

RST 2016 PAV3M

Rezumatul Etapa 3: *Model functional. Teste si experimentari pe teren*

Etapa 3 cuprinde **activitățile**: 3.1.Model funcțional partial integrat (senzori GPS) montabil pe autovehicul nespecializat (PARTEA I), 3.2.Proiectarea modulului de risc management (PARTEA I), 3.3. Implementarea modulului de risc (PARTEA I), 3.4.Teste si achizitie de imagini si video în conditii de teren (PARTEA I), 3.5.Dezvoltarea de algoritmi si metode de prelucrare si analiza a datelor(Partea I). 3.6.Dezvoltarea modulului de risk management (PARTEA I), 3.7.Diseminarea rezultatelor

Menționăm că toate obiectivele și activitățile prevazute în această etapă au fost realizate iar **rezultatele preconizate** sunt concretizate în: realizarea modelului functional al platformei PAV3M structura interfeței personalizată pe roluri în cadrul activităților de mentenanță și management, s-a dezvoltat echipamentul de achiziție de date pe bază de senzori și videocameră și s-au obținut date de test, analizând și rezultate ale testarilor în teren pe baza unor soluții și algoritmi de procesare a imaginilor. Precizăm că Raportul implementare pe modulul de risc folosind algoritmul K_NN se bazează pe datele culese din teren și pe clasificarea defectelor drumului, funcție de indicatorii propuși la nivel internațional. Am clasificat defectele și categoriile de risc pe baza unor criterii agreeate de specialiștii CNADNR .

Ca și **indicatori cuantificabili** am depus Cererea de brevet, am actualizat Pagina web, pagina de Facebook și am publicat 1 articol de reviste BDI, 4 lucrari în reviste ISI cu factor de impact, 1 lucrare în conferințe internaționale și 6 lucrari în conferințe în curs de indexare ISI, depășind semnificativ cele 5 lucrări preconizate pentru 2016.

1. Dezvoltarea modulului de risk management

Deși există mai multe sisteme de management al activelor, acestea nu pot fi utilizate ca atare pentru întreținerea drumurilor. O companie care licitează pentru un proiect trebuie să demonstreze că este solvabil financiar pentru întregul set de consecințe care decurg din modelul propus, oferind adesea garanții pentru o perioadă chiar mai mare de zece ani. Pentru gestionarea activelor, modelul nu trebuie însă să acopere o astfel de perioadă prelungită în schimb, acesta putând să fie modificat cu o anumită periodicitate (de exemplu, anual), având în vedere schimbările rapide care pot avea loc în cadrul unei companii. Prin urmare, este nevoie de o abordare diferită pentru crearea unui model de pavaj destinat licitațiilor, decât pentru simpla gestionare a activelor, lucru ce necesită o înțelegere mai detaliată a riscurilor printr-o analiză mult mai aprofundată (Panthi, 2009).

Managementul riscului implică punerea în aplicare a mai multor etape, care trebuie să fie luate în considerare și aplicate pe parcursul întregului proces de dezvoltare. Aceste etape prezentate de Garvey (2009) sunt: identificarea riscurilor, analiza impactului acestora asupra proiectului, prioritizarea și controlul și/sau eliminarea riscurilor.

1.1. Identificarea riscului

Această primă etapă este cea mai importantă dintre toate – deoarece doar riscurile identificate pot fi gestionate –și presupune identificarea tuturor evenimentelor a căror rezultat este incert și poate afecta cel puțin unul dintre obiectivele proiectului. Această etapă trebuie să fie realizată pe parcursul întregii derulări a proiectului, deoarece unele riscuri pot apărea după faza de licitație. Riscurile pot fi identificate prin simulare, observare, sau folosind expertiza personalului implicat. În multe cazuri, consultarea experților în pavaje este de asemenea necesară.

În plus, ar trebui să fie identificate conexiunile dintre riscuri, deoarece unele riscuri pot influența realizarea altor obiective propuse. Identificarea trebuie să pornească de la un eveniment care a avut loc deja, sau care are loc la momentul prezent sau va avea loc cu siguranță; evenimente riscante sunt cele care ar putea apărea în viitor, ca urmare a ceva ce s-a întâmplat deja. Un exemplu propriu-zis este legătura dintre fenomenele meteorologice, traficul rutier și tipul de deteriorare sau legătura dintre tratamentul superficial realizat și tipul de defect, costul forței de muncă și costurile materiilor prime (Fig.1).

După etapa de identificare, situațiile pot fi evaluate în mod corespunzător pentru a lua decizii pe termen lung adecvate, pe baza acțiunilor întreprinse în timpul etapei de realizare a proiectului. Astfel, finanțarea adecvată a necesarului pentru finalizarea proiectelor poate fi estimată cu mai multă precizie, iar sumele excedentare să fie alocate pentru rezolvarea problemelor în situațiile de incertitudine, care pot apărea în timpul fazei de implementare. Este indicat să folosească această metodă pentru obținerea unei imagini realiste a unui proiect, care urmează să fie pus în aplicare, în special pentru proiecte complexe, cum ar fi cele referitoare la construcția de drumuri, deoarece de cele mai multe ori o ofertă de licitație trebuie să fie furnizate pentru a primi acordul de realizare a proiectului.

Folosirea unui astfel de sistem poate duce la reducerea costurilor de producție și întreținere, deoarece scopul principal este de a menține în mod adecvat calitatea drumurilor și să nu aștepte până când starea lor se deteriorează într-o asemenea măsură încât au nevoie de reparații majore, ceea ce va duce doar la o creștere a cheltuielilor de întreținere. Riscurile identificate prin analiza ciclului de viață al unui proiect de construcție de pavaj sunt enumerate mai jos și sunt clasificate în funcție de impactul pe care îl presupune, precum: *ridicat*, *mediu*, sau *scăzut*.

Risc ridicat:

- *Obținerea finanțării necesare* pentru lansarea sau continuarea unui proiect este un risc major din cauza aspectelor financiare și materiale necesare derulării activităților, cum ar fi materialele de construcție necesare pentru susținerea lucrărilor, plățile pentru personalul contractat pentru a continua munca, echipamente închiriate sau achiziționarea de combustibilul aferent, în cazul în care mașinile fac parte din patrimoniul companiei. Acest aspect deosebit de important poate avea cauze interne (prin depășirea termenelor de execuție stabilite) sau externe (în cazul în care plata făcută de la bugetul de sau de alte organisme de finanțare devine imposibilă).
- *Termenele limită.* Depășirea termenelor propuse pentru diferite activități este un risc major, care, în unele cazuri, poate duce la pierderea de fonduri și în alte cazuri, poate duce la accelerarea activităților ulterioare. Acest risc implică costuri mai mari din cauza timpului necesar crescut pentru a finaliza lucrările propuse și, în consecință, mai mulți bani pentru a cheltui în comparație cu ceea ce a fost planificat anterior. În cazul în care manopera prestată depășește un anumit prag inclus în contract, contractorii pot pierde fonduri pentru următoarele etape.
- *Depășirea bugetului* din varii motive (obiective sau subiective); acest tip de situație poate duce la o perturbare a activității până la furnizarea de noi fonduri.
- *Abaterea de la axa drumului* sau pichetarea drumului este realizată înainte de terasament. În cazul în care există dificultăți în plasarea sau conservarea pichetelor, axa drumului trebuie să fie restaurată sau mutată. Aceste acțiuni sunt consumatoare de timp și de bani și pot duce chiar la rezilierea proiectului, în cazul în care, de exemplu, un proprietar nu este dispus să vândă o bucată de teren încorporată în planul drumului.
- *Fenomene de instabilitate, fisuri sau crăpături care apar în terasamentelor de drum.* În cazul în care apar astfel de fenomene, recepția lucrărilor nu poate fi finalizată; costurile de remediere sunt extrem de ridicate.

- *Traficul rutier.* Ar trebui să fie luat în considerare fluxul de trafic de așteptat, realist, bazat și pe gabarit, deoarece, de exemplu, vehiculele supradimensionate vor deteriora drumul într-un timp mai scurt decât dacă pe acel traseu ar circula doar mașini mici.

Risc mediu:

- *Lipsa de personal.* Cu toate că întârzierile sunt înregistrate chiar și în cazul unei singure absențe de o zi a unui lucrător, efectele nu sunt majore, deoarece compania poate apela la un alt muncitor pentru a compensa lipsa primului.
- *Semnarea unui contract cu un colaborator.* În cazul în care contractul nu este încheiat în condiții normale, riscul întâmpinat va fi cel de a extinde perioada de lucru pentru a găsi un alt furnizor. Există, de asemenea, riscul unor costuri mai ridicate în cazul semnării unui nou contract sub presiunea timpului.
- *Vremea nefavorabilă (ploaie, zăpadă).* Având în vedere faptul că nu se pot efectua săpături în caz de ploaie sau zăpadă, executarea lucrărilor ar trebui să fie oprită, deoarece masa de teren poate deveni instabilă. Lucrările vor fi reluate numai după ce vremea este bună și este uscat, iar umiditatea/temperatura terenului revine la un nivel minim acceptat. Astfel, costurile suplimentare pot apărea din cauza întreruperii neprogramate de muncă.
- *Deviațiile față de caietul de sarcini.* În cazul în care se înregistrează abateri majore de la specificațiile tehnice prezentate, beneficiarul poate decide întrerupă executarea lucrărilor. Aceste abateri furnizează, în majoritatea cazurilor, obținerea de rezultate de o calitate stabilită.
- *Solurile utilizate pentru terasamente.* Conform STAS, solurile de terasamente se încadrează într-una din următoarele categorii: soluri foarte coezive, coezive și de coeziune slabă. În funcție de tipul de sol utilizat, cheltuielile necesare pentru activitatea și acțiunile suplimentare pot fi estimate, în scopul de a menține calitatea drumurilor în cadrul standardelor impuse de către beneficiar.

Estimarea impactului în urma identificării riscurilor este importantă pentru stabilirea unui clasament al importanței riscurilor, de la cel mai mare la cel mai puțin critic. Pe parcursul acestei etape, există mai multe modalități de a obține o estimare a impactului (de exemplu, matricea de risc). Această matrice conține probabilitatea și impactul asupra celor două ramuri și un grad pentru fiecare nivel propus. Pentru a facilita înțelegerea acestor matrici, este necesar să se creeze grupuri semnificative marcate cu diferite culori (mai mare este probabilitatea și impactul riscului, mai important fiind riscul). Deși probabilitatea este unică pentru fiecare caz, un impact global trebuie identificat, care inițial poate fi realizat în mai multe moduri.

Aplicația **Risk3M** este inclusă în platforma **PAV3M**, care integrează tehnologia de inspecție pavaj rutier bazată pe imagistică cu un instrument software de management al riscurilor și de cost/beneficii.

PAV3M are o abordare modulară, inclusiv caracteristici ale managementului pavajelor, IPA (*Image Processing and Analysis* – Procesare de imagine și analiză), care are rolul de a colecta și de a transmite parametri despre drumuri, precum și colectarea, procesarea și analizarea informațiilor despre defectul drumului, GI (*General Information* – Informații generale), care coordonează modul de Managementul și de întreținere (MM – *Management and Maintenance*). Risk3M este conectat cu MM, care primește și transmite informații către bazele de date. Modulul IPA procesează toate imaginile furnizate de către dispozitivele mobile, face analiza și monitorizarea în MM (Rusu et al., 2015).

Pe lângă factorii menționați mai sus de risc mediu și ridicat, în proiectele de management al pavajelor, în timpul procesului de întreținere este de asemenea important să se detecteze și să analizeze tipurile de defect pe drum. Acest proces poate fi realizat printr-o monitorizare rutieră periodică cu un sistem mobil de achiziție de date (*Mobile Data Acquisition* – MDA) și GIS (*Geographic Information System*), legat la un vehicul mobil pe care este montată o camera video, drept o soluție mai ieftină pentru a determina fisurile rutiere sau alte probleme. Toate

datele colectate de către MDA, ca un nucleu al IPA, va fi procesat într-un modul specializat al IPA și va da detalii cu privire la defectele care vor fi încărcate în baza de date a drumului (PMM Application Database). IPA include IA (Image Acquisition - Achiziție de imagini), procesarea și analiza imaginii și algoritmi de optimizare, care este conectat la modulele de analiza, evaluarea și întreținerea drumurilor (Cramariuc și Rusu, 2015).

În scopul de a identifica și de a clasifica riscul în funcție de tipul de defecte al pavajelor rutiere, am folosit mai multe standarde internaționale: *Pavement Condition Index (PCI)*, utilizat de către standardele Societății Americane pentru Testare și Materiale (ASTM) și Programul de Performanță pe Termen Lung a Pavajelor (LTPP). Standardele ASTM sunt folosite pentru a promova sănătatea și siguranța, precum și fiabilitatea produselor, materialelor, precum și a sistemelor, iar LTPP oferă descrieri și metode pentru măsurarea tuturor tipurilor de defecte (fisuri, gropi, rupturi și crăpare) în pavaje flexibile și rigide (Miller și Bellinger, 2003), McPherson și Bennett, 2005). Valorile PCI depind de starea suprafeței pavajului (PSC) și este 5 pentru PSC = Foarte bun, 4 pentru PSC = Bun, 3 pentru PSC = Rezonabil, 2 pentru PSC = Slab și pentru PSC = Foarte slab (Schnebele și colab., 2015).

Deoarece modulul MDA colectează imagini din teren pe baza unor dispozitive complexe instalate pe un vehicul obișnuit (aparat de fotografiat și înregistrat video, accelometru, giroscop, aparat de fotografiat Fisheye, sistem GIS), atât informații despre locația, cât și dimensiunea (lungime, lățime, înălțime) din defect sunt captate. Din acest motiv, vom folosi ambele (PCI și LTPP) ca soluții pentru măsurarea calității pavajelor.

Tabelul 1. Analiza riscurilor în funcție de tipul de defect

Tip defect	Risc	Descriere	PCI
Fisuri	Scăzut	Lățimea fisurii < 3 mm	3
	Mediu	3 mm < Lățimea fisurii < 6 mm	2
	Ridicat	Lățimea fisurii > 6 mm	1
Gropi	Scăzut	Adâncimea gropii < 25 mm	3
	Mediu	25 mm < Adâncimea gropii < 25 mm	2
	Ridicat	Adâncimea gropii > 50 mm	1
Destrămare	Scăzut	Agregantul sau liantul a început să se desfacă, dar nu a progresat în mod semnificativ. Pavajul apare doar ușor învechit și aspru	3
	Mediu	Agregantul sau liantul se desfac, iar textura de suprafață este moderat aspră și ciupită. Particulele friabile pot fi prezente și pe alocuri agregantul lipsește.	2
	Ridicat	Agregantul sau liantul s-au desfăcut în mod semnificativ, iar textura de suprafață este profund ciupită și foarte dură. Agregantul fin lipsește în principal de la suprafață, corodarea se extinde la adâncime, apropiindu-se către jumătatea (sau mai mult) agregantului grosier.	1
Plombe	Scăzut	Plombele audefecte de orice tip, dar de gravitate redusă, inclusiv rupturi < 6 mm; umflarea nu este evidentă	3
	Mediu	Plombele au defecte de orice tip, dar de severitate redusă, inclusiv rupturi între 6 mm și 12 mm; umflarea nu este evidentă	2
	Ridicat	Plombele audefecte de orice tip, dar de gravitate mare, inclusiv rupturi > 12 mm, sau plomba conține deja un alt material de plombare; umflarea este evidentă.	1

Tip defect	Risc	Descriere	PCI
Ruptură	Scăzut	adâncime < 6 mm, de-abia vizibilă	3
	Mediu	6 mm < adâncime < 25 mm, ușor observabilă	2
	Ridicat	adâncime > 25 mm, cu efect categoric asupra controlului autovehiculului	1
Deteriorarea marginii	Scăzut	Apariția pe margine a câtorva fisuri inițiale pe suprafața bituminoasă de-a lungul porțiunii de margine a părții carosabile.	3
	Mediu	Apariția pe margine a o serie de fisuri de mare intensitate și interconectate pe suprafața bituminoasă de-a lungul porțiunii de margine a părții carosabile	2
	Ridicat	Pierderea permanentă a unei părți a carosabilului și a formării de gropi de-a lungul porțiunii de margine	1

Tipul de defect și descrierea acestuia a fost asociat cu un nivel de risc PCI și în Tabelul 1, pe baza specificațiilor LTPP. În Risk3M folosim o scală descrescătoare la 1 la 5 pentru evenimente de risc legate de defecte (R_d), astfel încât pentru PCI=5, (R_d) =1, iar pentru PCI=1, (R_d) =5.

1.2. Prioritizarea riscurilor

Prioritizarea riscurilor (de la mare la mic) este utilizată în tehnicile analitice de luare a deciziilor, cum ar fi teoria utilității, tehnicile de secvențiere ordinale, sau teoria de prospectare propusă de Kahneman și Tversky (1979a). Acest pas este important pentru a se determina modul în care resursele ar trebui să se utilizeze, precum furnizarea unui buget sporit pentru îndeplinirea sarcinilor predispușe la riscuri majore, dar care au o semnificație importantă pentru atingerea obiectivelor. În cazul în care un risc potențial este trecut cu vederea, sistemul final poate suferi în ceea ce privește depășirea bugetului propus, dar, de asemenea, nu respectă nici standardele de performanță sau de calitate impuse de către beneficiar.

După identificarea riscurilor, am determinat probabilitatea lor de apariție, care este marcată pe axa verticală a matricei și impactul posibil. Chiar dacă probabilitatea de apariție este unică pentru fiecare caz în parte, am stabilit o valoare globală de impact, deoarece aceasta poate fi determinată inițial din mai multe puncte de vedere. Pentru construcțiile de drumuri și poduri există trei niveluri principale de impact care urmează să fie luate în considerare pentru fiecare dintre aceste trei categorii - costuri, planificarea timpului și calitatea; metoda utilizată pentru a calcula impactul global (IG) constă în alegerea cel mai înalt **grad de impact** prezentat în toate tabelele de evaluare (Darby, 2001):

$$IG = \text{Max} \{B_F, T_F, C\}$$

unde: B_F – costuri-nivelul bugetului final, T_F – nivelul orizontului de timp de desfășurare a proiectului; C-nivelul de calitate

Impactul asupra costurilor determină o clasificare a riscului, care duce la creșterea costurilor (R_C) și un buget depășit (B_O), comparativ cu bugetul inițial (B_I), unde $B_F = B_I + B_O$:

- $R_C=5$, pentru $25\% B_I < B_O$;
- $R_C=4$, pentru $20\% B_I < B_O < 25\% B_I$;
- $R_C=3$, pentru $15\% B_I < B_O < 20\% B_I$;
- $R_C=2$, pentru $10\% B_I < B_O < 15\% B_I$;
- $R_C=1$, pentru $5\% B_I < B_O < 10\% B_I$.

Pentru țara noastră, au fost înregistrate până în prezent valori $R_C=5$ pentru mai mult de 55% $B_I < B_O$, atât în cazul construcției de drumuri, cât și pentru proiecte de întreținere.

Prioritizarea riscurilor în funcție de nivelul orizontului de timp al proiectului implică unul sau mai mulți factori de risc care vor prelungi termenul inițial a proiectului (T_I) cu întârzierea de timp (T_O), comparativ cu momentul inițial, în cazul în care: $T_F = T_I + T_O$

- $R_T=5$, pentru $T_O > 2$ ani;
- $R_T=4$, pentru $T_O > 1$ an;
- $R_T=3$, pentru $6 \text{ luni} < T_O < 12 \text{ luni}$;
- $R_T=2$, pentru $3 \text{ luni} < T_O < 6 \text{ luni}$;
- $R_T=1$, pentru $T_O < 3 \text{ luni}$.

Datele colectate de la proiecte deja efectuate subliniază faptul că nu există niciun proiect de construcție de drumuri cu $R_T = 1$, multe dintre ele termene mai mari de mai mulți ani ($R_T = 5$), în timp ce, în cazul proiectelor de întreținere, valorile înregistrate au fost, în general, $R_T = 1$ sau $R_T = 2$.

Am definit *riscul de calitate* - R_C în raport cu impactul global asupra rezultatelor proiectului, privind indicatorii de calitate și standardele generale de performanță stabilite pentru proiectele de construcții de drumuri și de întreținere. R_C este cotate pe o scală similară între 1 și 5:

- $R_C = 5$ – riscul de a avea un impact major asupra sistemului, astfel încât rezultatul final (în termeni de performanță, eficiență sau calitate) este inadmisibilă. Aceasta duce la anularea proiectului.
- $R_C = 4$ – risc de a avea un impact asupra sistemului, astfel încât rezultatul final este sub nivelul minim admis.
- $R_C = 3$ – risc de a avea un impact asupra sistemului, astfel încât rezultatele finale să fie sub țintele propuse, dar peste limita inferioară acceptată.
- $R_C = 2$ – riscul de a avea un impact asupra sistemului, astfel încât rezultatul final este sub obiectivele propuse, dar semnificativ peste limita inferioară acceptată.
- $R_C = 1$ – risc având un impact neglijabil asupra rezultatului final, dar monitorizarea cu regularitate este recomandată.

Cu ajutorul modulului MDA, care permite observarea vizuală a drumurilor bazate pe tehnicile de procesare a imaginii și achizițiile din teren, toate tipurile de defecte pot fi măsurate. În majoritatea cazurilor, pavajele prezintă diferite tipuri de imperfecțiuni clasificate de către expertul consultant în riscuri ale suprafețelor de pavaj (R_D), pentru care sunt propuse proiecte de întreținere.

O clasificare simplificată asociază R_D la momentul potrivit recomandat pentru demararea proiectului de reabilitare a drumurilor:

- $R_D = 5$ – defect cu un impact major asupra drumului, care necesită reabilitare imediată, $PCI = 1$, se recomandă reabilitarea imediată.
- $R_D = 4$ – defect al cărui impact asupra sistemului determină $1 < PCI < 2$, se recomandă reabilitarea în termen de 3 luni.
- $R_D = 3$ – risc de impact, care determină $PCI = 2$, se recomandă reabilitarea în termen de 6 luni.
- $R_D = 2$ – defect al cărui impact asupra sistemului determină $2 < PCI < 3$, se recomandă reabilitarea în termen de 9 luni.
- $R_D = 1$ – risc de impact, care determină $PCI = 3$; efectul său asupra pavajelor este semnificativă, se recomandă monitorizarea regulată și reabilitarea în termen de 1 an.

Planificarea de diminuare a riscurilor are mai multe abordări de gestionare a riscurilor, cum ar fi: reducerea, controlul, aprobarea sau transferul riscurilor. Aceste acțiuni se aplică în funcție de efectele riscurilor și oportunități pentru alternative de proiect.

1.3. Facilități de dezvoltare

Pentru un proces de dezvoltare de software de succes, au fost finalizate toate fazele majore ale ciclului de dezvoltare a aplicațiilor (analiză, proiectare, implementare, testare). Pentru a oferi o imagine de ansamblu complexă a sistemului prezentat, schema fluxului de date este prezentată în Fig.3. Principalii actori sunt descriși, datele de intrare și operatorii sunt evidențiați, localizarea datelor stocate este prezentată, iar o descriere a modului în care toate procesele sunt conectate împreună pentru a arăta rezultatul într-un mod adecvat este pus la dispoziție.

În faza de analiză, am determinat în primul rând contextul cu privire la modul în care va funcționa aplicația, identificând părțile interesate directe și indirecte, precum și modul în care aplicația va fi utilizată, implementată și dezvoltată. De asemenea, au fost identificate sursele majore de cerințe, urmate de analiza și elicitarea cerințelor prin interviu și metoda cazurilor de utilizare.

Scopul principal al modelului este de a asista companiile în licitarea pentru proiecte, estimarea unui cost precis al proiectului și furnizarea calității la cel mai bun preț. Sistemul nu este creat pentru o anumită organizație, ci pentru orice organizație din domeniul construcțiilor și întreținerea pavajelor sau de orice organizație implicată în consilierea companiilor pentru elaborarea de proiecte (Bența et al., 2011).

Părțile interesate identificate pentru acest sistem sunt: angajați ai companiei (inginerul responsabil pentru efectuarea caietului de sarcini și managerul de proiect), clienți, furnizori, parteneri de afaceri, acționarii, agenții guvernamentale, auditori, instituții de cercetare și, de asemenea, societatea în general. Un rol special în managementul riscului îl au *Beneficiarul*, *Consultantul* și *Managerul de proiect*.

Beneficiarul este un client asumându-și rolul de partener și de negociator. Acesta poate fi Consiliul Regional, Ministerul Transporturilor sau CNADNR. Un rol major în Risk3M îl are **Consultantul** - persoana responsabilă de aducerea în cauzele în instanță răspunsuri și coordonarea planului de atenuare a riscurilor. Consultantul are, de asemenea, capacitatea de a accesa și / sau de a modifica baza de date după propria expertiză și să realizeze diferite scenarii de risc și prognoză. Responsabilitățile **Managerului de proiect** presupun delegarea sarcinilor membrilor echipei și cu furnizarea de informații necesare pentru a reduce la minimum factorii de risc în timpul execuției proiectului. În cazul în care un proiect complex are un **Subcontractor**, managerul companiei poate prelua rolul de manager de proiect pe tronsonul de drum care îi este atribuit, în cazul în care proiectul implică asociații de companii (Fig. 3). Am folosit ambii termeni –**Utilizator** și **Inginer** – deoarece poate fi Beneficiarul, Subcontractantul, Consultantul sau un Inginer specializat în pavaje din cadrul echipei.

Aceste proiecte sunt considerate intrările în cadrul aplicației. Prin urmare, există două tipuri majore de costuri: costurile forței de muncă și costurile instalațiilor și echipamentelor; acestea sunt oferite pe ore lucrate sau închiriate, în cazul echipamentelor (PRAM, 1997). În plus față de aceste atribute prin care se măsoară cheltuielile efective sau estimate, fiecare proiect are o serie de atribute specifice, care detaliază situația în care proiectul este realizat (denumirea proiectului, data semnării contractului, data de începere a proiectului, data de finalizarea proiectului, numărul de parteneri interni și externi, companii care dețin proiectul, clienții și furnizorii, managerul de proiect), precum și unele atribute legate de profit, bugetul oferit sau valoarea bugetului furnizat de o anumită companie.

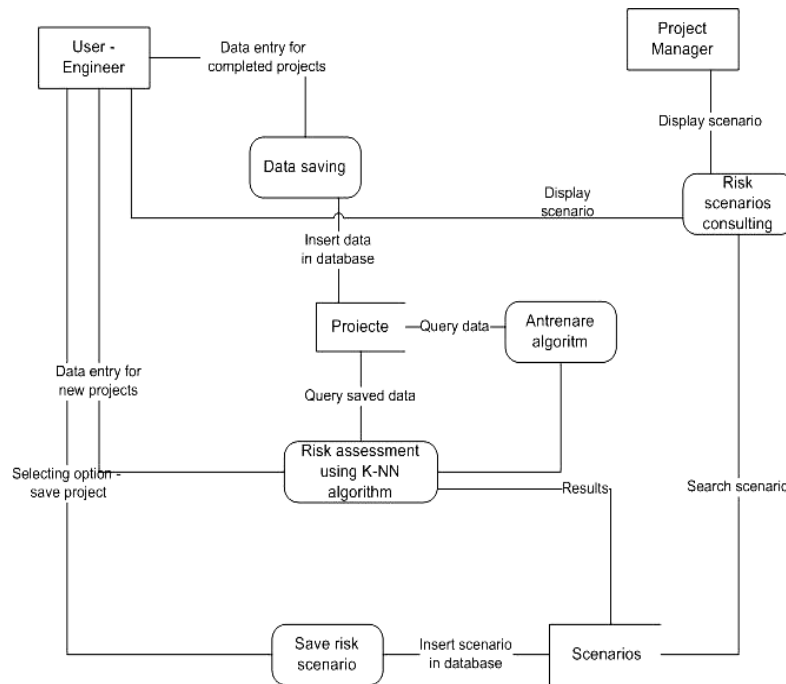


Figura 1.1. Diagrama Fluxului de Date

O serie de constrângeri au fost de asemenea identificate, cum ar fi numărul maxim de ore, o persoană poate lucra în conformitate cu legea, costul pe oră plătit unui angajat, durata maximă în ani pe care proiectul îl poate avea. Baza de date a fost implementată în MySQL.

Pentru a oferi o analiză imparțială a riscurilor, sistemul dezvoltat a fost proiectat pe principiul de previzionare a clasei de referință, folosind un algoritm k-NN pentru analiza datelor și pentru problemele de clasificare. Acest algoritm utilizează date similare existente, în scopul de a crea un clasament imparțial al obiectelor. Clasa de referință utilizată a fost suficient de mare pentru a fi semnificativă din punct de vedere statistic, dar suficient de îngustă pentru a fi cu adevărat comparabil cu proiectul "necunoscut nou". Rezultatele sunt exprimate ca procent, care reprezintă probabilitatea finalizării proiectelor în timp sau cu întârzieri, în comparație cu clasa de referință (Bența et al., 2011).

Risk3M a fost creat ca o aplicație web care va fi ulterior integrată ca parte a platformei web PAV3M care ar oferi, de asemenea, alte servicii complementare pentru managementul construcției și al întreținerii de pavaje.

Proiecte de construcții și întreținere de pavaje de sunt considerate similare, astfel încât metoda de estimare a clasei de referință să poate fi aplicată cu succes cu rezultate notabile. Pentru fiecare proiect unele caracteristici specifice trebuie să fie identificate și corelate cu evenimente de incertitudine. În acest caz particular, cele mai importante caracteristici au fost luate în considerare cele legate de costuri, cum ar fi: costurile forței de muncă de zilnice și costurile instalațiilor și echipamentelor. Folosind algoritmul k-NN, un obiect este clasificat cu votul majorității vecinilor săi, fiind repartizat la clasa cea mai strâns asemănătoare. Pentru prima etapă, formarea algoritmului, vectori au fost utilizați cu datele salvate într-o bază de date, ceea ce reprezintă proiectele finalizate care au un stadiu cunoscut (la timp sau întârziate).

Atunci când se introduce un nou proiect va fi atribuit unuia dintre cele două clase, în funcție de votul majorității. După cum s-a menționat deja, pentru punerea în aplicare, a fost creată o clasă de referință de cincizeci de proiecte, cu caracteristici pentru costurile zilnice care au fost generate în mod aleatoriu pentru 43 de proiecte din cauza incapacității de a obține mai multe proiecte reale finalizate din cauza problemelor de confidențialitate.

Acele numere aleatoare au fost generate conform limitei minime și maxime stabilite a priori (de exemplu, numărul minim de ore nu poate fi negativ, numărul maxim de ore pe care o singură persoană îl poate lucra în mod legal în doi ani, intervalul de timp în care un proiect ar

trebui să fie finalizat). După ce prima etapă a fost finalizată, un nou proiect ar putea fi atribuit uneia dintre clasele existente. Pentru a se evita transferurile inutile client-server cu date incorecte, validarea client-side a fost pusă în aplicare, iar în cazul unei intrări nevalide este afișat un mesaj de eroare.

2. Dezvoltarea de hardware pentru modelul funcțional al platformei PAV3M

Platforma hardware pentru achiziția semnalelor de imagine a fost concepută în două variante, avînd același scop, dar cu performanțe diferite. Amîndouă pot achiziționa semnalele de imagini de la două surse, semnalele de vibrații și poziție geografică, memorează datele pe suport nevolatil și asociază datele cu o etichetă de timp și una de poziție. Aceste operații se efectuează la viteza de mers a unui autovehicul nespecializat. Prima variantă este simplă, ieftină ușor de replicat în mai multe exemplare, se instalează foarte simplu, dar funcționează numai în condiții de lumină naturală favorabilă, la viteze pînă la 70km/h. Cea de a doua variantă nu este încă testată. A fost concepută să funcționeze în condiții de iluminare slabă și la viteze mai mari, dar este considerabil mai costisitoare și mai complicat de instalat, din cauza sistemului de iluminare suplimentar.

Testele din această etapă au fost efectuate cu varianta mai simplă, care va fi descrisă în cele ce urmează, așa cum este prezentată în lucrarea [8].

2.1. Platforma hardware și achiziția imaginilor

2.1.1. Obiectivele

Scopul sistemului prezentat este de a capta imagini ale șoselei, necesare pentru detectarea găurilor, fisurilor, rugozității, uzurii și abaterilor de la planeitate. Companiile care asigură întreținerea și repararea drumurilor sunt principalii beneficiari ai unui astfel de sistem (vezi [1]). Setul de senzori care furnizează informațiile este foarte larg: camere video, accelerometre, giroscop, senzori ultrasonici, receptor GPS și reflectometru laser (vezi [2]). Pentru că suprafața inspectată este imensă, senzorii sunt instalați pe un vehicul, iar informația este achiziționată în timpul mersului, ca în [2], [3]. În ultimă instanță, informațiile utile sunt cele de imagine și de spectru al vibrațiilor ([2], [3], [4], [5], [6]). Pe baza informației de imagine se detectează crăpături, uzură sau chiar microtextura asfaltului ([5]).

O parte din informațiile amintite depășesc interesul acțiunilor uzuale de mentenanță, astfel încît platforma proiectată se limitează la preluarea imaginilor macroscopice. Unul dintre obiectivele sale este de a achiziționa semnalele de imagine, vibrații și poziție, folosind senzori și resurse hardware necostisitoare. Un alt obiectiv este instalarea sistemului pe un vehicul nespecializat (poate fi un autoturism obișnuit). Prelucrarea imaginilor poate fi făcută direct pe resursele hardware instalate în autovehicul, dar acest aspect nu este esențial, întrucît înregistrarea este oricum necesară, iar deciziile se iau după parcurgerea unui segment de drum. De aceea, principala acțiune legată de achiziție este înregistrarea imaginilor pe un suport nevolatil, care va fi exploatat ulterior. În ansamblu, sistemul prezentat preia semnale de la două camere video, de la receptorul GPS și de la subsistemul de măsurare a vibrațiilor (prezentat în RST 2015 și [6]).

Semnalele sunt achiziționate la viteza de croazieră a vehiculului, nu mai mare de 70km/h, apoi sunt înregistrate pe suport extern. Imaginile și semnalele de vibrație sunt asociate cu o etichetă de timp și una de poziție geografică. Cîmpul de vedere și viteza de transfer a datelor au fost alese astfel încît să permită o rezoluție spațială de 2mm/pixel, în regiunea de interes.

Achiziția se produce la inițiativa microcalculatorului care transferă datele. Sistemul nu dispune de iluminare proprie, motiv pentru care funcționează doar în condițiile de iluminare naturală favorabilă (timpul zilei, fără ceață, fără pînză de apă reflectătoare). Costul părții hardware este sub 250 euro, ceea ce permite replicarea, pentru instalarea pe mai multe vehicule de test.

Platforma poate realiza și înregistrarea de secvențe video, în aceeași structură. Deși numărul de cadre pe secundă este mai mare decât în cazul fotografiilor, debitul de transfer al datelor este comparabil, din cauza compresiei specifice sistemului video. Totuși, menținerea debitului imaginilor exclude înregistrarea simultană a informației de vibrații. Atunci când sunt urmărite ambele informații, sunt necesare două platforme.

2.1.2. Alegerea senzorilor și cerințele hardware

Una dintre camere este destinată preluării imaginilor de ansamblu, la viteză variabilă. Cea de a doua cameră este cea care asigură rezoluția necesară. A fost ales modelul Omnivision OV5647 (sau altele echivalente), care echipează microcalculatoarele *single board* Raspberry Pi 2. Proprietățile sale sunt: rezoluție 2592 x 1944 (cameră de 5Mpix), deschidere orizontală de 53,5°, deschidere verticală de 41,41° (unghiul 2α), fără ajustarea focalizării (corectă de la 1m la infinit), scanare rapidă a senzorului (*rolling shutter*).

Poziția de montare a camerei, văzută din profil, este prezentată în figura 2.1. Înălțimea de montare h este aproximativ 1.5m (ca într-un autoturism uzual), iar unghiul de înclinare al axei centrale θ este 65°. Lungimea zonei acoperite de cameră, în secțiunea longitudinală, este

$$l_y = h \cdot (\operatorname{tg}(\theta + \alpha/2) - \operatorname{tg}(\theta - \alpha/2)), \quad (2.1)$$

adică aproximativ 18,5m. Rezoluția spațială, în lungul acestei secțiuni, este cuprinsă între limitele (în mm/pixel):

$$y_p = \frac{2 \cdot h}{N_y} \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha/2)}{\cos(\theta + \alpha/2)} \quad (2.2)$$

$$y_p = \frac{2 \cdot h}{N_y} \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha/2)}{\cos(\theta - \alpha/2)}, \quad (2.3)$$

unde constanta N_y este numărul de pixeli pe axa verticală a camerei.

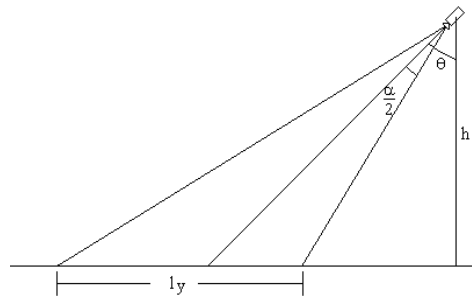


Figura 2.1: Secțiune longitudinală a câmpului vizual al camerei, în plan vertical (din [8])

Partea inferioară a imaginii, de lungime 5m, are o rezoluție de 2mm/pixel sau mai bună. Rezoluția scade pe laterale, dar acele zone au influență mică asupra diagnozei. La viteza de 70km/h, adică 19,4/s, rata de eșantionare a imaginilor trebuie să fie de 4 cadre/s, pentru ca fiecare parte a pavajului să fie înregistrată cu rezoluția cerută. Întrucât imaginile se suprapun (fiecare porțiune apare de cel puțin 3 ori), se pot adopta și alte variante de amplasare, care să permită creșterea rezoluției sau scăderea ratei de eșantionare, cu prețul unui suport mai pretențios al camerei.

Un aspect important este eșantionarea internă a camerei, întrucât vibrațiile mașinii pot determina imagine mînjită. Răspunsuri posibile la această problemă sunt scanarea rapidă a senzorului (*rolling shutter*, ca la OV5647) sau eșantionarea foarte rapidă a țintei camerei, ca la modelul Sony IMX219, care a fost ales pentru plăcile Raspberry Pi 3 (vezi [7]).

În legătură cu măsurarea poziției geografice, o precizie de ordinul metrilor este suficientă, deci se poate folosi un receptor GPS uzual, pentru care eșantionarea se produce la 1s (protocolul NMEA).

Imaginile achiziționate sunt comprimate direct de cameră. Pentru 5Mpix, dimensiunea medie a fișierului este de 3-4MB, ceea ce impune un spațiu de memorare maximum de 60GB pe oră de înregistrare. Spațiul se dublează dacă folosim două camere de rezoluții similare. Rata de transfer a datelor, spre mediul de memorare extern trebuie să permită 4 cadre/s, adică 16MB/s. Un al treilea flux de date sosește de la subsistemul de măsurare a vibrațiilor și solicită o viteză de transfer mult mai mică, de 100kB/s (a fost evaluată în [6]).

Mediul de memorare trebuie să reziste la vibrațiile vehiculului, dar această restricție nu impune componente speciale, întrucât se poate găsi, în orice vehicul, o zonă cu vibrații reduse (sub 0,2g).

2.1.3. Unitatea centrală și memoria externă

Au fost analizate mai multe posibilități de achiziție, dintre care un telefon din categoria *smart* pare a fi satisfăcător. Totuși, el nu admite două camere, are posibilități mai restrânse de a se conecta cu alte subsisteme și este mai scump. Ca urmare, a fost aleasă soluția bazată pe placa Raspberry Pi (versiunile 2 sau 3). Principalele proprietăți sunt: calculator *single board*, procesor puternic (BCM2837 64bit Quad Core), 1.2GHz, 1GB RAM, 4 conectori USB, conector CSI pentru cameră, conectori pentru SD card și LAN, module WiFi și Bluetooth opționale. Sistemul de operare este gratuit (Linux), încărcat pe SD card. Placa e foarte populară, ceea ce înseamnă multe proiecte și programe deja testate. Perifericele sunt conectate astfel: o cameră pe CSI, o cameră, modulul GPS, subsistemul de vibrații și memoria externă pe USB. Conexiuni suplimentare sunt posibile pe LAN și Bluetooth. Structura este cea din figura 2.2.

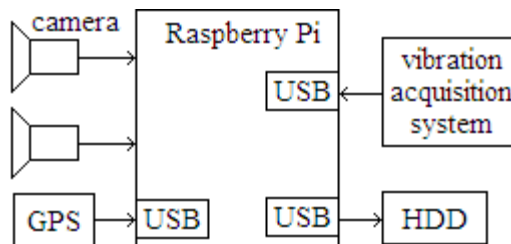


Figura 2.2: Structura sistemului (din [8])

Placa Raspberry Pi, modelul 3, este mai adecvată scopului acestui sistem. Noua cameră, Sony IMX219, are rezoluție de 8Mpix (3280x2464) și viteză de 30cadre/s sau mai mult (pentru rezoluție mai mică).

Memoria externă poate fi HDD, SSD, *memory stick* sau SD card. Totuși, din cauză că sistemul de operare este încărcat pe SD card, viteza de scriere este diminuată, ocazional, deși viteza sa nativă este bună (12 MB/s). În plus, SD card are spațiu limitat. Dispozitivele *memory stick* uzuale nu sunt suficient de rapide la scriere, este necesar să alegem modele performante. HDD și SSD oferă 25MB/s și spațiu de sute de GB. Pentru simplitate, experimentele au fost efectuate cu HDD, care a permis rata de transfer necesară.

Programul de achiziție și transfer a fost scris în Python și se bazează pe funcțiile uzuale ale Linux și pe biblioteci *open source*. El conține trei module distincte. Primul modul decide momentele de eșantionare la cameră, preia informația de imagine și memorează fișierele pe memoria externă. În acest scop, folosește biblioteca proprie a camerei. Numele fișierului conține eticheta de timp (momentul de eșantionare). Al doilea modul preia poziția de la modulul GPS și o depune într-un fișier similar, rata de eșantionare fiind decisă de modul. Este folosită funcția Linux „gpsd”, iar numele fișierului conține aceeași etichetă de timp. Informația de poziție nu este inclusă direct în fișierul cu imagine, deoarece procesele nu sunt sincrone, deci achiziția sau sincronizarea

ar putea fi perturbate. Împerecherea informației de imagine și poziție se efectuează *offline*. Al treilea modul software preia informația de vibrații (vezi [6]), pe USB, și o memorează în fișier separat.

2.1.4. Receptorul GPS

Receptorul GPS este de construcție proprie și se bazează pe modulul integrat Quectel L76, de dimensiuni mici (1 cm pătrat). El poate urmări pînă la 33 sateliți (GPS și GLONASS) și transmite datele pe interfața serială UART, la fiecare 1s, folosind protocolul NMEA. Formatul datelor de ieșire și cuvintele de comandă, prin care este configurat modulul, sunt cele tipice NMEA. Cuplarea între seriala UART și USB se face tot cu un modul propriu, bazat pe circuit FTDI230. O fotografie a celor două și a unității de antenă exterioară este prezentată în figura 2.3. Alimentarea modulului GPS este dată de convertorul UART/USB care, la rîndul său, se alimentează din USB (în total 40mA, cu antena exterioară).



Figura 2.3: Modulul GPS și interfața UART/USB (din [8])

Incertitudinea indusă de transmiterea poziției la fiecare secundă, este de 20m, adică spațiul parcurs de vehicul în acest timp. S-ar putea presupune că interogarea mai frecventă a modulului GPS este necesară. Totuși, eroarea intrinsecă a receptorului este de ordinul 3-5m, în spațiu liber. Nesincronizarea dintre eșantionarea imaginii și GPS produce încă o eroare, de ordinul metrilor. De aici, concluzia că nu este rezonabilă creșterea vitezei de interogare a modulului GPS.

2.2. Instalarea modelului experimental pe un autovehicul nespécializat

În figura 2.4 sunt prezentate componentele sistemului de achiziție, care a fost instalat pe un autoturism. Placa unitate centrală este înconjurată de: modulul cameră Omnivision (stînga jos), camera USB (stînga sus), modulele de măsurare a vibrațiilor, cu interfața USB/RS485 (sus), modulul GPS și conexiunea de rețea (dreapta). În partea de jos se află cablul pentru alimentare, discul dur extern, HDD, se află sub unitatea centrală. Deși montarea camerei în exteriorul vehiculului este posibilă, testele au fost efectuate cu camera în interior, pentru a exclude, pe moment, prelungirea panglicii sau mutarea plăcii unitate centrală în exterior.



Figura 2.4: Componentele sistemului de achiziție, montate pe autoturism (din [8])

Testele de viteză de scriere au demonstrat că HDD și SSD respectă cerințele formulate în 2.1.2. viteza măsurată a fost de 26MB/s, care este viteza nativă a Raspberry Pi și care permite peste 7 cadre/s. Un memory stick uzual nu a atins viteza necesară (este necesar unul performant). Încărcarea procesorului a fost departe de maxim (sub 50%), chiar și când a realizat simultan achiziția imaginilor, a vibrațiilor și transferul datelor.

În condiții de laborator, alimentarea platformei este furnizată din modul de alimentare dedicat, 5V/1,5A. În automobil, alimentarea provine de la o baterie și un stabilizator propriu. În principiu, poate fi bateria vehiculului, dar am folosit baterie separată, din considerente de minimizare a intervenției asupra automobilului. Placa centrală, HDD, modulul GPS și subsistemul de măsurare a vibrațiilor consumă maxim 1,5A, dacă se execută simultan achiziția datelor și scrierea pe HDD. Acesta este un consum rezonabil pentru Raspberry Pi3, dar poate fi la limita a ceea ce el furnizează pe porturile USB. Ca urmare, dacă una dintre componente consumă mai mult (spre exemplu, HDD), trebuie adăugat un multiplicator de conexiuni USB, cu alimentare proprie.

Testele efectuate în mers au dovedit comportarea corectă a sistemului de achiziție. Imaginile sunt eșantionate la o rată convenabilă (cel puțin 4 cadre/s), apoi comprimate și transferate către unitatea centrală. Viteza de memorare este suficientă pentru fluxul de date. În figura 2.5 este prezentată, ca exemplu, o imagine preluată din mers și memorată. Camera și placa centrală au fost plasate în interiorul vehiculului, lângă parbriz. În mijlocul zonei de interes de pe șosea se vede clar o degradare a pavajului. Așa cum era de așteptat, umbra și iluminarea insuficientă reduc posibilitatea de a detecta corect elementele de interes din scenă. Au fost efectuate teste cu două tipuri de cameră: numai pentru lumină vizibilă sau lumină vizibilă și infraroșu. Din teste nu au rezultat diferențe în comportare, deci a fost adoptat un singur tip (camera pentru lumină vizibilă). Testele efectuate în continuare s-au limitat la intervalele când lumina naturală este favorabilă.



Figura 2.5: Exemplu de imagine luată din mers (din [8])

2.3. Teste de achiziție de imagini, în condiții de teren

În cadrul testelor, au fost înregistrate serii de imagini pe șosea. Așa cum a fost prezentat, numele fișierului conține eticheta de timp a momentului de eșantionare. În paralel, fișierul cu date GPS conține, în numele său, o etichetă de timp similară.

Testul cel mai relevant este privitor la efectul vibrațiilor autovehiculului, asupra calității imaginilor memorate. În figura 2.6 este prezentată scena unei serii de imagini, luate în deplasare dreaptă, cu camera de 5Mpix. Imaginea este eșantionată la momentul 0,883 secunde, când deplasarea este lină. În imagine se observă un obstacol (înălțare la trecerea de pietoni), pe care vehiculul îl va traversa la secunda 2,05 (roțile din față) și la secunda 3,4 (roțile din spate). Viteza mică de deplasare a fost aleasă pentru a compensa înălțimea mare a obstacolului (neuzuală

pentru ceea ce se află, de obicei, pe șosea). În momentul traversării, autovehiculul suferă o serie de mișcări rapide, în plan vertical, plus vibrațiile care apar ca urmare a acestor mișcări bruște.



Figura 2.6: Imagine dintr-o serie afectată de vibrații (din [8])

Pentru a evidenția efectul vibrațiilor asupra imaginii memorate, în figura 2.7 au fost extrase detalii semnificative din 4 imagini, la momentele 0,883s, 2,051s, 3,411s și 3,754s. Detaliile sunt la scară suficient de mică, încât să fie vizibilă afectarea unui pixel sau a unui grup de pixeli. Faptul că detaliile au dimensiuni diferite se datorează apropierii treptate a automobilului. Între detaliile din imagine nu se observă diferențe semnificative, în sensul de imagine în ceață sau mînjită, ceea ce confirmă efectul modului *rolling shutter*. Timpul de eșantionare internă (în cameră) este așa de scurt, încât efectul vibrațiilor asupra calității imaginii nu este semnificativ.

0883	2051	03411	03754
			
			

Figura 2.7: Imaginile unor detalii din aceeași scenă, neafectate de vibrații

3. Aspecte de prelucrare a imaginilor din teren

În această etapă, UVT (P3) și UTCN (P5) a continuat cercetările asupra segmentării imaginilor pentru extragerea zonei de interes din suprafața asfaltată și a dezvoltării de algoritmi

de marcarea reversibila care sa permita insertia informatiei extrase dupa segmentare chiar în imaginile din care au fost extrase. Daca în etapa anterioara a fost propus un algoritm de segmentare testat pe imagini statice, în aceasta etapa s-a testat algoritmul pe secvente de imagini si s-au continuat cercetarile pentru extragerea zonei de suprafata acoperita de asfalt, zona ce urmeaza sa fie analizata. De asemenea, au fost continuate si cercetarile asupra algoritmilor de marcarea reversibila, algoritmi prin care intentionam insertia în imaginile drumurilor atat a metadatelor (informatii cu privire la achizitia imaginii gen timp si coordonate exacte etc.) cat si adnotarea imaginilor cu date asupra localizarii suprafetei asfaltate si a defectelor detectate.

În acest sens, rezultatul cel mai important obtinut în aceasta etapa este un algoritm de imperechere adaptiva pentru insertie cu distorsiuni reduse, algoritm publicat în *IEEE Transactions on Image Processing*, revista cu factorul de impact 3.735, considerata revista rosie în codificarea UEFISCDI (top 25% în domeniu). Cu privire la marcarea reversibila, faptul ca permite extragerea exacta a informatiei inserate si recuperarea fara eroare a imaginii gazda este de interes atat pentru baza de date cu imagini adnotate cat si pentru fuzionarea on line a imaginilor cu metadate.

În etapa anterioara am propus un algoritm simplu de transformare a imaginii color într-o imagine monocroma care permite evidentierea culorii gri, sau mai corect spus, a abaterii de la gri a imaginii. Imaginile monocrome obtinute au permis detectarea automata a pragurilor pentru binarizare. Întrucât suprafata de asfalt este delimitata fie de marcaje tip linie continua sau intrerupta fie, în situatia în care aceste marcaje lipsesc, de contururi naturale si marcajele sau contururile au forma dominant liniara, am utilizat transformata Hough pentru a extrage liniile care delimiteaza benzile de asfalt. Dreptele obtinute prin transformare Hough sunt usor de prelungit prin continuitate, ceea ce rezolva rapid si situatiile în care marcajul este de tip linie intrerupta. Prezentam în continuare rezultatele obtinute pentru segmentarea secventelor de imagini si extragerea zonei de interes.

Vom prezenta în continuare rezultatele obtinute pentru secventa de imagine *raw-cordova1.mp4*. Secventa este disponibila la <http://vision.caltech.edu/malaa/software/research/caltech-lane-detection/>. Secventa are rezolutia de 480 x 640 pixeli/cadru, 10 cadre color pe secunda (2.709 Mbps) si are o durata de 25 secunde. 10 cadre din secventa de test sunt prezentate în Fig. 1. Fiecare cadru color este transformat într-o imagine monocroma cu algoritmul propus în etapa anterioara, dupa care se detecteaza contururi (operatorul Prewitt) si se aplica transformata Hough pentru detectarea de drepte. Prezentam în Fig. 2 rezultatele (contururile si dreptele detectate) pentru doua cadre din secventa prezentat în Fig. 1. Dreptele extrase prin transformata Hough permit constructia mastilor care evidentiaza zonele de interes din imagine si care vor fi inserate, prin marcarea reversibila, în cadrele din care au fost extrase.

Detectarea suprafetei de asfalt continua cu extragerea unei zone ce urmeaza a fi analizata pentru identificarea eventualelor defecte. Extragerea zonei de interes pleaca de la considerentul ca, din suprafata delimitata de masca, trebuie extrasa o zona corespunzatoare benzii pe care se deplaseaza vehicolul, respectiv zona centrala de asfalt delimitata de dreptele detectate, zona din care trebuie aleasa zona inferioara. Informatia referitoare la viteza vehicolului trebuie utilizata pentru determinarea numarului de linii. În Fig. 3 (stanga) sunt prezentate zonele de interes corespunzatoare celor 10 cadre din Fig. 1. Din cauza efectului de perspectiva, zonele de interes au forma trapezoidala, forma care poate fi usor corectata (Fig. 3, dreapta).

În continuare prezentam si rezultatele obtinute în aceasta etapa la imbunatatirea algoritmilor de marcarea reversibila. Dupa cum am mentionat mai sus, rezultatul cel mai important obtinut este algoritmul de insertie cu imperechere adaptiva publicat în *IEEE Trans. on Image Processing* 2016. Algoritmul nostru imbunatateste schema de marcarea reversibila cu insertie în histograma 2D propusa de B. Ou et al., "Pairwise prediction-error expansion for efficient reversible data hiding," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 22, no. 12, pp. 5010–5021, 2013. Schema propusa de B. Ou considera perechi de pixeli adiacenti în directie diagonala si insereaza informatia în histograma 2D a erorilor de predictie. B. Ou propune si un mecanism foarte eficient de insertie pentru cazul în care se poate insera informatie în amandoi pixelii. Ideea

interesanta adusa de algoritmul lui Bo Ou este de a insera în loc de 2 biti pe pereche, respectiv perechile de date (0,0), (0,1), (1,0) si (1,1), doar primele 3 combinatii, renuntand la perechea (1,1).

Pierderea în capacitate la insertie($\log_2 3$ biti în loc de 2) este compensata de castigul în calitate, intrucat schema introduce o eroare patrata de maximum 1 nivel de gri pe pereche. în etapa trecuta am propus o imbunatatire la algoritmul lui B. Ou si anume, modificarea predictiei pentru a putea grupa perechi ai caror pixeli sa fie mai bine corelati, adica perechi orizontale sau verticale (EUSIPCO'2015). Atat schema lui B. Ou cat si schema noastra de la EUSIPCO'2015 au fost depasite de algoritmul propus de X. Li et al., "Efficient reversible data hiding based on multiple histograms modification," din *IEEE Trans. Inf. Forensics Security*, vol. 10, no. 9, pp. 2016–2027, 2015. Schema propusa de noi în aceasta etapa, în loc de o asocierea fixa a pixelilor, introduce o imperechere adaptiva. Pixelul curent este asociat cu unul dintre vecinii sai, în scopul de a promova perechile care sa permita insertie în amandoi pixelii.

Algoritmul nostru propune o procedura de clasificare a pixelilor care asigura atat asocierea la insertie cat si recuperarea acestora la detectie. Schema propusa de noi depaseste nu numai pe cea propusa de B. Ou, dar si schema propusa de X. Li. Dupa stiinta noastra, algoritmul propus de noi este, la ora actuala, cel mai eficient algoritm de insertie reversibila la capacitati mici si foarte mici.

Tot în aceasta etapa am propus un nou algoritm de insertie (prezentat la EUSIPCO 2016, conferinta ISI Proceedings). Astfel, doua limite complementare ale pixelului prezis sunt definite și utilizate pentru a estima doua erori de predictie, iar valoarea cea mai plauzibila este selectata. O schema de marcare cu insertie în context asiguradetectarea valorii selectate, fara a fi necesare alte informatii suplimentare. Schema este generala si functioneaza indiferent de predictorul considerat. Rezultatele se dovedesc bune la rate de insertie de mai puțin de 0,5 bpp.



Figura 3.1. Secventa de imagini de test (10 cadre)



Figura 3.2. Extragere contururi si detectie drepte (Hough).



Figura 3. Extragerea zonei de interes si corectarea efectului de perspectiva.

De asemenea, am propus si un algoritm de marcare care isi propune evitarea depasirilor inferioare si superioare. Algoritmul a fost prezentat tot la EUSIPCO 2016. Ideea este de a exploata semnul erorii de predicție. Mai precis, pixelii aproape de negru sunt inserati în mod direct atunci cand eroarea de predicție este pozitiva. În mod similar, pixelii cu valori apropiate de alb sunt inserati direct în cazul unor erori negative. Aceste doua cazuri deplaseaza nivelul de gri spre interior, evitandu-se depasirile. Pentru cazul în care semnul erorii de predicție nu permite expandarea erorii, am propus o solutie originala. Pixelul curent este lasat neschimbat si unul dintre vecinii sai de pe diagonalele superioare este modificat prin expandarea erorii de predicție, dar cu o eroare de predicție diferita. Algoritmul este eficient pentru imagini cu zone mari de pixeli negri sau albi. Astfel de cazuri se constata si pentru imaginile monocrome obtinute din imaginile color dupa transformarea propusa de noi în etapa precedenta a lucrarilor.

Incheiem prezentarea rezultatelor originale obtinute la UVT cu un algoritm original de aliniere a imaginilor prezentat la conferinta *IWSSIP 2016*, conferinta *ISI Proceedings*. Algoritmul utilizeaza proiectiile integrale, ceea ce conduce la o complexitate scazuta, aspect critic în situatiile în care trebuie prelucrat în volum mare de date, ca în cazul analizei în timp real a imaginilor suprafetei asfaltate a drumurilor (Figura 3.1,3.2,3.3).

Concluzii și perspective

Testele au pus în evidență că sistemul de achiziție funcționează corect, pentru scopul pentru care a fost creat. Este fiabil, ieftin și ușor de instalat într-un automobil nespecializat. Efectul vibrațiilor automobilului asupra imaginilor înregistrate nu este semnificativ, iar rezoluția obținută este 2mm/pixel sau mai bună. Un dezavantaj al acestui sistem este faptul că asigură calitatea dorită a imaginilor numai atunci când iluminarea naturală este favorabilă. În continuare, cercetarea se va concentra pe lărgirea condițiilor de iluminare.

Am abordat problema dezvoltării cu succes a proiectelor în managementul pavajelor și întreținere, precum și prevenirea eficientă a riscurilor prin discutarea importanței managementului riscului în inginerie, precum și modul în care aplicarea acestuia pe parcursul

întregului ciclu de viață al proiectului poate avea un impact asupra timpului de finalizare, mai ales în actuala tendință de creștere a complexității proiectului PMM.

Am analizat unele dintre funcționalitățile și deficiențele care ar putea apărea în domeniul întreținerii și construcției de drumuri. În baza standardelor existente, am identificat și detaliat categorii de risc mediu și ridicat cu privire la toate activitățile pe parcursul întregului ciclu de viață al proiectului.

Aceste evenimente de risc au fost clasificate pe o scală de la 1 la 5, fiecare dintre ele având asociată o consecință majoră. În ceea ce privește operațiunile de întreținere în cauză, am evaluat calitatea și defectele pavajelor printr-un sistem complex de achiziție a imaginii. Pentru a clasifica defectele, am folosit două standarde internaționale recunoscute - PCI și LTPP - și am realizat o ierarhizare simplificată a riscurilor bazată pe relația dintre riscul și valoarea PCI.

Dezvoltarea aplicației Risk3M oferă scenarii de risc a rezultatului, care sunt disponibile pentru a oferi sprijin factorilor de decizie pe termen lung, care sunt responsabili pentru dezvoltarea și întreținerea proiectelor de construcție de pavaje. Această metodă de estimare poate fi adaptată cu succes și în alte cazuri de întreținere care presupun dezvoltarea de proiecte complexe, care au un grad ridicat de inovare, dar, de asemenea, o serie de caracteristici comune.

Dezvoltările ulterioare care vor fi luate în considerare, în funcție de activitățile care urmează a fi întreprinse, includ realizarea unei interfețe grafice pentru proiectele finalizate pentru a facilita acest proces, în ceea ce privește utilitatea.

O altă oportunitate de dezvoltare în viitor este de a optimiza mai întâi algoritmul k-NN, astfel încât să se obțină un timp de răspuns mai bun și să fie pus apoi în aplicare într-un alt cadru pentru a compara timpul diferit de răspuns.

Noi considerăm că acest proiect generează cunoștințe pentru a rezolva probleme din viața reală. Pentru a se asigura o livrare de proiect în termeni predefiniți, metodă de previzionare a clasei de referință este preferabilă. O vedere din exterior va produce, astfel, informații mai realiste despre proiect. Prin utilizarea acestei aplicații vor putea fi atrase mai multe fonduri pentru construirea de drumuri în țara noastră.

Diseminarea rezultatelor

Cerere de brevet OSIM nr. A00891/ 23.11.2016

Rezumatul invenției

Invenția cu titlul ***“Echipament modular pentru inspectia drumurilor rutiere, incluzand carosabilul si zona adiacenta, destinat pentru a fi montat pe vehicule nespecializate”*** se refera la un echipament destinat inspectiei drumurilor, inclusiv zona adiacenta carosabilului, si se adreseaza domeniului de ingineriei de trafic si inspectie a pavajului. Scopul invenției este de a dezvolta un echipament care este modular, compact, ieftin si care se monteaza cu usurinta pe vehicule nespecializate asigurand astfel cresterea eficientei inspectiei rețelei rutiere. Echipamentul conform invenției este caracterizat prin aceea ca are un desing compact si modular care are in alcatuire un subsistem de inspectie automata vizuala a drumurilor, un subsistem de masurare a vibratiilor vehiculului si un dispozitiv mobil de tip laptop, tablet sau smartphone. Se propune folosirea de componente COTS (common of the shelf) si reducerea numarului de senzori pentru a asigura un cost redus al echipamentului.

Lucrari in reviste ISI cu factor de impact

1. (CO+P1) Dan Benta, Sergiu Jecan, Lucia Rusu, Oana Dines, Business Process Analysis for Risk Management in PAV3M, acceptata spre publicare în Environmental Engineering and Management Journal, Iasi, ISSN 1582-9596, IF 0.324
2. (CO+P1) Dan Benta and Lucia Rusu, Workow Automation in a Risk Management Framework for Pavement Maintenance Projects, was accepted for publication in International Journal of Computers, Communications & Control, ISSN 1841-9836 Vol.12, 2017. (Factor impact jurnal 0.872)

3. (P3)I.-C. Dragoi, D. Coltuc, Adaptive Pairing Reversible Watermarking, IEEE Transactions on Image Processing, vol. 25, no. 5, p. 2420-2422, 2016, DOI: 10.1109/TIP.2016.2549458, factor de impact: 3.735.
4. (P5)Corneliu Rusu, Jaakko Astola, „On the existence of the solution for one-dimensional discrete phase retrieval problem,” in *J.Signal, Image and Video Processing*, pp. 1-8, June 2016, ISSN: 1863-1711, DOI: 10.1007/s11760-016-0919-0 (Factor impact jurnal 0.872), <http://dx.doi.org/10.1007/s11760-016-0919-0>

Lucrari in reviste BDI

1. (CO+P1) Bogdan Cramariuc and Lucia Rusu, Road Inspection System Prototype Using Mobile Data Acquisition, Bulletin of the Polytechnic Institute of Iasi, Tomul LXI (LXV), Fasc. 3-4 2015, pp.21-35, ISSN 0254-7104
2. (P5) Lăcrimioara Grama, Alexandru Lodin, Corneliu Rusu, “About Analog Filter Netlist to Digital Filter Statements Approach,” in *Carpathian Journal of Electronic and Computer Engineering*, pp. 30-33, vol. 9, no. 1, 2006, ISSN 1844 – 9689, <http://cjece.ubm.ro/vol/9-2016/1611.11-9106.pdf>

Lucrari la conferinta Internațională

- 1.(CO+P1) Benta Dan, Jecan Sergiu, Rusu Lucia and Dines Oana, Feature of Development for Risk Management in Pavement Maintenance System, Proceedings of 2016 6th International Conference on Computer Communication and Management, Warsaw, Poland, 2016, indexed by Ei Compendex, Crossref, ProQuest, WorldCat, and EI (INSPEC, IET).

Lucrari la conferinta Internațională ISI

1. (P4)Claudiu Chiculiță, Laurențiu Frangu: A Low-Cost Pavement Image Acquisition System, IEEE 22nd International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging, SIITME 2016, Oradea, 20–23 octombrie 2016, pp.295-298 , www.siiitme.ro
2. (P3)I.-C. Dragoi, D. Coltuc, Towards Overflow/Underflow Free PEE Reversible Watermarking, European Signal Processing Conference EUSIPCO'2016, Budapest, Hungary, p. 953-957, 2016 ISBN: 978-0-9928-6266-4, IEEE Catalog number: CFP1640S-USB, ISBN: 978-0-9928-6266-4
3. (P3)C. Dragoi, D. Coltuc, Reversible Watermarking Based on Complementary Predictors and Context Embedding, European Signal Processing Conference EUSIPCO'2016, Budapest, Hungary, p. 1178-1182, 2016, ISBN: 978-0-9928-6266-4, IEEE Catalog number: CFP1640S-USB, ISBN: 978-0-9928-6266-4
4. (P3)F. Albu, "Low complexity image registration techniques based on integral projections", IEEE International Conference on Systems, Signals and Image Processing, IWSSIP, 2016, DOI: 10.1109/IWSSIP.2016.7502708
5. (P5)Corneliu Rusu, Jaakko Astola, „Positive Trigonometric Polynomials and One-Dimensional Discrete Phase Retrieval Problem,” in *Proc. of EUSIPCO 2016:24th European Signal Processing Conference*, 28-aug-2 Sept. 2016, Budapest, Hungary, pp. 433-437, 2016, ISBN: 978-0-9928-6266-4, IEEE Catalog number: CFP1640S-USB, ISBN: 978-0-9928-6266-4
<http://www.eurasip.org/Proceedings/Eusipco/Eusipco2016/papers/1570255687.pdf>
6. (P5) Corneliu Rusu, Lăcrimioara Grama, Jaakko Astola, „On Some Properties of Positive Trigonometric Polynomials Related to One-Dimensional Discrete Phase Retrieval Problem,” in *Proc. of ISETC 2016: International Symposium on Electronics and Telecommunications*, 27-28 Oct. 2016, Timișoara, Romania, pp. 289-292, IEEE Catalog number: CFP1603L-PRT, ISBN: 978-1-5090-3746-1

Bibliografie

1. T. M. Oguara, “Pavement Maintenance Management System: the Paradigm decision-making tools for Highway Engineers”, lecture notes, Rivers State University of Science and Technology, Port Harcourt, 2007.

2. H. Zakeri, F. Nejad, A. Fahimifar: Image Based Techniques for Crack Detection, Classification and Quantification in Asphalt Pavement: A Review, presented at CIMNE Barcelona, 2016, Archives of Computational Methods in Engineering, Springer, online Sept. 2016
3. *** <http://www.transview.org/aran/>
4. M. Borowiec, A. Sen, G. Litak, J. Hunicz, "Vibrations of a vehicle excited by real road profiles", Forschung im Ingenieurwesen, vol. 74, Springer, 2010, pp. 99-109.
5. A. Das, V. Rosauer, J. S. Bald: Study of Road Surface Characteristics in Frequency Domain using Micro-optical 3-D Camera, KSCE Journal of Civil Engineering, vol. 19, July 2015, pp.1282-1291
6. C. Chiculiță, L. Frangu, "A Low-Cost Car Vibration Acquisition System", IEEE 21st Intl. Symp. for Design and Technology of Electronics Packaging (SIITME), Brasov, Romania, 2015, pp. 281-285
7. *** Sony, camera IMX219 datasheet, http://www.sony-semicon.co.jp/products_en/new_pro/april_2014/imx219_e.html
8. april_2014/imx219_e.html
9. C. Chiculiță, L. Frangu: A Low-Cost Pavement Image Acquisition System, IEEE 22nd Intl. Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging, SIITME 2016, Oradea, 20–23 octombrie 2016, www.siitme.ro
10. Bența D., Podean M.I., Mircean C., (2011), *On best practices for risk management in complex projects*, Informatica Economica Journal, Bucharest, INFOREC Association, 15, 2, 201-211.
11. Chapman C., Ward S., (2003), *Project Risk Management - Processes, Techniques and Insights, Second edition*, John Wiley & Sons, 2003.
12. Cramariuc B., Rusu L.,(2015), *Mobile Data Acquisition System for Road Inspection*, Proceedings of 8th International Conference on Environmental Engineering and Management ICEEM08, Iasi, Romania, 9 -12 September 2015. ISSN 2457-7057, ISSN-L 2457-7049, ECOZONE Publishing House, Iasi, 157-159.
13. Damodaran A., (2008), *Why Do We Care About Risk?*, Strategic risk management. A Framework for risk management, USA, New Jersey: Pearson Education, Inc., 11-35.
14. Darby U., (2000), *A Guide to the Project Management Book of Knowledge: PMBOK Guide*, PA: Project Management Institute.
15. Flyvbjerg B. (2007), *Eliminating Bias through Reference Class Forecasting and Good Governance*, Concept Report No 17 Chapter 6, Concept-programmer, 2007.
16. Flyvbjerg B., (2003), *Delusions of Success: Comment on Dan Lovallo and Daniel Kahneman*, Harvard Business Review, 121-122.
17. Garvey, P. R., (2009) Analytical Methods for Risk Management - A System Engineering Perspective, *A Chapman &Hall Book*, 2009.
18. Kahneman D. , Tversky A., (1979a), *Prospect theory: An analysis of decisions under risk*, Econometrica, 47, pp. 313-327, 1979.
19. Kahneman D. and Tversky,A., (1979b), *Intuitive Prediction: Biases and Corrective Procedures*, Studies in the Management Sciences: Forecasting, 12, Amsterdam, North Holland: S. Makridakis and S. C. Wheelwright, Eds., 1979.
20. McPherson K., Bennett C., (2005), *Success Factors for Road Management Systems*, The World Bank, Washington, D.C.
21. Miller J., Bellinger W., (2003), Distress identification manual for the long-term pavement performance program, *Federal Highway Administration Report FHWA-RD-03-031*, Technical Report.
22. Oguara T.M., (2007) *Pavement Maintenance Management System: the Paradigm decision-making tools for Highway Engineers*, lecture notes, Rivers State University of Science and Technology Port Harcourt
23. Panthi K., (2009), A Methodological Framework for Modeling Pavement Maintenance Costs for Projects with Performance-based Contracts, *Florida International University*, Miami, Florida, 2009.
24. PRAM (1997), *Project Risk Analysis and Management Guide.*, Association for Project Management, Norwich, UK
25. Rusu L., Bența D., Podean M., Arba R., (2012) *WebBased pavement maintenance and monitoring system*, Procedia Technology, Elsevier, 74-83.
26. Rusu L., Sitar Taut D.A., Jecan S., (2015), *An integrated solution for pavement management and monitoring systems*, Procedia Economics and Finance, DOI: 10.1016/S2212-5671(15)00966-1, Elsevier, 14-21.
27. Schnebele E., Tanyu B. F., Cervone G., Waters N., (2015), Review of remote sensing methodologies for pavement management and assessment, *Eur. Transp. Res. Rev.* 7: 7 DOI 10.1007/s12544-015-0156-6, Springer Link.
28. Vitillo N.,(2013), Pavement Management System Overview, Available at <http://www.state.nj.us/transportation/eng/pavement/pdf/PMSOverviews0709.pdf>
29. Wolters, A., et al. (2011), Implementing Pavement Management Systems for Local Agencies, *Implementation Guide*, Illinois
30. World Economic Forum, WEF, (2012-2015), The Global Competitiveness Report 2010-2015, online http://www.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_20xx.pdf.

Director de proiect
Prof.dr.Lucia Rusu