

MODEL DE INTELIGENȚĂ ARTIFICIALĂ PENTRU EFICIENTIZARE PROTECȚIEI MUNCII ÎN ȘANTIERELE DE CALE FERATĂ

Teză de doctorat – Rezumat

pentru obținerea titlului științific de doctor la Universitatea Politehnică Timișoara
în domeniul de doctorat *Inginerie și Management*

autor ing. Vladimir-Virgil VOICU

conducător științific Prof. univ. dr. ing. Anca DRĂGHICI

luna 06 anul 2024

1. Rezumatul tezei de doctorat

Sistemele de transport au fost de-a lungul timpului cruciale pentru avansul societății noastre. Transportul de pasageri a fost, de exemplu, crucial pentru migrație, în timp ce transportul de mărfuri a fost întotdeauna esențial pentru comerț ca una dintre activitățile economice fundamentale în fiecare societate, indiferent de vârstă. Un sistem de transport poate fi definit ca ansamblul compus din vehicul și traseu de transport, folosit în mișcarea pasagerilor sau mărfurilor. Astăzi există sisteme de transport convenționale și nonconvenționale. Sistemele de transport convenționale sunt:

- Transportul rutier
- Transportul feroviar
- Transportul pe apă
- Transportul aerian
- Transportul prin conducte
- Transportul combinat

Sistemele de transport nonconvenționale includ avansuri tehnologice precum sistemele pneumatice, transportul cu pernă de aer sau sistemele feroviare de suspensie. Transportul feroviar oferă unele avantaje cruciale, care individualizează acest tip de transport în cadrul sistemelor de transport convenționale folosite. Aceste avantaje includ viteza relativ ridicată de transport, confortul ridicat al transportului, precum și costul decent al transportului. Transportul feroviar are, de asemenea, un grad ridicat de acceptare în societate, deoarece este ecologic. În plus, sunt puține persoane în societate care se tem de călătoriile cu trenul (această frică este numită siderodromofobie), spre deosebire de călătoriile cu avionul.

Transportul rutier este singurul tip de transport care poate avea loc individual, deoarece toate celelalte tipuri de transport, inclusiv transportul feroviar, sunt sisteme de transport în masă. Aceasta se datorează în principal prețului vehiculelor - în timp ce mașinile au devenit un mijloc accesibil de transport de-a lungul istoriei, acest lucru nu poate fi afirmat despre vagoanele de tren sau avioane.

O altă observație importantă este diferența dintre transportul rutier și feroviar, pe de o parte, și transportul aerian și pe apă, pe de altă parte, în ceea ce privește infrastructura necesară. Transportul rutier și feroviar necesită facilități speciale (drumul și calea ferată), care trebuie construite înainte ca transportul să poată avea loc și întreținute și ulterior. Aceasta nu este situația în cazul transportului aerian și naval, deoarece aceste tipuri de transport au loc folosind resurse naturale, fără a fi necesară construirea infrastructurii pentru transportul efectiv. Desigur, pentru început și sfârșitul procesului de transport sunt necesare facilități precum un port sau un aeroport.

Majoritatea țărilor din lume au infrastructură feroviară, fie într-o măsură mai mare sau mai mică. Există puține țări în lume și chiar mai puține în Europa (cum ar fi Cipru, Andorra, Malta sau Islanda), care nu dețin deloc infrastructură feroviară. Motivele sunt în principal

financiare sau țările sunt prea mici pentru a putea menține o astfel de infrastructură.

Statele Unite au cea mai mare infrastructură feroviară din lume - aproximativ 300.000 km. Alte țări mari cu infrastructură feroviară extinsă includ China (aproximativ 124.000 km), Rusia (aproximativ 87.000 km) și Canada (aproximativ 78.000 km). Prima țară europeană în clasamentul lungimii infrastructurii feroviare este Germania, cu aproximativ 43.000 km, urmată de Franța cu aproximativ 30.000 km și Ucraina cu aproape 22.000 km.

Schimbările recente în prețurile carburanților, precum și conștientizarea sporită a problemelor de mediu, au condus la o popularitate mai mare a transportului feroviar de mărfuri și pasageri în Europa. Cu toate acestea, spre deosebire de transportul rutier, transportul feroviar nu oferă nicio opțiune imediată de deviere sau bypass, făcând necesitatea întreținerii infrastructurii la timp chiar mai critică pentru asigurarea disponibilității acesteia.

Întreținerea căilor ferate este un subiect complex, crucial pentru disponibilitatea unuia dintre cele mai prietenoase mijloace de transport pentru mediu. Întreținerea infrastructurii feroviare cuprinde o secvență de acțiuni - provocatoare din mai multe puncte de vedere. O infrastructură feroviară neîntreținută devine impracticabilă, astfel încât transportul feroviar devine, de asemenea, imposibil.

Întreținerea căilor ferate este de asemenea costisitoare, deoarece atât inspecțiile, cât și întreținerea sunt foarte specializate - ele necesită atât personal calificat, cât și mașini scumpe. Din acest motiv, companiile de infrastructură trebuie să cântărească cu atenție dacă o cale ferată poate fi întreținută într-un mod rentabil sau cel puțin acoperind costurile.

În Germania, infrastructura este deținută și întreținută de guvernul german prin compania de stat numită Deutsche Bahn AG (abreviată DB AG).

Acest holding cuprinde peste 1000 de companii, fiecare responsabilă pentru o activitate diferită legată fie de infrastructura feroviară, fie de operațiunile de transport feroviar. Cele mai importante companii printre ele sunt:

- DB InfraGO AG - întreținerea și închirierea căilor ferate și a stațiilor feroviare;
- DB Energie GmbH - întreținerea liniilor aeriene de contact;
- DB Fernverkehr GmbH - operațiuni de transport feroviar pe distanțe lungi;
- DB Regio AG - operațiuni de transport feroviar pe distanțe scurte;
- DB Cargo AG - operațiuni de transport feroviar de mărfuri.

Există și alte companii care abordează alte piețe (cea mai cunoscută este DB Schenker - operațiuni de transport de mărfuri pe uscat, pe mare și pe calea aerului) sau care se ocupă de procesele interne ale holdingului (cum ar fi DB Fuhrparkservice GmbH - compania care deține toate autovehiculele utilizate de angajații holdingului).

Circa 43.000 km de căi ferate în Germania sunt deținute și întreținute de DB InfraGO AG. Această companie este organizată în șapte regiuni geografice (Nord, Vest, Sud, Sud-Est, Est, Sud-Vest și Centru) compuse din 34 de rețele. Fiecare dintre rețele administrează aproximativ 1000 până la 1300 km de căi ferate și este în mod obișnuit localizată în una dintre marile orașe ale Germaniei - de exemplu, rețeaua Kassel deține și întreține căile ferate din jurul orașului german Kassel.

Compania de infrastructură DB InfraGO AG este o societate pe acțiuni, ale cărei acțiuni sunt și au fost întotdeauna deținute în totalitate de statul german. Bugetul anual al companiei este astfel în parte alocat de stat prin subvenție - acest buget poate fi însă utilizat doar pentru renovarea și construcția cailor ferate.

Subvenția de stat este de aproximativ 10 miliarde de euro pe an și variază marginal în fiecare an. De exemplu, în 2021, statul german a investit peste 12 miliarde de euro în renovarea și construcția căilor ferate, pentru 2023 sunt proiectați doar 8,85€, urcând din nou la 10,6 miliarde de euro în anul 2026.

Întreținerea liniilor ferate existente, cu toate acestea, trebuie finanțată cu fondurile proprii ale companiei. Aceste fonduri proprii sunt generate prin închirierea dreptului de utilizare

a infrastructurii feroviare de către companiile de transport feroviar. Aceste companii sunt companii interne DB (cum ar fi DB Fernverkehr, DB Regio sau DB Cargo), precum și companii terțe. Dacă o companie de transport feroviar trebuie să transporte anumite mărfuri de la Hamburg în nordul Germaniei la Basel în Elveția, trebuie să obțină drepturi de utilizare pentru toate căile ferate care vor fi parcurse. Aceeași regulă se aplică dacă, de exemplu, unele vagoane cu mărfuri trebuie să fie staționate pentru o perioadă definită într-o stație de tren.

Una dintre cele mai mari provocări în această problemă este că întreținerea cailor ferate depinde în mare măsură de munca manuală, chiar și atunci când se folosesc mașini special concepute. Având în vedere că întreținerea cailor ferate are loc în mare parte în timp ce se menține traficul feroviar (cel puțin pe una dintre căile alăturate), devine evident de ce siguranța muncii este una dintre principalele preocupări. Din păcate, nu este întotdeauna ușor să se aleagă cel mai bun curs de acțiune pentru a garanta siguranța și bunăstarea muncitorilor, deoarece trebuie luate în considerare mulți factori și criterii. Nu există o soluție unică care să poată fi întotdeauna aplicată - soluția potrivită și cea mai sigură este stabilită printr-o analiză a cazului individual. Această analiză a cazului individual este relativ susceptibilă la erori și se bazează pe factorul uman pentru a lua în considerare toate aspectele relevante - orice eroare de judecată sau analiză ar putea duce la o decizie eronată, care la rândul său ar putea avea consecințe catastrofale.

Această teză de doctorat analizează procesul actual de luare a deciziilor în ceea ce privește siguranța muncii în timpul lucrărilor de întreținere a cailor ferate, cum ar fi inspecțiile sau lucrările de reparații ale cailor ferate, în Germania. Astfel, rezultatele cercetării propun înlocuirea sistemului bazat pe hârtie, predispus la erori, folosind un sistem de suport decizional bazat pe IT pentru a ușura încărcătura de muncă și responsabilitatea ridicată a deciziilor luate în acest domeniu de importanță critică pentru societatea modernă.

Lacuna identificată în acest context se învârtă în jurul insuficiențelor și riscurilor asociate procesului de luare a deciziilor legate de siguranța muncii în timpul activităților de întreținere a cailor ferate în Germania, care sunt ancorate în utilizarea documentelor pe suport de hârtie. Siguranța ocupațională este un subiect omniprezent în planificarea inspecțiilor feroviare sau a lucrărilor de reparații feroviare în Germania. Din nefericire, procesul analogic (sau pe hârtie) prezintă riscuri ridicate de eroare și consumă resurse umane importante.

Argumentul principal pentru alegerea acestui subiect de cercetare este, prin urmare, necesitatea de a asigura o siguranță mai mare la locul de muncă pentru angajați, printr-o soluție digitală care nu permite anumite erori sau informații false, care ar putea duce la decizii eronate. Având în vedere că viețile umane sunt în joc, nu este acceptabil să se bazeze decizii importante în această privință pe informații cercetate manual, la fel cum nu este acceptabil să se lase loc pentru eroare umană în procesarea acestor date.

Acest argument devine din ce în ce mai important în fiecare an care trece, în contextul accentuării schimbării demografice. Industria feroviară din Germania (reprezentată în mod specific de DB InfraGO AG - vezi [6]) nu a fost ferită de problemele legate de lipsa de forță de muncă calificată și diminuarea personalului existent în urma pensionărilor. Pentru a dezvolta acest subiect: lucrătorii calificați și experimențați părăsesc compania și nu se poate găsi o înlocuire adecvată. Prin urmare, soluțiile digitale care reduc sarcina de muncă a angajaților existenți sunt necesare urgent.

Un alt motiv valid este impactul asupra mediului înconjurător. Tipărirea unui formular de 6 pagini pentru fiecare inspecție sau instanță de lucrări de reparații pune o povară grea asupra mediului, fără a menționa costurile pe care le implică pentru companie. Reducerea impactului asupra mediului este al treilea argument principal în alegerea acestui subiect de cercetare: prin digitalizarea procesului curent și, prin urmare, eliminarea necesității tipăririi planurilor de siguranță, tone de hârtie și cerneală nu mai sunt necesare.

Obiectivul principal al cercetării științifice dezvoltate în cadrul programului de doctorat

este de a defini o soluție pentru digitalizarea procesului de luare a deciziilor privind siguranța muncii în timpul activităților de întreținere a căilor ferate în Germania. O varietate de domenii de cunoștințe sunt incluse în metodologia de cercetare. Subiectul de cercetare al acestei teze se află la confluența unor subiecte cruciale precum optimizarea procesului privind planificarea siguranței, managementul resurselor umane, securitatea forței de muncă și, desigur, proiectarea eficientă a întreținerii căilor ferate.

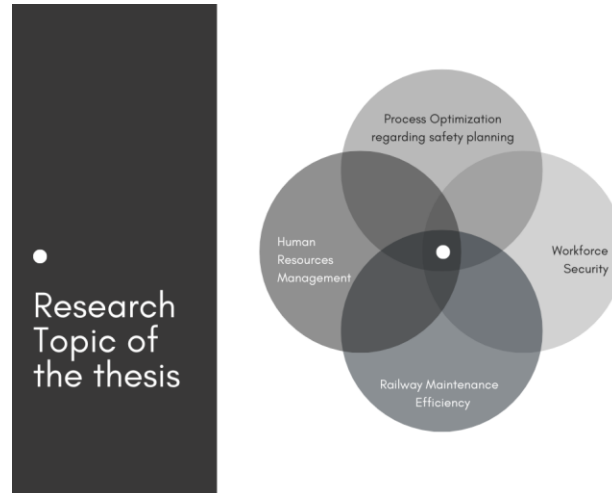


Figure Error! No text of specified style in document..1 Subiectul de cercetare al tezei

Au fost propuse următoarele obiective specifice pentru realizarea obiectivului principal al cercetării prezentate în teza de doctorat:

O1) Analiza cazurilor de utilizare a sistemelor digitale de suport decizional:

(A1.1) Studiu bibliografic al sistemelor de suport decizional (DSS);

(A1.2) Studiu bibliografic al siguranței ocupationale;

(A1.3) Analiza cazurilor de utilizare a DSS în siguranța ocupatională;

O2) Identificarea principalelor dezavantaje ale procesului actual de luare a deciziilor privind siguranța muncii în timpul lucrărilor de întreținere a căilor ferate în Germania:

(A2.1) Analiza surselor actuale de eroare în procesul de luare a deciziilor;

(A2.2) Analiza timpului necesar în prezent pentru redactarea planurilor de siguranță;

(A2.3) Analiza consumului de hârtie prin tipărirea planurilor de siguranță pe suport de hârtie;

O3) Identificarea bazelor de date necesare pentru un sistem digital de suport decizional privind siguranța muncii în timpul lucrărilor de întreținere a căilor ferate în Germania:

(A3.1) Identificarea informațiilor necesare în procesul de luare a deciziilor;

(A3.2) Definirea surselor de informații necesare;

(A3.3) Stabilirea bazelor de date necesare și a formatului lor;

(A3.4) Crearea bazelor de date pentru DSS-ul digital;

O4) Stabilirea conexiunilor logice între bazele de date, precum și între bazele de date și introducerea utilizatorului:

(A4.1) Definirea cazurilor de utilizare ale bazelor de date;

(A4.2) Stabilirea conexiunilor logice între introducerea utilizatorului și bazele de date;

(A4.3) Stabilirea conexiunilor logice între bazele de date;

(A4.4) Stabilirea rezultatelor bazelor de date;

O5) Implementarea sistemului de suport decizional sub formă de aplicație PC:

(A5.1) Dezvoltarea software-ului;

(A5.2) Proiectarea draftului;

(A5.3) Testarea aplicației PC;

O6) Studiu de caz cu mai multe instanțe diferite și analiză a efectelor pozitive ale noului sistem:

(A6.1) Stabilirea diferitelor module / rutine ale software-ului;

(A6.2) Elaborarea planurilor de siguranță pentru aceste module / rutine utilizând sistemul curent;

(A6.3) Elaborarea planurilor de siguranță pentru aceste module / rutine utilizând noul sistem;

(A6.4) Compararea rezultatelor și analiza rezultatelor;

O7) Diseminarea rezultatelor:

(A7.1) Publicarea a cel puțin 2 articole în reviste indexate ISI / ISI Proceedings;

(A7.2) Publicarea a cel puțin 3 articole indexate BDI;

(A7.3) Participarea la 3 conferințe internaționale;

O8) Redactarea tezei de doctorat;

O9) Susținerea tezei de doctorat.

Pentru partea teoretică generală a tezei, precum analiza sistemelor de suport decizional, autorul a utilizat resurse bibliografice disponibile prin intermediul portalului "e-nformation" oferit de Universitatea Politehnică din Timișoara prin intermediul organizației Anelis. Un alt instrument utilizat a fost Semantic Scholar (disponibil la adresa <https://www.semanticscholar.org/>).

Cercetarea referitoare la partea teoretică specifică feroviară a tezei a fost efectuată cu ajutorul unei baze de date interne a companiei de infrastructură feroviară germane DB InfraGO AG. Un astfel de cadru sub-legal relevant - ghidurile DB - este disponibil pentru comandă prin intermediul companiei numite DB Kommunikationstechnik GmbH, dar poate fi, de asemenea, accesat liber de către angajații companiei feroviare germane. Deoarece autorul prezentei teze este angajat în cadrul DB InfraGO AG, a fost folosită această ultimă metodă.

Pentru programarea și testarea aplicației PC, precum și pentru studiul de caz (a se vedea obiectivele O5 și O6), a fost utilizat un laptop performant cu mai multe licențe de software. Pentru a asigura compatibilitate maximă, în faza de testare (A5.3) au fost utilizate și alte computere cu specificații tehnice diferite. Aceasta a fost, de asemenea, făcută pentru a putea identifica cerințele minime pentru un calculator pentru a rula software-ul FRIDA S într-un mod satisfăcător. Pentru faza (A6.3) a fost utilizat un sistem cu specificații medii pentru a determina timpul economisit prin elaborarea planurilor de siguranță pentru cazurile de utilizare folosind FRIDA S. Sistemul a fost operat de un utilizator experimentat, instruit, cu experiență teoretică și practică în domeniul elaborării planurilor de siguranță.

În timpul procesului de scriere a tezei de doctorat (O8), au fost utilizate mai multe instrumente moderne, cum ar fi ChatGPT [26] și Quillbot [27], în conformitate cu Decizia Generală nr. 85/25.05.2023 a Senatului Universității Politehnica din Timișoara. Ambele instrumente au fost utilizate în principal pentru a formula mai bine textele în limba engleză, deoarece părți ale textului au fost inițial scrise în germană sau română (limbile native ale autorului). În plus, ChatGPT versiunea 4 a fost de asemenea folosit pentru scopuri de cercetare și pentru generarea de opțiuni pentru îmbunătățirea sistemului de suport decizional.

Cercetarea științifică legată de programul de doctorat este prezentată în 6 capitole și 21 de subcapitole.

Primul capitol - "Introducere" - definește obiectivul tezei și oferă argumentele (atat subiective, cât și obiective) ale autorului pentru alegerea acestui subiect de cercetare.

Al doilea capitol - "Managementul securității muncii în întreținerea căilor ferate – starea actuală" - formulează unele considerații generale privind securitatea muncii cu suportul cercetărilor bibliografice. Subcapitolul 2.2 oferă o privire de ansamblu asupra procesului de întreținere a căilor ferate în Germania, evidențiind diferitele tipuri de inspecții feroviare și oferind perspective în lucrările de reparații feroviare. Subcapitolul 2.3 se concentrează pe

posibilele metode pentru a asigura securitatea forței de muncă în timpul inspecțiilor feroviare și a lucrărilor de reparații feroviare, prezentând avantajele, dezavantajele și criteriile de excludere respective. Subcapitolul 2.4 rezumă provocările și factorii pentru securitatea muncii în întreținerea căilor ferate, creând astfel un legătură cu capitolul următor.

Capitolul 3, intitulat "Cercetare teoretică pentru elaborarea unui model de concept pentru un sistem de suport decizional referitor la securitatea muncii în întreținerea căilor ferate", formează o fundație comprehensivă pentru dezvoltarea unui sistem de suport decizional digital (DSS) adaptat nevoilor de planificare a securității întreținerii căilor ferate în Germania, identificând principalele cerințe pentru soluția IT prezentată în capitolele următoare. Acest capitol începe cu secțiunea 3.1, "Procesul de planificare a securității", care disecă metodologic metodele actuale de planificare a securității întreținerii căilor ferate, oferind o recenzie profundă a metodologiilor curente și identificând domeniile potențiale pentru îmbunătățiri digitale. Subcapitolul 3.2 intitulat "DSS pentru planificare a securității: Model teoretic", continuă să proiecteze un model teoretic DSS. În cele din urmă, secțiunea 3.3, "Prezentare generală a surselor de date pentru DSS", oferă o examinare amănunțită a numeroaselor surse de date de care DSS-ul se va baza. Acest aspect este crucial pentru înțelegerea capacităților de integrare și management al datelor necesare pentru ca DSS-ul să funcționeze eficient, asigurând accesul la informații corecte și actualizate pentru planificarea securității.

Capitolul 4, intitulat "Implementarea modelului de concept teoretic printr-un software de calculator", se ocupă de aspectele practice ale transformării modelului teoretic al unui sistem de suport decizional (DSS) pentru securitatea muncii în întreținerea căilor ferate într-un software de calculator funcțional. Secțiunea 4.1 abordează aspecte generale referitoare la software, inclusiv principiile sale fundamentale și unele considerații privind programarea. În secțiunea 4.2, capitolul oferă o explorare detaliată a interfeței grafice a software-ului și a diferitelor sale funcții. Aceasta include 4.2.1, care discută crearea unui plan de siguranță pentru cazuri generale, 4.2.2, concentrându-se pe crearea planului de siguranță pentru cazurile cu complexitate redusă, și 4.2.3, care acoperă alte caracteristici și module ale software-ului. Acest capitol este crucial în demonstrarea modului în care conceptele teoretice prezentate în Capitolul 3 sunt operationalizate într-un instrument software practic și ușor de utilizat.

Capitolul 5 ("Cercetarea experimentală pentru testarea și validarea software-ului DSS") prezintă faza empirică a cercetării, în care software-ul DSS este testat și validat riguros prin diverse cazuri de cercetare experimentală. Secțiunea 5.1 stabilește cadrul cu considerații preliminare, contextualizând și stabilind obiectivele cercetării experimentale. Secțiunile ulterioare, 5.2 până la 5.5, detaliază cazuri individuale de cercetare, inclusiv lucrări de compactare pe o secțiune de cale ferată deschisă, înlocuirea unor părți componente dintr-un aparat de cale, inspecția și lucrările la vegetația de lângă calea ferată. Fiecare caz oferă perspective specifice asupra aplicării software-ului în diferite scenarii. Capitolul culminează în secțiunea 5.6, care evaluează eficiența și eficacitatea DSS-ului în îmbunătățirea securității muncii în întreținerea căilor ferate, oferind o evaluare critică a performanței software-ului în medii reale.

Capitolul 6 ("Concluzii. Contribuții originale. Cercetări viitoare") sintetizează constatările cercetării și conturează contribuțiile studiului în domeniu. Secțiunea 6.1 oferă concluzii generale, cu accent pe impactul DSS-ului asupra securității muncii în întreținerea căilor ferate (6.1.1) și perspective asupra managementului schimbărilor și experienței utilizatorilor (6.1.2). Aceasta este urmată de secțiunea 6.2, care evidențiază contribuțiile originale ale cercetării, delimitând cum studiul avansează cunoștințele și practica în domeniul securității muncii și a sistemelor de suport decizional. În final, secțiunea 6.3 propune direcții pentru cercetările viitoare, sugerând domenii în care investigația și dezvoltarea ulterioare ar putea continua să îmbunătățească securitatea și eficiența în întreținerea căilor ferate.

2. Contribuții originale ale cercetării

Această secțiune oferă o prezentare a descoperirilor și realizărilor noi ale studiului doctoral. Această secțiune este dedicată definirii elementelor distinctive ale cercetării care o definesc în domeniul academic, accentuând modul în care aceasta extinde sau provoacă cunoștințele și practicile existente. Accentul se pune pe inovațiile realizate, pe abordările create și pe aplicațiile practice. Aceste contribuții nu numai că reprezintă vârful cercetării programului de doctorat, ci și evidențiază impactul potențial al studiului asupra viitoarelor investigații academice și practice industriale. Secțiunea încearcă să ofere o evaluare clară și convingătoare a importanței cercetării și a rolului său în împingerea limitelor înțelegerii în disciplina sa aleasă, evidențiind aceste contribuții noi.

Primul capitol al tezei aduce o contribuție originală prin stabilirea unui obiectiv de cercetare clar și riguros, precum și prin enunțarea argumentelor subiective și obiective pentru alegerea acestui subiect specific. Acest capitol ilustrează eficient relevanța și urgența subiectului de studiu, oferind un argument convingător pentru importanța sa. Funcționează ca o poartă de acces pentru cititori, oferindu-le un obiectiv și un domeniu clar, necesare pentru înțelegerea capitolelor următoare.

Contribuția originală a autorului este evidentă în studiul bibliografic profund care prezintă dezbaterile privind siguranța muncii în întreținerea căilor ferate în al doilea capitol. Recenzia completă a procesului de întreținere a căilor ferate din Germania, în special analize detaliate ale diverselor tipuri de inspecții și activități de întreținere, demonstrează o stăpânire temeinică a subiectului, dar reflectă și experiența practică extensivă a autorului. Cu peste 11 ani de expertiză în întreținerea căilor ferate (dobândită prin multiple funcții deținute în compania de infrastructură DB InfraGO AG din Germania), autorul aduce o perspectivă bogată și practică care îmbogățește semnificativ cercetarea. Mai mult, studiul comprehensiv al diverselor măsuri de siguranță, beneficiile, dezavantajele și criteriile de excludere din secțiunea 2.3 adaugă o valoare importantă cercetării. Descrierea dificultăților de siguranță la locul de muncă și a cauzelor care conduc la următorul capitol ilustrează capacitatea autorului de a evalua și sintetiza cunoștințe complicate, conectând teoria și practica.

Al treilea capitol al tezei marchează un punct pivotal în cercetare prin trecerea de la explorarea teoretică la conceptualizarea unui sistem digital de suport decizional (DSS) proiectat pentru planificarea siguranței în întreținerea căilor ferate în Germania. Disecția meticuloasă a metodelor actuale de planificare a siguranței și identificarea zonelor de îmbunătățire digitală reflectă o contribuție semnificativă la domeniu. Dezvoltarea unui model teoretic pentru DSS în planificarea siguranței, detaliată în subcapitolul 3.2, demonstrează gândire inovatoare și o nouă abordare a acestei probleme. Identificarea bazelor de date necesare pentru software reprezintă o altă contribuție importantă a autorului. Prezentarea generală comprehensivă a surselor de date identificate pentru DSS în secțiunea 3.3 exemplifică angajamentul autorului de a crea un cadru robust și practic.

Capitolul patru se referă la aplicarea practică a cercetării teoretice, unde modelul conceptual al SDD pentru siguranța în lucrările de întreținere a căilor ferate este transformat într-un software funcțional. Acest capitol conține abordarea inovatoare a autorului în rezolvarea problemelor, trecând de la modelele teoretice la implementarea lor în lumea reală. Discuția detaliată despre aspectele generale ale software-ului, considerațiile sale de programare și explorarea interfeței grafice și a funcțiilor sale demonstrează o înțelegere profundă a aspectelor tehnice și operaționale ale dezvoltării software-ului. Deosebit de remarcabilă și o contribuție originală foarte importantă este adaptarea conceptelor teoretice definite în capitolele anterioare ale acestei cercetări doctorale într-un instrument software prietenos pentru utilizator, adaptat specific pentru provocările unice ale siguranței în întreținerea căilor ferate.

În capitolul cinci, cercetarea progresează într-o fază empirică, în care originalitatea tezei

este subliniată în continuare prin testarea și validarea software-ului DSS programat. Structura capitolului, care cuprinde considerații preliminare și studii de caz individuale detaliate, reflectă o abordare metodică și cuprinzătoare a cercetării experimentale. Fiecare studiu de caz oferă informații specifice și bazate pe date despre aplicarea software-ului în diverse scenarii. Evaluarea eficienței și eficacității SDD în îmbunătățirea siguranței la locul de muncă în întreținerea căilor ferate evidențiază angajamentul autorului față de rigorile empirice și relevanța practică.

Câteva teme din domeniul cercetării doctorale au fost diseminate în ultimii ani prin articole științifice, ilustrând profunzimea cercetării. Un total de șase articole au fost dezvoltate în cadrul acestui efort, dintre care patru sunt demne de menționat, fiind prezentate în ISI/ISI Proceedings (baza de date Web of Science). Aceste articole au fost fie prezentate și discutate în sesiuni deschise la conferințe internaționale, unde au primit expunere și feedback din partea membrilor comunității academice, fie au fost trimise pentru publicare în diverse reviste prestigioase, fiind supuse recenziei de către experți în domeniu. Includerea în ISI/ISI Proceedings subliniază respectarea cercetării a standardelor academice riguroase și relevanța acestora în discuțiile științifice actuale, stabilind în continuare importanța cercetării doctorale. O listă a articolelor publicate este disponibilă în **Anexa 12**.

În cele din urmă, contribuțiile originale ale acestei teze de doctorat depășesc meritele academice discutate, servind și scopuri didactice în domeniul învățământului superior. Descoperirile și înțelegerea rezultatelor cercetării au fost parțial încorporate de autor în materialele didactice, îmbogățind în mod specific curriculumul cursurilor precum "Tehnologia Construcțiilor" și "Construcția Infrastructurii de Transport" la Universitatea Internațională de Științe Aplicate IU din Hannover. Începând cu anul 2022, autorul tezei predă aceste cursuri în semestrele patru și respectiv cinci ale liniei de studiu "Inginerie Civilă", utilizând rezultatele cercetării pentru a oferi studenților idei moderne și studii de caz.

3. Limitele cercetării

Cercetarea doctorală desfășurată a generat dezvoltarea unei unelte practice de software, o avansare semnificativă în domeniul procesului de planificare a siguranței pentru lucrările de întreținere a căilor ferate din Germania. Această soluție transformă procesul de planificare a siguranței, îmbunătățindu-l din două perspective cruciale: siguranța angajaților și eficiența economică a companiei de management a infrastructurii. Prin automatizarea și digitalizarea planificării siguranței, programul nu oferă doar un grad mai ridicat de securitate pentru lucrătorii de pe șantier, ci optimizează și procedurile de operare ale companiei. Astfel, cercetarea se evidențiază prin relevanța sa imediată și potențialul de a avea un impact real în lumea reală, încorporând o combinație de inovație tehnologică, angajament față de siguranță și prudență economică.

Firește, instrumentul descris în acest studiu reprezintă doar primul pas într-o călătorie mai amplă către digitalizarea și automatizarea planificării siguranței. Alte funcții, module ale software-ului, dar și alte progrese în acest domeniu sunt fie în faza de implementare, fie prezintă oportunități plauzibile pentru consolidarea impactului obținut până în prezent. Această tendință constantă evidențiază natura dinamică a transformării digitale în planificarea siguranței, unde îmbunătățirile și inovațiile continue nu sunt doar așteptate, ci și esențiale pentru evoluția practicii. În acest domeniu, călătoria către operațiuni complet digitalizate și automate este iterativă, indicând o angajare de a profita la maximum de progresele tehnologice pentru rezultatele maxime în materie de siguranță și eficiență.

O avansare-cheie ulterioară introducerii instrumentului FRIDA S este dezvoltarea unui flux de lucru cuprinzător care acoperă toate fazele planificării siguranței. Elementele de bază pentru acest flux de lucru au fost deja stabilite prin instrumentul complementar FRIDA S Unternehmer

și funcția care permite importul primei pagini a unui plan de siguranță în FRIDA S. Cu toate acestea, în versiunea procesului digital prezentată în această cercetare, suportul digital se încheie cu Partea a II-a a planului de siguranță, lăsând Partea a III-a, a IV-a, a V-a și a VI-a să fie completate fără asistență digitală.

Extinderea procedurii digitale pentru a include Partea a III-a, care acoperă planificarea detaliată a companiei de siguranță, ar putea avea consecințe pozitive suplimentare. Eficiența și acuratețea fluxului de informații ar putea fi considerabil îmbunătățite prin digitalizarea acestei secțiuni a planului de siguranță. Mai mult, extinderea capacităților digitale la Părțile a IV-a până la a VI-a ar fi benefică, în special prin dezvoltarea unui mecanism de semnătură electronică pentru părțile implicate în aceste secțiuni. Astfel de dezvoltări ar accelera nu doar întregul proces de planificare a siguranței, ci și ar consolida uniformitatea și tratabilitatea documentației, crescând eficacitatea și fiabilitatea generală a sistemului de planificare a siguranței.

Upgrade-urile și revizuirile regulate ale software-ului sunt necesare pentru a ține pasul cu orice modificări în reglementări sau schimbări formale în documentele oficiale ale planului de siguranță. Software-ul descris în această teză a fost creat în conformitate cu reglementările și documentele oficiale în vigoare la momentul începerii cercetării doctorale. Nu ia în considerare niciun fel de modificări ulterioare, cum ar fi înlocuirea documentelor V03 și V04 cu noile versiuni V10 și V11. Prin urmare, sunt necesare modificări continue pentru a reflecta aceste peisaje legislative și documentare dinamice pentru a asigura relevanța și eficacitatea continue ale software-ului.

4. Bibliografie selectivă

- [1] G. Curtis, W. J. Magee, W. W. Eaton, H.-U. Wittchen, and R. C. Kessler, "Specific fears and phobias," *British Journal of Psychiatry*, vol. 173, no. 3, pp. 212–217, Sep. 1998, doi: 10.1192/bjp.173.3.212.
- [2] Wikipedia, "https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_rail_transport_network_size."
- [3] "<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2121rank.html>," Statista.
- [4] WeForum, "<https://reports.weforum.org/travel-and-tourism-competitiveness-report-2019/rankings/#series=EOSQ058>."
- [5] Pro Mobilität Verkehrsetat, "https://www.promobilitaet.de/fileadmin/user_upload/ProMob_Zahlen_Daten_Fakten_Verkehrsetat_2022_23.pdf."
- [6] DB Netz AG, "DB Netz AG official webpage." Accessed: Dec. 31, 2022. [Online]. Available: <https://fahrweg.dbnetze.com/fahrweg-de>
- [7] V. Voicu and G. Caruțașu, "Decision-making Process regarding Work Safety in Railroad Maintenance," in *Enterprises in the Global Economy*, Constanta: Ovidius University, Nov. 2021.
- [8] A. C. Paven, M. Ion, and G. Carutasu, "Decision Support Systems for Buildings Energy Efficiency," *Acta Technica Napocensis*, vol. 64, no. Special I, pp. 253–260, Jan. 2021.
- [9] A. Gorry and M. Scott-Morton, "A framework for management information systems," 1971. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/38008090>
- [10] P. Keen and M. Scott Morton, "Keen, Scott Morton - 1978 - Decision Systems," *Addison-Wesley. Reading, MA*, 1978.
- [11] S. Alter, *Decision Support Systems: Current Practice and Continuing Challenge*. Reading, MA: Addison - Wesley, 1980.
- [12] D. J. Power, "Supporting Decision-Makers: An Expanded Framework," Krakow, Poland, 2001. Accessed: Nov. 05, 2021. [Online]. Available: <http://dssresources.com/papers/supportingdm/PowerEBKSupp.pdf>
- [13] L. Pérez-Fernández, J. Conde, and M. A. Sebastián, "Decision support system to decrease warranty and intangible costs in automotive industry," *Procedia Manuf*, vol. 13, pp. 1143–1150, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.176.

- [14] T. M. Alam *et al.*, “A Fuzzy Inference-Based Decision Support System for Disease Diagnosis,” *Comput J*, vol. 66, no. 9, pp. 2169–2180, Sep. 2023, doi: 10.1093/comjnl/bxac068.
- [15] K. O. Bazilevych, D. I. Chumachenko, L. F. Huliannytskyi, I. S. Meniailov, and S. V. Yakovlev, “Intelligent Decision-Support System for Epidemiological Diagnostics. II. Information Technologies Development*, **,” *Cybern Syst Anal*, vol. 58, no. 4, pp. 499–509, Jul. 2022, doi: 10.1007/s10559-022-00484-9.
- [16] R. E. Giachetti, P. Damodaran, S. Mestry, and C. Prada, “Optimization-based decision support system for crew scheduling in the cruise industry,” *Comput Ind Eng*, vol. 64, no. 1, pp. 500–510, Jan. 2013, doi: 10.1016/j.cie.2012.08.011.
- [17] C. Meier-Hirmer, A. Senée, G. Riboulet, F. Sourget, and M. Roussignol, “A decision support system for track maintenance,” in *Computers in Railways X*, Southampton, UK: WIT Press, Jun. 2006, pp. 217–226. doi: 10.2495/CR060221.
- [18] K. Daheshpour, “Network level decision support system to assess railway track maintenance needs,” University of Birmingham, 2018. Accessed: Dec. 24, 2023. [Online]. Available: <https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/8164/>
- [19] A. di Graziano and V. Marchetta, “A risk-based decision support system in local railways management,” *Journal of Rail Transport Planning & Management*, vol. 20, p. 100284, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.jrtpm.2021.100284.
- [20] W. Górka *et al.*, “Cloud Decision Support System for Risk Management in Railway Transportation,” in *Proceedings of the 14th International Conference on Software Technologies*, SCITEPRESS - Science and Technology Publications, 2019, pp. 475–482. doi: 10.5220/0007837904750482.
- [21] J. S. Lee, I.-H. Yeo, and Y. Bae, “A stochastic track maintenance scheduling model based on deep reinforcement learning approaches,” *Reliab Eng Syst Saf*, vol. 241, p. 109709, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.ress.2023.109709.
- [22] M. C. Leyesa, N. T. Florencondia, M. J. M. Villar, and S. M. A. Galman, “Decision Support System in Environmental, Health and Safety (DSS-EHS) Management Systems,” in *2020 IEEE 12th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM)*, IEEE, Dec. 2020, pp. 1–6. doi: 10.1109/HNICEM51456.2020.9400126.
- [23] N. Vujica Herzog and G. Harih, “Decision support system for designing and assigning ergonomic workplaces to workers with disabilities,” *Ergonomics*, vol. 63, no. 2, pp. 225–236, Feb. 2020, doi: 10.1080/00140139.2019.1686658.
- [24] S. Cebi, E. Akyuz, and Y. Sahin, “DEVELOPING WEB BASED DECISION SUPPORT SYSTEM FOR EVALUATION OCCUPATIONAL RISKS AT SHIPYARDS,” *Brodogradnja*, vol. 68, no. 1, pp. 17–30, Dec. 2017, doi: 10.21278/brod68102.
- [25] M. Bohanec, I. Vrbanić, I. Bašić, K. Debelak, and L. Štrubelj, “A decision-support approach to severe accident management in nuclear power plants,” *J Decis Syst*, vol. 29, no. sup1, pp. 438–449, Aug. 2020, doi: 10.1080/12460125.2020.1854426.
- [26] OpenAI, “ChatGPT.” Accessed: Dec. 30, 2023. [Online]. Available: <https://openai.com/chatgpt>
- [27] I. University of Chicago, “Quillbot.” Accessed: Nov. 25, 2022. [Online]. Available: <https://quillbot.com/>
- [28] V. Voicu and G. Carutasu, “An Overview of Railway Inspections and Work Safety. The Case of Germany,” *Acta Technica Napocensis*, vol. 65, no. Special III, pp. 949–959, Nov. 2022, Accessed: Dec. 24, 2023. [Online]. Available: <https://atna-mam.utcluj.ro/index.php/Acta/article/view/1982/1580>
- [29] V. Voicu and A. Draghici, “Maximizing the use of track possession: a case study on coordinated railway and highway maintenance works,” *Acta Technica Napocensis*, 2024, [Online]. Available: Submitted for publication