră ($p = 0,042$), confirmând faptul că dispozitivul poate discrimina eficient între grupuri cognitive distincte.

- Validare statistică

Testele non-parametrice au confirmat corelații inverse între timpul de reacție și starea cognitivă ($R \approx -0,464$) și diferențe semnificative de grup în performanța de acuratețe ($p = 0,056$), indicând că răspunsurile mai lente și acuratețea redusă sunt asociate cu tulburări cognitive mai severe. Semnificația lui $p = 0,042$ sugerează că probabilitatea de a observa astfel

de diferenţe de timp de reacţie din întâmplare este sub 5%, oferind dovezi puternice că sarcina CRT reflectă adevăratele distincţii cognitive ale grupurilor.

- Învăţare automată şi modelare predictivă

Folosind caracteristici din datele CRT şi demografice, clasificatori precum SVM, RUSBoosted Trees şi K-Nearest Neighbors (KNN) au fost antrenaţi să prezică categoriile cognitive. Dintre acestea, RUSBoosted Trees a obţinut cea mai mare acurateţe de clasificare de 77,1%, demonstrând performanţe predictive robuste în identificarea persoanelor cu demenţă preclinică sau deficite cognitive uşoare. RUSBoosted Trees a obţinut cea mai mare acurateţe de clasificare, deoarece a gestionat eficient setul de date mic, uşor dezechilibrat şi a capturat relaţii complexe, neliniare între timpul de reacţie, acurateţea şi caracteristicile demografice, îmbunătăţindu-şi capacitatea de a distinge diferenţele cognitive subtile.

- Relevanţă clinică

Studiul reprezintă o iniţiativă pionieră în integrarea evaluării CRT într-o platformă reală bazată pe IoT, transformând screeningul cognitiv într-un proces continuu, automatizat şi scalabil. Această inovaţie poziţionează dispozitivul ca un instrument valoros pentru detectarea timpurie, monitorizarea continuă şi îngrijirea cognitivă personalizată.

Obiectivul 4 a fost realizat, de asemenea, cu succes prin integrarea a două direcţii tehnologice complementare, fiecare contribuind cu activităţi şi rezultate specifice, prin intermediul desfăşurării studiului 4, respectiv studiului 5.

Studiul 4 a avut scopul este de a simula transpiraţia umană în condiţii de stres ridicat prin integrarea datelor fiziologice, psihologice, precum şi ale mediului înconjurător. Metodologia a vizat arhitectura sistemului este dezvoltată prin limbaje de modelare MBSE, în deosebi prin OPM.

Componentele cheie care au condus la această realizare s-au înscris în:

- Arhitectură de geamăn digital pentru optimizarea performanţei umane

Activităţile au inclus definirea unei arhitecturi scalabile de gemeni digitali, modelarea mecanismelor de transpiraţie şi integrarea datelor fiziologice pentru a simula răspunsurile în condiţii de stres. Rezultatele au demonstrat capacitatea sistemului de a prezice modelele anormale de transpiraţie şi de a le pune în conexiune cu indicatorii de performanţă cognitivă şi fizică, permiţând intervenţii ţintite şi optimizarea performanţei în profesiile cu stres ridicat.

- Simularea conceptuală a gemenilor digitali şi cadrul de aplicare

Studiul a proiectat conceptual un cadru de gemeni digitali care vizează simularea şi interpretarea dinamicii fiziologice, cum ar fi transpiraţia, bazându-se pe modele de simulare fizică validate raportate în literatură. În cadrul acestei arhitecturi teoretice, au fost prezentate capacităţi predictive pentru a demonstra modul în care gemenii digitali ar putea integra date de mediu, fiziologice şi psihologice pentru a sprijini procesele de luare a deciziilor în domeniul sănătăţii, managementul stresului şi optimizarea performanţei umane.

Studiul 5 a avut scopul de înţelegere aprofundată a organizării facilităţilor de inginerie concurentă (Concurrent Design Facilities -CDFs) internaţionale, dar şi a principiilor de funcţionare prin definirea nevoilor generale, cerinţelor funcţionale din prisma instrumentelor software şi hardware în accelerarea procesului de proiectare, cât şi prin abordarea arhitecturii Sol. Astfel, cercetarea sintetizează o analiză a nevoilor şi cerinţelor specifice utilizatorului, ca un proces de bază şi totodată declanşator în definirea şi modelarea unei arhitecturi ample de sistem pentru un CDF specific şi unic în Europa de sud-est.

Utilizând standardele de lucru specifice ingineriei sistemelor complexe, cercetarea surprinde în prealabil nevoile utilizatorilor din domeniul spaţial care întreprind studii interdisciplinare (e.g., medicină spaţială, HSC, aplicaţii terestre utilizând tehnologii spaţiale în vederea definirii şi dezvoltării de aplicaţii în sfera sănătăţii şi securităţii umane).

Un CDF oferă mediul ideal pentru gestionarea complexităţii generate de integrarea simultană a mai multor subsisteme medicale, tehnologice şi operaţionale, deoarece permite colaborarea în timp real şi dezvoltarea simultană a componentelor sistemului. Spre deosebire de abordarea tradiţională, în care subsistemele sunt proiectate separat şi integrate abia la final, ceea ce poate genera probleme de compatibilitate şi costuri suplimentare, lucrul într-un CDF permite echipelor să colaboreze încă de la început utilizând MBE, să rezolve rapid eventualele conflicte şi să menţină coerenţa între componentele medicale, ingineresti şi operaţionale.

Analiza nevoilor generale ale CDF ajută ulterior la identificarea cerinţelor şi la pregătirea unui plan potrivit pentru implementarea facilităţii bazate pe inginerie concurentă. Astfel, sunt prezentate nevoile generale CDF şi legătura lor cu cerinţele de bază necesare pentru realizarea unui astfel de centru.

Definirea unui CDF, având la bază studiul nevoilor şi cerinţelor din subcapitolele anterioare, constituie un fundament al dezvoltării de arhitectura de sistem de interes prin furnizarea unei imagini de ansamblu a complexităţii CDF. Astfel, arhitectura multietajată dezvoltată conform (Vizitiu, Turcin, Dominey et al., 2025) prezintă comprehensiv elementele componente, legături structurale şi interfeţe corespunzătoare procesului şi echipei multidisciplinare în susţinerea proiectării preliminare şi a evaluării fezabilităţii sistemelor şi misiunilor de interes. Utilizând MBSE şi ingineria concurentă, CDF are un rol substanţial în special în fazele preliminare ciclului de viaţă al sistemului de interes, Pre-Phase A (studii conceptuale) şi Phase A (definirea de sistem şi fezabilitate). Elaborarea arhitecturii de sistem CDF s-a realizat prin metodologia OPM standardizată ISO19450, prin abordare duală grafică de tip diagrame obiect-proces (OPD) şi text de tip limbaj obiect-proces (Object-Process Language – OPL), implementată prin OPCAT v4.2, versiune academica pentru modelarea sistemelor complexe.

- Definire CDF

O arhitectură CDF a fost dezvoltată folosind o abordare de MBE, integrând fluxuri de lucru multidisciplinare şi permiţând proiectarea colaborativă în timp real. Rezultatele au arătat

reduceri semnificative ale timpului de dezvoltare, trasabilitate îmbunătățită a deciziilor de proiectare și adaptabilitate sporită a sistemului, în special în aplicațiile de sănătate și securitate în misiuni spațiale.

- Automatizare adaptivă în proiectarea sistemelor de interes complexe

Integrarea de inteligență artificială, IoT și automatizarea proceselor robotice în CDF a permis luarea deciziilor autonome, iterarea rapidă și optimizarea proceselor de inginerie. Acest lucru a dus la o mai bună planificare a misiunilor, evaluarea riscurilor și validarea la nivel de sistem, demonstrând un potențial puternic atât pentru contextele aerospațiale, cât și pentru cele industriale.

Studiile 4 și 5 prezintă o abordare care evidențiază potențialul modelării digitale bazate pe modele pentru a ghida dezvoltarea sistemelor inteligente de ultimă generație și pentru a servi drept cadru fundamental pentru viitoarele cercetări aplicate și implementările în lumea reală.

În continuarea analizei detaliate a realizării obiectivelor, se prezintă sintetic corelarea dintre obiectivele tezei, studiile dezvoltate și contribuțiile științifice publicate:

- Obiectivul 1 este abordat în cadrul analizei sistematice și al fundamentării metodologice din subcapitolul 5.1, fiind susținut de rezultatele publicate în (Vizitiu, Dinculescu et al., 2025), care evidențiază integrarea ingineriei concurente și a abordărilor MBE în dezvoltarea sistemelor complexe.
- Obiectivul 2 este realizat prin definirea și validarea metodologiei hibride Design SynMeth, prezentată în capitolul 5, rezultatele fiind corelate cu studiul de caz publicat în (Vizitiu, Dominey et al., 2025), care demonstrează aplicabilitatea metodologiei în dezvoltarea rapidă de prototipuri pentru sisteme IoT complexe.
- Obiectivul 3 este tratat în capitolul 6, prin definirea, dezvoltarea și validarea prin studiu pilot a unui sistem IoT pentru evaluarea cognitivă, fiind susținut de contribuțiile prezentate în (Vizitiu, Stara et al., 2024), care evidențiază atât implementarea, cât și validarea sistemului prin analiză statistică modelare predictivă.
- Obiectivele 4 și 5 sunt abordate în capitolul 7, prin definirea și modelarea arhitecturilor pentru tehnologii emergente. Subcapitolul 7.1 dezvoltă un sistem de tip digital twin pentru fiziologia transpirației, în corelație cu rezultatele din (Vizitiu, Turcin et al., 2024), iar subcapitolul 7.2 definește o facilitate de inginerie concurentă cu automatizare adaptivă, extinzând contribuțiile din (Vizitiu, Turcin et al., 2025).

În ansamblu, obiectivele tezei sunt atinse printr-o abordare progresivă, în care studiile teoretice, dezvoltările metodologice și aplicațiile experimentale sunt susținute și validate prin lucrări științifice, evidențiind coerența dintre cercetarea realizată și rezultatele obținute.

Rezultatele originale, concluziile, contribuţii la domeniul ştiinţific şi relevanţa.

Teza se înscrie în contextul complexităţii crescute a sistemelor TIC, caracterizate prin interdependenţe multiple şi o dinamică evolutivă, care depăşesc limitele abordărilor secvenţiale clasice. În acest context, complexitatea reprezintă problema centrală, care impune adoptarea unor abordări capabile să gestioneze simultaneitatea activităţilor şi integrarea multidisciplinară. Astfel, ingineria concurentă, bazată pe desfăşurarea simultană şi coordonată a activităţilor pe întreg ciclul de viaţă al sistemului, oferă cadrul de proces necesar pentru integrarea informaţiei între discipline. În acest sens, MBE este utilizat ca un cadru metodologic care susţine dezvoltarea şi integrarea arhitecturilor într-un mod coerent şi trasabil, oferind suportul necesar pentru gestionarea complexităţii, iar MBSE fiind util în mod complementar, ca portofoliu de metodologii şi tehnici. Această integrare holistă permite definirea coerentă a sistemelor socio-tehnice complexe, incluzând aplicaţii din domenii precum tehnologii asistive şi telemedicina tip IoT pentru persoane cu MCI, digital twins pentru procese fizilogice umane, sisteme de inginerie concurentă cu automatizare adaptivă, evidenţiind capacitatea abordării propuse de a susţine proiectarea şi implementarea unor soluţii de performanţă umană centrate pe utilizatori, scalabile şi adaptabile.

Cercetarea generală prezentată în această lucrare urmează o strategie de dezvoltare piramidală, construind progresiv de la analiza teoretică fundamentală la modelarea aplicată, validarea şi conceptualizarea avansată a sistemelor. Această abordare în mai multe etape reflectă complexitatea proceselor moderne de inginerie şi rolul critic al MBE şi al ingineriei concurente în activarea acestora. Începând cu studiul 1, cercetarea a stabilit bazele teoretice prin investigaţii ample şi sistematice de literatură a stadiului actual al tehnologiei şi evidenţierea contribuţiilor MBE şi ingineriei concurente în fazele timpurii ale ciclului de viaţă al sistemului. Această etapă nu numai că a demonstrat potenţialul acestora pentru eficienţă şi reducerea riscurilor în dezvoltarea sistemelor complexe, dar a servit şi drept piatră de temelie conceptuală pentru toate studiile ulterioare.

Bazându-se pe această fundaţie, Studiul 2 a avansat cercetarea de la teorie la aplicaţie prin dezvoltarea şi validarea metodologiei Design SynMeth, o nouă abordare bazată pe ingineria bazată pe modele pentru prototiparea accelerată. Implementarea sa cu succes în dezvoltarea unui dispozitiv mHealth IoT a validat capacitatea metodologiei de a integra cerinţele, de a menţine consecvenţa modelului şi de a accelera ciclurile de proiectare, asigurând în acelaşi timp alinierea părţilor interesate. Acest rezultat a evidenţiat valoarea MBE nu numai ca şi cadru teoretic, ci şi ca facilitator practic pentru procesele agile, structurate şi trasabile de inginerie a sistemelor.

Următoarele etape s-au concentrat pe integrare, validare şi modelare tehnologică emergentă. Studiul 3 a extins cercetarea în tehnologia medicală aplicată, demonstrând fezabilitatea detectării tulburărilor cognitive bazate pe IoT prin validare pilot, analiză a datelor şi clasificare a învăţărilor automate. Acest studiu a redus decalajul dintre proiectarea conceptuală

a sistemului şi implementarea în lumea reală, oferind dovezi critice ale modului în care dezvoltarea aprofundată a MBE poate oferi tehnologii de sănătate funcţionale, bazate pe date.

Studiul 4 şi studiul 5 au extins apoi domeniul de aplicare în arhitecturi de sistem orientate spre viitor prin explorarea modelării gemenilor digitali pentru procesele fiziologice umane şi conceptualizarea unui cadru colaborativ CDF pentru automatizare adaptivă. Aceste studii au demonstrat modul în care principiile MBE şi ingineriei concurente pot fi aplicate pentru a modela sisteme complexe, adaptive şi interconectate, permiţând simularea avansată, optimizarea continuă şi co-proiectarea multidisciplinară în domenii precum asistenţa medicală, aerospaţială şi automatizarea industrială.

Împreună, cele cinci studii formează o cale metodologică şi tehnologică coerentă, de la fundamente conceptuale la validarea prototipurilor şi la arhitecturi digitale complexe. Această abordare piramidală confirmă robusteţea şi adaptabilitatea MBE şi ingineriei concurente ca paradigme centrale pentru ingineria sistemelor socio-tehnice de ultimă generaţie, capabile să abordeze atât provocările actuale, cât şi nevoile emergente în medii din ce în ce mai complexe, bazate pe date şi centrate pe om.

Studiul 1: Concluziile fundamentării sistemice

De-a lungul analizei de literatură, cât şi a celei bibliometrice, un punct forte îl constituie faptul că dovezile de cercetare au fost selectate şi evaluate în diferite etape de către mai mulţi recenzori folosind software actualizat dezvoltat special în acest scop (i.e., rayyan.ai). În ceea ce priveşte incertitudinile şi conflictele din aceste etape, recenzorii au stabilit consimţământul prin discuţii în faza de selecţie şi extragerea datelor, şi mai puţin în domeniul evaluării calităţii metodologice unde scorurile au fost mediate matematic. Un alt punct forte al acestui studiu a apărut datorită extinderii constatărilor de către autori printr-o analiză bibliometrică legată de cele mai relevante cuvinte cheie din domeniu, precum şi o analiză a interacţiunilor acestora şi a clusterelor de autori relevante care au publicat lucrări în domeniile vizate discutate mai sus.

Limitările sunt legate de faptul că 27 de articole (4,25% din articole) nu au putut fi descărcate. Autorii au luat în considerare 2 articole (o lucrare de conferinţă şi o lucrare de jurnal) ca duplicate în timpul etapei de screening, determinând textul ca fiind foarte similar şi incluzând doar o singură lucrare de jurnal (Menshenin şi Crawley, 2019). O caracteristică care a îngreunat dezvoltarea studiului este gama relativ largă de articole găsite datorită căutării în baze de date efectuate fără restricţii de timp şi într-o gamă largă de domenii.

Acest studiu de tip SR împreună cu analiza bibliometrică au evidenţiat eficienţa MBSE şi ingineriei concurente în etapele timpurii ale ciclului de viaţă al sistemelor complexe, subliniind modul în care aceste metodologii optimizează factorii de design şi ajută la minimizarea riscurilor şi optimizarea performanţei în etapele ulterioare ale proiectului. De asemenea, abordările bazate pe MBSE îmbunătăţesc rezultatele proiectului prin creşterea eficienţei,

facilitarea colaborării între disciplinele de inginerie şi reducerea riscurilor legate de erori, termenele de livrare şi problemele de trasabilitate.

Analiza bibliometrică a identificat clustere care reflectă stadiul actual şi tendinţele în proiectarea concurentă şi ingineria sistemelor. Aceste clustere au subliniat importanţa colaborării, fiabilităţii şi tehnologiilor avansate de modelare cu aplicabilitate în diverse domenii, cum ar fi aerospaţial, sănătate şi viaţă activă şi asistată.

În plus, studiul a demonstrat că MBSE este esenţială pentru îmbunătăţirea trasabilităţii şi integrării elementelor complexe ale sistemelor pe tot parcursul ciclului lor de viaţă. Implementarea acestor abordări, exemplificată prin utilizarea lor de către NASA, ajută la consolidarea fiabilităţii şi eficienţei sistemelor, mai ales în domenii unde performanţa şi siguranţa sunt esenţiale, precum în misiunile spaţiale sau în domeniul sănătăţii, mai ales în fazele timpurii ale ciclului lor de viaţă.

Se poate astfel sublinia tendinţa către abordări integrate în ingineria sistemelor, necesare pentru a face faţă provocărilor dezvoltării sistemelor complexe şi interconectate, care necesită imperios soluţii inovative şi adaptabile. Această direcţie este esenţială pentru îmbunătăţirea performanţei şi rezilienţei sistemelor în proiectele tehnologice complexe.

Studiul 2: Concluzii şi contribuţii la domeniul ştiinţific

Design SynMeth este o metodologie avansată în domeniul MBE, adaptată cadrului MagicGrid, dezvoltată pentru a răspunde cerinţelor specifice ale proiectării sistemelor IoT caracterizate de complexitatea funcţionalităţii, a evaluării cognitive, precum şi interfeţelor adaptate pentru anumite tipuri de utilizatori. Prin implementarea unei abordări hibride care combină agilitatea conceptuală a OPM cu precizia tehnică a SysML, Design SynMeth adaptează structura de bază a cadrului MagicGrid pentru a răspunde provocărilor specifice ale dezvoltării IoT. Această abordare foloseşte OPM în etapele incipiente de proiectare pentru modelare rapidă şi intuitivă şi apoi accede la SysML pentru inginerie detaliată, furnizând un mod eficient de proiectare sisteme IoT stimulând procesul de proiectare vs. modelare.

Plecând de la premisa că rigoarea tehnică MagicGrid este mult prea vastă pentru etapa iniţială de proiectare conceptuală, complet ineficient să creăm mai multe diagrame neintuitive pentru fiecare dintre cei patru piloni MagicGrid (i.e., cerinţe, structură, comportament, parametri), studiul de caz propune înlocuirea domeniului problemei cu domeniul de prototipare iterativă care încurajează designul utilizatorului final, adaptabilitatea în faţa nevoilor în evoluţie ale factorilor interesaţi şi o reţea în continuă schimbare de sisteme externe cu care Sol trebuie să menţină un nivel ridicat de interoperabilitate.

Aşadar, Design SynMeth reprezintă un progres semnificativ în integrarea prototipării rapide cu modelarea precisă a sistemelor pentru aplicaţiile de monitorizare cognitivă via IoT. Prin combinarea flexibilităţii OPM cu rigurozitatea SysML, Design SynMeth oferă o abordare unificată care sporeşte adaptabilitatea şi precizia în proiectarea sistemelor IoT. Deşi primele

aplicații arată rezultate promițătoare, validarea continuă este esențială pentru asigurarea aplicabilității cu succes în diverse contexte reale.

Design SynMeth are potențialul, prin dezvoltări ulterioare de tip software/hardware, de a deveni o metodologie extrem de eficientă pentru proiectarea sistemelor din sfera sănătății și securității umane, susținând autonomia, monitorizarea continuă și facilitând intervențiile rapide.

Următoarea etapă de cercetare în consolidarea Design SynMeth ar putea implica procese de luare a deciziilor în timp real bazate pe învățarea supervizată, aplicate pe datele cognitive și feedback-ul în timp real de la utilizatori și factori interesați, pentru a optimiza chiar cu un grad de automatizare prototipurile rapide.

Studiul 3: Concluzii și contribuții la domeniul științific

În ciuda aspectului exploratoriu, rezultatele cercetării demonstrează faptul că testele CRT pot fi utilizate atât pentru screeningul deficiențelor cognitive ușoare, cât și pentru stratificarea bolilor neurocognitive (ușoare, moderate și severe). În mod similar, testele CRT au potențial ridicat în depistarea deficiențelor funcțiilor mentale superioare în medii de lucru stresante sau în alte circumstanțe fiziopatologice (e.g., deshidratare, hipoglicemie, privare de somn) care pot compromite performanța indivizilor sănătoși.

De asemenea, este subliniat potențialul integrării tehnologiilor IoT cu monitorizarea performanței cognitive, în speță sarcini CRT, pentru a îmbunătăți detecția și managementul MCI la adulții în vârstă. Dezvoltarea și validarea unui dispozitiv CRT portabil, ușor de utilizat, au demonstrat eficiența acestuia în a distinge între diferite niveluri de funcționare cognitivă la adulții în vârstă.

Pilotul a recrutat 35 de participanți cu vârsta de 60 de ani plus, și utilizând un dispozitiv CRT care a măsurat timpii de reacție la stimuli prezentați în culori diferite, a urmărit corelarea acestor timpi cu nivelurile de afectare cognitivă. Analiza statistică a relevat diferențe semnificative în timpii de reacție pentru anumite culori, indicând faptul că dispozitivul CRT poate diferenția eficient capacitățile cognitive ale participanților.

În plus, aplicarea algoritmilor ML a validat suplimentar potențialul dispozitivului CRT ca instrument eficient pentru diagnosticarea automată a MCI. Prin analiza PCA și testarea mai multor clasificatori, cercetarea a identificat modele care au clasificat cu o acuratețe bună participanții în categorii cognitive, fie doar pe baza datelor CRT, fie combinate cu informații demografice.

Rezultatele cercetării subliniază fezabilitatea tehnică a sistemului CRT bazat pe IoT în detectarea timpurie și monitorizarea continuă a MCI la adulții în vârstă. Cercetarea susține colectarea continuă și în timp real a datelor prin intermediul dispozitivelor IoT, astfel generându-se avantaje semnificative față de evaluările cognitive tradiționale, episodice, și totodată oferind o înțelegere mai detaliată și mai profundă a declinului cognitiv.

Studiul 4: Concluzii şi contribuţii la domeniul ştiinţific

Cercetarea prezintă o abordare avansată de modelare a transpiraţiei umane prin integrarea unui model Digital Twin cu un model fizic de simulare a transpiraţiei, SSM. Prin valorificarea tehnologiilor precum ML şi IA generativă, sistemul este capabil să prezică şi să simuleze cu acurateţe modelele de transpiraţie în condiţii de stres ridicat. Această abordare are impact semnificativ în optimizarea sănătăţii şi performanţei umane în profesii critice, unde luarea rapidă a deciziilor şi rezilienţa sunt aspecte deosebit de importante.

Integrarea modelului Digital Twin cu SSM oferă un sistem dinamic şi receptiv, care se poate adapta la condiţii variabil fiziologice, psihologice, precum şi ale mediului înconjurător. Acest lucru permite monitorizarea şi analiza în timp real, facilitând detectarea modelelor anormale de transpiraţie care ar putea indica suprasolicitarea psihică, alte probleme potenţiale de sănătate, cât şi diagnosticarea diferitelor patologii. Funcţionalitatea dublă a SSM, atât ca instrument de validare, cât şi ca dispozitiv fizic de simulare, contribuie în îmbunătăţirea caracteristicilor de acurateţe, fiabilitate, disponibilitate şi mentenabilitate ale sistemului.

Aplicaţiile potenţiale ale acestei tehnologii depăşesc domeniul profesiilor cu stres ridicat. Modelul Digital Twin, prin capacitatea sa de a integra surse de date diverse şi de a îmbunătăţi algoritmi de predicţie, poate fi adaptat pentru utilizare în sănătatea consumatorilor, performanţa sportivă şi gestionarea bolilor cronice.

Studiul 5: Concluzii şi contribuţii la domeniul ştiinţific

Concluziile arată că un flux de lucru CDF adaptat poate oferi o procedură repetabilă, bazată pe dovezi pentru captarea cerinţelor multidisciplinare, cuantificarea reducerii riscurilor medicale şi generarea unei evaluări a impactului trasabile care pot fi utilizate pentru optimizarea proiectării şi operaţiunilor viitoare ale misiunilor. Studiile anterioare au catalogat instrumente individuale de automatizare adaptivă care ar putea fi folosite pentru a îmbunătăţi sănătatea şi siguranţa astronauţilor, dar niciunul nu a oferit un cadru holist de integrare care să lege aceste instrumente de riscurile specifice misiunii. Metoda centrată pe CDF propune să elimine acest decalaj între potenţialul tehnologic şi luarea deciziilor la nivel de sistem, permiţând contribuţii interdisciplinare în cadrul proiectării sistemului de sănătate şi siguranţă în stadiu incipient pentru misiunile spaţiale la scară largă.

Lista de publicații și detalii

1. Dominey, K., Nistorescu, A., Marin, M., **Vizitiu, C.**, Dobre, C. (2026). Human Digital Twin for Astronauts: Integrating Microgravity Stress Testing and AI-Driven Predictive Modeling for Human Health in Space. In: Costin, HN., Magjarevic, R., Petroiu, GG. (eds) Advances in Digital Health and Medical Bioengineering II. EHB 2025. IFMBE Proceedings, vol 144. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-23952-5_2

Caracteristici publicație:

- Lucrare publicată în volumele conferinței 13th International Conference on e-Health and Bioengineering (EHB 2025), 13–14 November 2025, Iași, Romania;
- Proceedings publicat în IFMBE Proceedings Book Series (International Federation for Medical and Biological Engineering);
- IFMB Proceedings indexat în WoS, SCOPUS, SCImago.

2. Nistorescu, A., Marin, M., Dominey, K., Dinculescu, A.C., Dugan, C., **Vizitiu, C.**, and Min, P. (2025) From Search-and-Rescue to Nuclear Scenarios: AI-enabled UAS for Disaster Management, Security, and Ecosystem Monitoring. In: Costin, HN., Magjarevic, R., Petroiu, GG. (eds) Advances in Digital Health and Medical Bioengineering II. EHB 2025. IFMBE Proceedings, vol 144. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-23952-5_3

Caracteristici publicație:

- Lucrare publicată în volumele conferinței 13th International Conference on e-Health and Bioengineering (EHB 2025), 13–14 November 2025, Iași, Romania;
- Proceedings publicat în IFMBE Proceedings Book Series (International Federation for Medical and Biological Engineering);
- IFMB Proceedings indexat în WoS, SCOPUS, SCImago.

3. Min, P., **Vizitiu, C.**, Dugan, C., and Șerbanescu, D. (2025) Case Study on Romania's Nuclear Diplomacy: Balancing Technology and Security in the Context of the Green Transition and Regional Resilience. In: Costin, HN., Magjarevic, R., Petroiu, GG. (eds) Advances in Digital Health and Medical Bioengineering II. EHB 2025. IFMBE Proceedings, vol 144. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-23952-5_17

Caracteristici publicație:

- Lucrare publicată în volumele conferinței 13th International Conference on e-Health and Bioengineering (EHB 2025), 13–14 November 2025, Iași, Romania;
- Proceedings publicat în IFMBE Proceedings Book Series (International Federation for Medical and Biological Engineering);
- IFMB Proceedings indexat în WoS, SCOPUS, SCImago.

4. **Vizitiu, C.**, Turcin, I., Dominey, K., Dinculescu, A., Nistorescu, A., Marin, M., Dugan, C., Moraru, S. (2025). Concurrent Design Facility Definition for Advancing the Integration of Smart Automation in Human Space Applications. În: Mizuyama, H., Morinaga, E., Nonaka, T., Kaihara,

T., von Cieminski, G., Romero, D. (eds.) Advances in Production Management Systems. Cyber-Physical-Human Production Systems: Human-AI Collaboration and Beyond. APMS 2025, Kamakura, Japan, August 31 - September 4, 2025, Proceedings. IFIP Advances in Information and Communication Technology (AICT), vol. 766. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-032-03538-7_8

Caracteristici publicație:

- Lucrare Publicată în seria IFIP AICT – International Federation for Information Processing, editată de Springer.
- Volumele IFIP AICT sunt indexate Scopus și ISI (Web of Science), fiind considerate Proceedings, cât și capitole de carte în volume colective (Springer Proceedings Series).
- Categorie: Capitol de carte / Conference Proceedings (Springer IFIP AICT, Scopus, ISI Proceedings): 44th IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2025, Kamakura, Japan, August 31 - September 4, 2025, Proceedings

5. **Vizitiu, C.**, Dinculescu, A.C., Marin, M.G. et al. (2025). Optimizing Early-Stage Efficiency in Complex System Development via Model-Based Systems Engineering (MBSE) and Concurrent Engineering (CE) Integration. Research in Engineering Design, vol. 36, art. 12 (2025). DOI: <https://doi.org/10.1007/s00163-025-00452-2>

Caracteristici publicație:

- Lucrare Publicată în Jurnalul „Research in Engineering Design” (Springer Nature), revistă științifică internațională Q2.
- Impact Factor (JCR 2023): 2.3, Q2 (Springer Nature, ISI Web of Science).

6. **Vizitiu, C.**, Dominey, K., Nistorescu, A., Dinculescu, A., Marin, M. (2025). mHealth Case Study Presenting Design SynMeth, a Rapid Prototyping MBSE Methodology, by Advancing Specific OPM-to-SysML Mapping. IEEE Access, vol. 13, pp. 53531–53545. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3553945>

Caracteristici publicație:

- Lucrare Publicată în Jurnalul „IEEE Access”, revistă internațională open-access IEEE.
- Impact Factor (2024): 3.6, Q2 (IEEE, ISI Web of Science, Scopus).

7. **Vizitiu, C.**, Stara, V., Antognoli, L. et al. (2024). An IoT-Based Cognitive Impairment Detection Device: A Newly Proposed Method in Older Adults Care—Choice Reaction Time Device Development and Data-Driven Validation. Digital Health, vol. 10 (2024). DOI: <https://doi.org/10.1177/20552076241293597>

Caracteristici publicație:

- Lucrare Publicată în Jurnalul „Digital Health” (SAGE Publishing), revistă internațională interdisciplinară indexată în SCIE, Scopus, PubMed, DOAJ.
- Impact Factor (2023): 3.3, Q2 (SAGE Journals, ISI Web of Science).

8. **Vizitiu, C.**, Turcin, I., Dominey, K. A., Softic, S., Dinculescu, A.-C., Bocăneț, V. I., Dugan, C. and Moraru, S.-A. (2024). Digital Twin Definition for Detecting Abnormal Perspiration Patterns in High-Stress Professions. În: Proceedings of the 23rd RoEduNet Conference:

Networking in Education and Research (RoEduNet 2024), Bucureşti, România, pp. 1–4. DOI: <https://doi.org/10.1109/RoEduNet64292.2024.10722390>

Caracteristici publicaţie:

-Lucrare Publicată în IEEE Xplore Digital Library, conferinţă internaţională indexată în Scopus şi ISI Proceedings (Web of Science – CPCI).

-Categorie: Lucrare în proceedings IEEE (conferinţă internaţională indexată ISI).

9. Abstract si poster: Nistorescu, A., Dinculescu, A., Marin, M., Dominey, K., & **Vizitiu, C.** (2024). Exploring myotonometry specific applications and future perspectives in non-invasive muscle assessment. Congresul Universitatii de Medicina si Farmacie "Carol Davila" -UMFCD, editia XII-a, Bucuresti, 24-26 octombrie 2024, Palatul Parlamentului.

10. Abstract si poster: Dominey, K., Dugan, C., Marin, M., Pop, S., Dinculescu, A., Nistorescu, A., Parlatescu, I., & **Vizitiu, C.** (2024). Exploring Muscle-Computer Interfaces for Therapeutic Assessment in Microgravity: A Deep-Tech Approach to Masticatory Muscle Atrophy. Congresul Universitatii de Medicina si Farmacie "Carol Davila" -UMFCD, editia XII-a, Bucuresti, 24-26 octombrie 2024, Palatul Parlamentului.

11. Marziali RA, Franceschetti C, Dinculescu A, Nistorescu A, Kristály DM, Moşoi AA, Broekx R, Marin M, **Vizitiu C**, Moraru SA, Rossi L, Di Rosa M. Reducing Loneliness and Social Isolation of Older Adults Through Voice Assistants: Literature Review and Bibliometric Analysis. J Med Internet Res. 2024 Mar 18;26:e50534. doi: 10.2196/50534. PMID: 38498039; PMCID: PMC10985600.

12. Dugan, C., Parlatescu, I., Popescu, B.O., Pop, C.S., Marin, M., Dinculescu, A., Nistorescu, A.I., **Vizitiu, C.**, Varlas, V.N. (2023). Applications for Oral Research in Microgravity – Lessons Learned from Burning Mouth Syndrome and Ageing Studies. Journal of Medicine and Life, vol. 16(3), pp. 381–386. DOI: <https://doi.org/10.25122/jml-2022-0285>

Caracteristici publicaţie:

-Lucrare Publicată în Journal of Medicine and Life, (PubMed Central, Scopus, DOAJ).

-Categorie: Q3 (PubMed Central).

13. Nistorescu, A., Busnatu, S.S., Dinculescu, A., Olteanu, G., Marin, M., Jercalau, C.E., **Vizitiu, C.**, Papacoea, I.R. (2022). Striated Muscle Evaluation Based on Velocity and Amortization Ratio of Mechanical Impulse Propagation in Simulated Microgravity Environment. Biology (MDPI), vol. 11, 1677. DOI: <https://doi.org/10.3390/biology11111677>

Caracteristici publicaţie:

-Lucrare Publicată în Jurnalul Biology (MDPI),

-Impact Factor (2023): 4.2, Q1 (MDPI, ISI Web of Science, Scopus).

14. Stara, V., Rampioni, M., Moşoi, A.A., Kristaly, D.M., Moraru, S.A., Paciaroni, L., Paolini, S., Raccichini, A., Felici, E., Rossi, L., **Vizitiu, C.**, Nistorescu, A., Marin, M., Tónay, G., Tóth, A., Pilissy, T., Fazekas, G. (2022). A Technology-Based Intervention to Support Older Adults in Living Independently: Protocol for a Cross-National Feasibility Pilot. International Journal of

Environmental Research and Public Health (IJERPH), vol. 19, 16604. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph192416604>

Caracteristici publicație:

- Lucrare Publicată în Jurnalul IJERPH (MDPI) – revistă Q1 (Public Health, Environmental Health).
- Impact Factor (2023): 5.4, Q1 (ISI Web of Science, Scopus, Public Health)

15. Dugan, C., Marin, M., Pop, S., Coculescu, E., Parlatescu, I., Dinculescu, A., Nistorescu, A.I., **Vizitiu, C.** (2022). Magnetic and Electric Noninvasive Transcranial and Peripheral Stimulation Proposed Applications for Oral Physiology and Biomechanics Research in Microgravity – Lessons Learned from Oral Pathology and Ageing Studies. Proceedings of the 73rd International Astronautical Congress (IAC 2022) – IAF/IAA Space Life Sciences Symposium.

Caracteristici publicație:

- Lucrare Publicată în International Astronautical Federation (IAF) Conference Proceedings

16. **Vizitiu, C.**, Bîră, C., Dinculescu, A., Nistorescu, A., Marin, M. (2021). Exhaustive Description of the System Architecture and Prototype Implementation of an IoT-Based eHealth Biometric Monitoring System for Elders in Independent Living. Sensors (MDPI), vol. 21, 1837. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21051837>

Caracteristici publicație:

- Lucrare Publicată în Jurnalul Sensors (MDPI),
- Impact Factor (2023): 3.9, Q1 (ISI Web of Science, Scopus).

17. Dinculescu, A., Dugan, C., **Vizitiu, C.**, Parlatescu, I. (2021). Study on Choice Reaction Time as a Complementary Method in Idiopathic Orofacial Pain. Proceedings of the 2021 International Conference on e-Health and Bioengineering (EHB 2021). DOI: <https://doi.org/10.1109/EHB52898.2021.9657580>

Caracteristici publicație:

- Lucrare Publicată în IEEE Xplore Digital Library, conferință indexată Scopus, ISI (CPCI).

18. Dugan, C., Parlatescu, I., Dinculescu, A., Vizitiu, C. (2021). Therapeutic Potential of Noninvasive Transcranial Magnetic Stimulation in Burning Mouth Syndrome. Proceedings of the 2021 International Conference on e-Health and Bioengineering (EHB 2021). DOI: <https://doi.org/10.1109/EHB52898.2021.9657555>

Caracteristici publicație:

- Lucrare Publicată în IEEE Xplore Digital Library, conferință indexată Scopus, ISI (CPCI).

19. **Vizitiu, C.** (2019). Systems Engineering and Organizational Assessment Solutions Ensuring Sustainability within Telemedicine Context. Book published by Springer Nature, Germany. ISBN (online): 978-3-658-23538-3, DOI: 10.1007/978-3-658-23538-3.

Caracteristici publicație:

- Carte publicată la Springer Verlag (Springer Nature), în colecția Springer Books in Business and Economics.

Coordonator/Responsabil în proiecte CDI

Participarea în Proiecte de Cercetare Ştiinţifică (lista neexhaustivă):

1. Perioada 2024 – 2025: (DIRECTOR PROIECT) First Responder UAS for SAR Missions advancing automated Real Time hUman dEtectIon – VIRTUE. Proiect International desfasurat in cadrul Agentiei Spatiale Europene (European Space Agency-ESA) <https://business.esa.int/projects/virtue>
2. Perioada 2022 – 2024: (RESPONSABIL PROIECT) Increase sELf Management and counteract social IsoLatIOn using a vocal assistant enabled virtual concierge (EMILIO). Proiect International in cadrul Programului "Active and Assisted Living" AAL, Comisia Europeana.
3. Perioada 2019 – 2023: (RESPONSABIL PROIECT) SAFety of elderly people and Vicinity Ensuring – "SAVE". Proiect International in cadrul Programului "Active and Assisted Living" AAL, Comisia Europeana.
4. Perioada 2023-2026: (RESPONSABIL FAZA 1, Partea I si Partea II): PN 23 03 02 01 – Dezvoltări tehnologice, aplicative şi cercetări de frontieră pentru economia spaţială şi domenii conexe (Programul Nucleu LAPLAS VII, cod 23 03 P). Faza 1 – Partea I şi Partea II: Studiu de analiză a organizării Centrelor de Proiectare Concurentă (Concurrent Design Facility – CDF) şi a instrumentelor de proiectare specifice ingineriei concurente conform standardelor spaţiale, în scopul eficientizării studiilor de fezabilitate. Măgurele: Institutul de Ştiinţe Spaţiale-filiala INFLPR, 2023–2026.
5. Perioada 2020 – 2021: (EXPERT SPATIU SI SECURITATE) în cadrul proiectului „Strategia participării naţionale în noul context european de coordonare a cercetării în domeniile industriei de securitate şi spaţiu (Strategia 3S)”, finanţat prin Programul P2 – Creşterea competitivităţii economiei româneşti, Subprogramul 2.1 Competitivitate prin cercetare, dezvoltare şi inovare / SOLUȚII 3.
6. Perioada 2017 – 2021: (INGINER DE SISTEM) "Valorificarea Extensivă a experienței în activități de Spațiu și Securitate" - Proiecte complexe (PCCDI). PN-III-P1-1.2-PCCDI-2017.
7. Perioada 2017 – 2018: (RESPONSABIL PROIECT) „In vitro evaluation of potential biomedical strategies aimed to prevent bone loss during spaceflight”. Programul STAR (Space Technology and Advanced Research)-Agentia Spatiale Romana (ROSA).
8. Perioada 2017 – 2018: (INGINER DE SISTEM) „SUPERLENS using metasurfaces and graphene thin coatings as a photonic component for micro and nanosatellites”. Programul STAR (Space Technology and Advanced Research)- Agentia Spatiale Romana (ROSA).
9. Perioada 2013 – prezent: (Secretar General al Consiliului de Conducere al Centrului de Competență) „Centru de Competență în Tehnologii Spațiale în Sprijinul Explorării

Spa iului cu Echipaj Uman – STARWALKER”. Programul STAR (Space Technology and Advanced Research)-ROSA.

10. Perioada 2013 – 2015: (INGINER DE SISTEM) PORTABLE TELEMEDICINE WORKSTATION FULL PROTOTYPE, Proiect ESA-PECS (European Space Agency - Plan for Cooperating States).

11. Perioada 2013 – 2014: (INGINER DE SISTEM) Knowledge Management Infrastructure – KAMI; Programul STAR, ROSA.

12. Perioada 2010 – 2013: (INGINER DE SISTEM) PORTABLE TELEMEDICINE WORKSTATION FEASIBILITY STUDY, DEFINITION AND SPECIFICATION- PTW, Proiect în cadrul ESA-PECS (European Space Agency - Plan for Cooperating States).

Referințe rezumat:

Aleksandravičienė, A., & Morkevičius, A. (2021). MagicGrid book of knowledge: A practical guide to systems modeling using MagicGrid from Dassault Systèmes. Vitae Litera.

Folstein, M.F., Folstein, S.E. & McHugh, P.R., 1975. “Mini-mental state”. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. Journal of Psychiatric Research, 12(3), pp.189–198.

GeeksforGeeks. (2018). Principal Component Analysis with Python. Available from: <https://www.geeksforgeeks.org/principal-component-analysis-with-python/>. [Accessed May 15, 2024].

Marziali RA, Franceschetti C, Dinculescu A, Nistorescu A, Kristály DM, Moşoi AA, Broekx R, Marin M, Vizitiu C, Moraru SA, Rossi L, Di Rosa M. Reducing Loneliness and Social Isolation of Older Adults Through Voice Assistants: Literature Review and Bibliometric Analysis. J Med Internet Res. 2024 Mar 18;26:e50534. doi: 10.2196/50534.

Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., et al. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. BMJ, n160. <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>

Vizitiu, C. (2019) ‘Systems Engineering and Organizational Assessment Solutions Ensuring Sustainability within Telemedicine Context’, Book in Sustainable Management, Wertschöpfung und Effizienz. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. DOI: 10.1007/978-3-658-23538-3.

Vizitiu, C. et al. (2017). Potential Astronauts’ Speech and Language Disorders: Astronaut Interviews Analysis Before and After Space Mission. E-Health and Bioengineering Conference (EHB).

Vizitiu, C., Bîră, C., Dinculescu, A., et al. (2021). Exhaustive description of the system architecture and prototype implementation of an IoT-based eHealth biometric monitoring system for elders in independent living. Sensors, 21, 1837, <https://doi.org/10.3390/s21051837>

Vizitiu, C., Dinculescu, A.C., Marin, M.G. et al. (2025). Optimizing early-stage efficiency in complex system development via model-based systems engineering (MBSE) and concurrent engineering (CE) integration. *Res Eng Design* 36, 12. <https://doi.org/10.1007/s00163-025-00452-2>

Vizitiu, C., Dominey, K., Nistorescu, A., Dinculescu, A., Marin, M. (2025). mHealth Case Study Presenting Design SynMeth, a Rapid Prototyping MBSE Methodology, by Advancing Specific OPM-to-SysML Mapping. *IEEE Access*, vol. 13, pp. 53531–53545. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3553945>

Vizitiu, C. et al. (2024). An IoT-based cognitive impairment detection device: A newly proposed method in older adults care—choice reaction time-device development and data-driven validation. *Digital Health*, 10. <https://doi.org/10.1177/20552076241293597>.

Vizitiu, C., Turcin, I., Dominey, K. A., Softic, S., Dinculescu, A.-C., Bocăneţ, V. I., Dugan, C. and Moraru, S.-A. (2024). Digital Twin Definition for Detecting Abnormal Perspiration Patterns in High-Stress Professions. În: *Proceedings of the 23rd RoEduNet Conference: Networking in Education and Research (RoEduNet 2024)*, Bucureşti, România, pp. 1–4. DOI: <https://doi.org/10.1109/RoEduNet64292.2024.10722390>

Vizitiu, C., Turcin, I., Dominey, K., Dinculescu, A., Nistorescu, A., Marin, M., Dugan, C., Moraru, S. (2025). Concurrent Design Facility Definition for Advancing the Integration of Smart Automation in Human Space Applications. În: Mizuyama, H., Morinaga, E., Nonaka, T., Kaihara, T., von Cieminski, G., Romero, D. (eds.) *Advances in Production Management Systems. Cyber-Physical-Human Production Systems: Human-AI Collaboration and Beyond. APMS 2025, Kamakura, Japan, August 31 - September 4, 2025, Proceedings. IFIP Advances in Information and Communication Technology (AICT)*, vol. 766. Springer, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-032-03538-7_8