

Rezumatul Etapei 4 – Implementarea platformei PAV3M

Etapa 4 cuprinde **activitățile**: 4.1. Teste și achiziție de imagini și video în condiții de teren (PARTEA II), 4.2. Diseminarea rezultatelor. Workshop, 4.3. Elaborarea și depunerea la OSIM a documentației necesare pentru drepturi de proprietate intelectuală, 4.4. Analiza costurilor și a beneficiilor. Analiza riscului, 4.5. Experimentări și colectare de date din teren în condiții reale de exploatare. Validarea modelului, 4.6. Model Funcțional (MF) integrat (cu senzori GPS) montabil pe autovehicul nespecializat (PARTEA II) 4.7. Implementarea modului de risc management (PARTEA II). **Rezultate estimate**: Modelul funcțional PAV3M, Raport de implementare, Teste și rezultate în teren, cerere de Brevet, Pagina Web, Facebook, Articole conferințe și Reviste.

Menționăm că toate obiectivele și activitățile prevăzute în această etapă au fost realizate iar **rezultatele preconizate** sunt concretizate în: realizarea modelului funcțional al platformei PAV3M structura interfeței personalizată pe roluri în cadrul activităților de mentenanță și management, s-a dezvoltat și testat echipamentul de achiziție de date pe bază de senzori și videocameră și s-au obținut date de test din teren, analizând și rezultate ale testărilor în teren pe baza unor soluții și algoritmi de procesare a imaginilor. Precizăm că Raportul implementare pe modulul de risc folosind metoda Monte Carlo 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 aprobate de specialiștii CNADNR.

Ca și **indicatori cuantificabili**: în perioada 9-11 iulie 2017, echipa de cercetare a partenerului P5 - UTCN a organizat **RTSP 2017 - International Workshop on Recent Trends in Signal Processing**, eveniment cu invitați de prestigiu, organizat sub egida EURASIPLa, am actualizat Pagina web, pagina de Facebook și am publicat 1 articol de reviste BDI, 3 lucrări în reviste ISI cu factor de impact acceptate spre publicare în 2016 și 3 lucrări în conferințe indexate ISI Web of Science, 4 lucrări în conferințe în curs de indexare ISI Web of Science, 3 lucrări în conferințe internaționale (IEEE) depășind semnificativ lucrările preconizate pentru 2017.

1. Proiectare hardware a Modelului Experimental (ME)

În cadrul acestei activități s-au determinat specificațiile ce trebuie îndeplinite de către sistemul PAV3M atât din punct de vedere al performanțelor hardware cât și din punct de vedere al performanțelor de analiză și procesare a imaginilor.

1.1 Componentele modelului experimental de sistem de achiziție a datelor

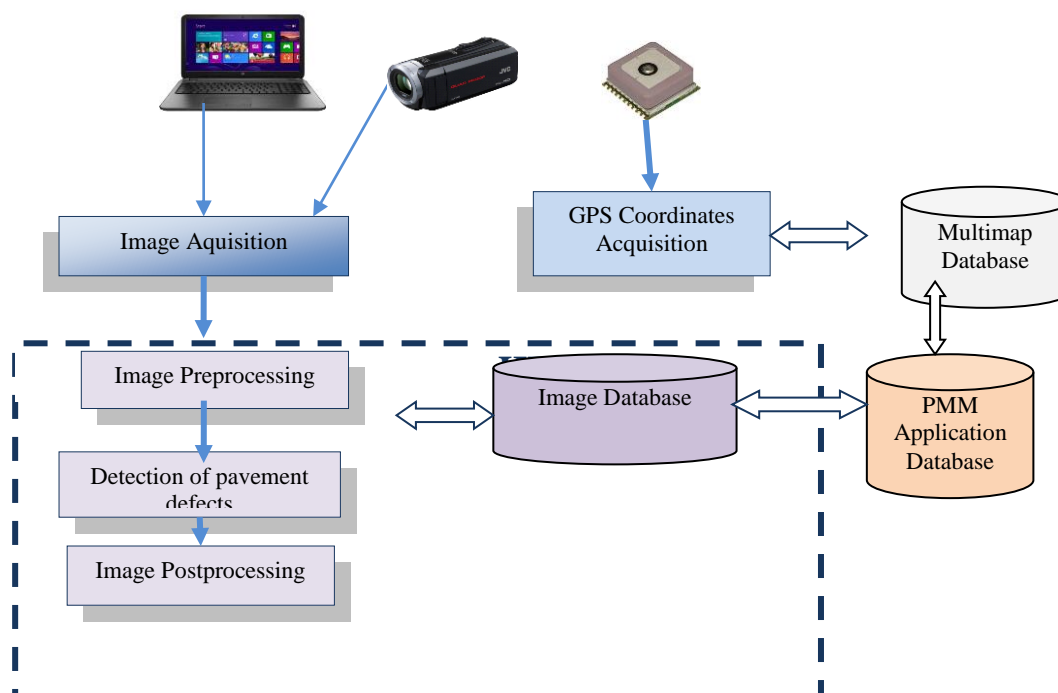


Figura 1.1. Image Processing and Analyzing Prototype –PAV3M

1. Camera Digitala: Camera digitala cu conexiune Gigabit Ethernet (1600x1200, 30 fps, global shutter, exposure min 20 usec). Conectarea camerei prin Gigabit Ethernet face posibila realizarea unui sistem compact și cu costuri minime.



Fig. 1.2: Camera digitala din seria GE, fabricata de Prosilica

2. Mobile Workstation are rolul de a asigura gestiunea imaginilor achiziționate cu camera digitală. Se pot face teste initial pe baza unui laptop obisnuit care ulterior poate fi inlocuit cu un sistem embedded robust.

3. HPC (High Performance Computer) asigură facilități de calcul de înaltă performanță utilizată pentru dezvoltarea și rularea unor metode de analiză scalabile (paralelizate). În cazul algoritmilor de prelucrare a imaginilor, atât în faza de preprocesare cât și în cea de postprocesare, asigură o viteză mare de prelucrare a imaginilor.

1.2 Realizarea prototipului și specificații de performanță

1. Viteza de rulare a vehicolului este de până la 120 km/h. Această constrângere conduce la necesitatea utilizării unor camere de viteză, dispozitive care ridică pretul echipamentului final, sau la necesitatea dezvoltării unor metode de analiză de imagini suficient de performante, astfel încât să permită extragerea caracteristicilor/defectelor de pavaj din imagini chiar dacă aceste imagini au o calitate mai redusă.

2. Poziționarea sistemului de inspecție se face pe baza de GPS independent de informațiile de navigație disponibile intern în vehicolul purtător.

3. Protocoale de transmisie de date inclusiv cele de compresie de date în timp real s-au studiat pe baza unei colaborări cu Universitatea din Nantes/ Ircynn

4. Integrarea imaginilor/video cu informațiile de poziționare (GIS) necesită expertiză specializată din domeniul GIS (Geographical Information Systems). Această problemă a fost studiată prin colaborarea cu experți GIS din România (Transelectrica SA).

2. Algoritmi pentru prelucrarea și analiza imaginilor

În mod ideal un sistem complet automatizat trebuie să fie capabil de a determina și clasifica în mod automat și obiectiv, pe baza unor criterii predefinite, condiția/starea/calitatea drumurilor și pavajului. În prezent singura standardizare a defectelor de pavaj este elaborată și menținută de către American Association of State Highway Officials (AASHTO Provisional Standards, 2007 Edition). Figura 2.2 ilustrează câteva exemple pentru defectele de pavaj (de la stânga la dreapta: fisurare, boltire, uzură, găurire).

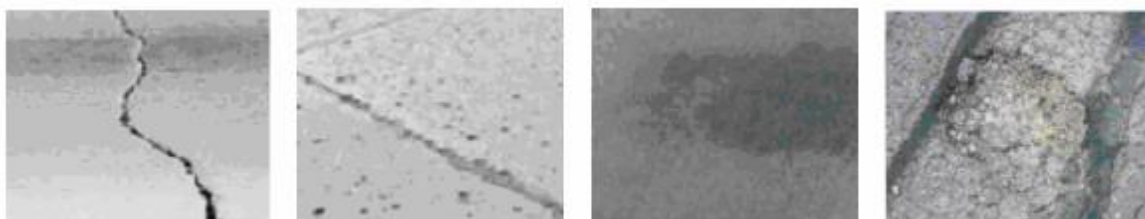


Figura 2.1. Defecte de pavaj (imagini din teren)

În cursul analizei și prelucrării imaginilor achiziționate s-au identificat următoarele probleme importante care necesită rezolvarea prin dezvoltarea și implementarea unor algoritmi adecvați:

- eliminarea artefactelor introduse de achiziționarea imaginilor la viteze mari;
- identificarea și eliminarea umbrelor;
- identificarea și eliminarea din imagini a obiectelor de pe pavaj: pietre, hartii, pete, vreascuri, etc.
- algoritmi/metode de postprocesare extrem de eficienți.

a) Restaurarea imaginilor Din cauza mișcării autovehicolului, imaginea preluată cu o cameră TV standard este încețoșată (blur). Fiecare pixel reprezintă o medie a strălucirii locale, pe direcția de deplasare a camerei. Inversarea

degradării imaginii în situația în care modelul degradării este cunoscut, face obiectul restaurării imaginilor. Problema eliminării încrețșării datorate mișcării camerei este o problemă binecunoscută. Există soluții atât în domeniul spațial cât și în domeniul frecvențial. Dificultatea în cazul proiectului PAV3M este datorată vitezei mari și a constrângerilor privind complexitatea matematică impuse de situația din această aplicație (IAP). Trebuie de asemenea utilizată ipoteză simplificatoare a mișcării de translație care poate permite o rezolvare recursivă eficientă a inversării degradării.

b) Eliminarea umbrelor Imaginile din Figura 3 ilustrează un exemplu de pavaj cu umbre. După cum se poate observa, o problemă importantă este ridicată de asemănarea dintre umbrele crengilor de copaci și imaginea crăpăturilor din pavaj. Această problemă apare adresată în articolele de specialitate în general în contextul sistemelor video pentru securitate și control. În aceste cazuri umbrele sunt identificate folosind diferite metode bazate pe: modelare statistică, homomorfic filtering, histogramme, shadow density. Eliminarea umbrelor se poate face și pe baza similarității texturii fundalului în zonele afectate de umbra cu zonele adiacente.



Figura 2.3. Imagini cu umbrele copacilor (a) și cu fisuri (b)

c) Eliminarea imaginilor de pete și alte obiecte. Imaginile din Figura 2.4 ilustrează un cadru de pavaj cu frunze și un cadru de pavaj cu pete. La fel ca și în cazul umbrelor acestea sunt identificate și eliminate din imaginea achiziționată.

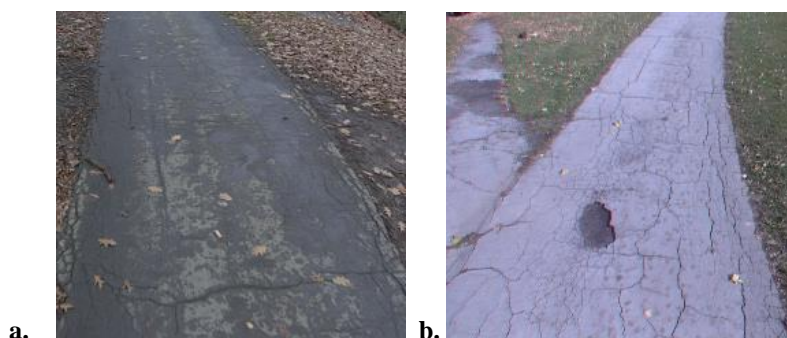


Figura 2.4. Imagini de pavaj cu frunze (a) și cu pete (b)

d) Algoritmi și prelucrări rapide post procesare Sistemul trebuie să facă față unui volum imens de date care trebuie prelucrate și/sau stocate. În acest context intenționăm să dezvoltăm și vom continua să dezvoltăm cercetări originale în vederea elaborării unor algoritmi rapizi și ușor paralelizabili.

De asemenea, în cadrul dezvoltării și implementării de noi algoritmi și metode de *post procesare* a imaginilor se vor adresa și următoarele probleme specifice legate de: **super-rezoluție, analiza și clasificarea texturilor, segmentarea și procesarea post-segmentare.**

Super-rezoluție În prelucrarea imaginilor, prin super-rezoluție se înțelege obținerea unei imagini de rezoluție spațială mare pornind de la o secvență de imagini de joasă rezoluție. Considerând imaginile de joasă rezoluție sunt copii subeșantionate și degradate ale aceleiași scene, super-rezoluția este o problemă de restaurare de imagini. Evident, super-rezoluția este matematic o problemă rău pusă în sens Hadamard, de complexitate matematică ridicată, al cărei succes depinde mult de acuratețea modelelor degradării. Problema super-rezoluției a fost inițial formulată în frecvență, după care s-a impus tratarea algebrică în domeniul spațial. Paleta de metode utilizate este foarte largă: regularizare, gradient conjugat, proiecții pe mulțimi convexe (POCS), etc. Super-rezoluția se dovedește încă un subiect de cercetare activ. În cazul proiectului PAV3M s-a operat cu o secvență de imagini a carosabilului preluate de o camera aflată la distanță constantă și în mișcare de translație în general uniformă. Spre deosebire de abordările de până acum ale problemelor de super-rezoluție, în acest caz viteza de mișcare este importantă. În același timp, se poate presupune că atât viteza cât și direcția sunt bine cunoscute.

O alta caracteristică impusă de proiect este legată de complexitatea calculului. Astfel, dat fiind volumul imens de date ce urmează a fi prelucrat, soluția trebuie să conducă la algoritmi de complexitate cât mai scăzută. Algoritmi rapizi de super-rezoluție există deja în literatură însă dacă aceștia sunt aplicați pe un număr mare de imagini achiziționate din teren conduc la un timp mare de răspuns, ceea ce împiedică funcționarea sistemului în ansamblu. Trebuie menționat că marea majoritate a rezultatelor publicate în literatura de specialitate sunt obținute simulând sub-esantionarea, situație în care estimarea poziției pixelilor în imaginile de joasă rezoluție este rezolvată fără eroare. Noi ne propunem rezolvarea în condiții reale a unei probleme de super-rezoluție, care să conducă la obținerea unei creșteri de rezoluție de 4-16 ori.

Analiza și clasificarea texturilor Un loc important în cercetările noastre îl ocupă clasificarea imaginilor, respectiv detectarea defectelor. Noi estimăm că în situația în care nu există degradări ale suprafeței soselei, în condițiile unei rezoluții adecvate, vom avea de a face cu texturi uniforme. Analiza și clasificarea texturilor reprezintă un alt domeniu de mare interes în prelucrarea imaginilor. În cadrul proiectului, ne propunem dezvoltarea unor tehnici originale care să detecteze suprafața fără defecte în condițiile dure de complexitate impuse de tema de proiectare. Ne propunem un obiectiv ambițios, anume ca tratarea suprafeței fără defecte să fie făcută în timp real.

Segmentare și procesarea post-segmentare În cadrul proiectului s-au studiat extensia și adaptarea unor metode de segmentare la particularitățile imaginilor/video legate de sosele. Cercetările anterioare promitătoare în domeniul metodelor de segmentare bazate pe clasificare vor fi continuate. Una dintre aceste metode "Clustering Based Region Growing" (CBRG) a fost introdusă de către Responsabilul Partener 2 Dr. Ing. Bogdan Cramariuc în teza sa de doctorat. Implementarea metodei de CBRG trebuie îmbunătățită pentru a putea procesa imagini vectoriale multi-dimensionale (textural features). CBRG este el însuși un cadru interesant, fiind o combinație între un nucleu de Clustering și un proces de Region Growing. Nucleul de Clustering și strategia de Region Growing pot fi variate pentru a se obține metode diferite cu anumite particularități. S-au studiat noi nuclee de clasificare pentru CBRG. S-au luat în considerare și alte metode de "clustering based segmentation" precum "mean-shift clustering". Studiul unor metode de procesare post-segmentare a fost de asemenea abordat. Rezultatele segmentării sub forma unor obiecte omogene nu sunt întotdeauna utile și ele trebuie procesate mai departe. S-au studiat și metode de post-procesare a segmentării bazate pe Region Adjacency Graph (RAG) pentru a îmbunătăți calitatea rezultatelor. Teste inițiale pentru metodele dezvoltate pot fi făcute pe imagini acumulate de către Navigation Laboratories (<http://www.navlabs.com/>). Parte din acestea sunt accesibile în baza de date: <http://vasc.ri.cmu.edu/idb/html/road/index.html>.

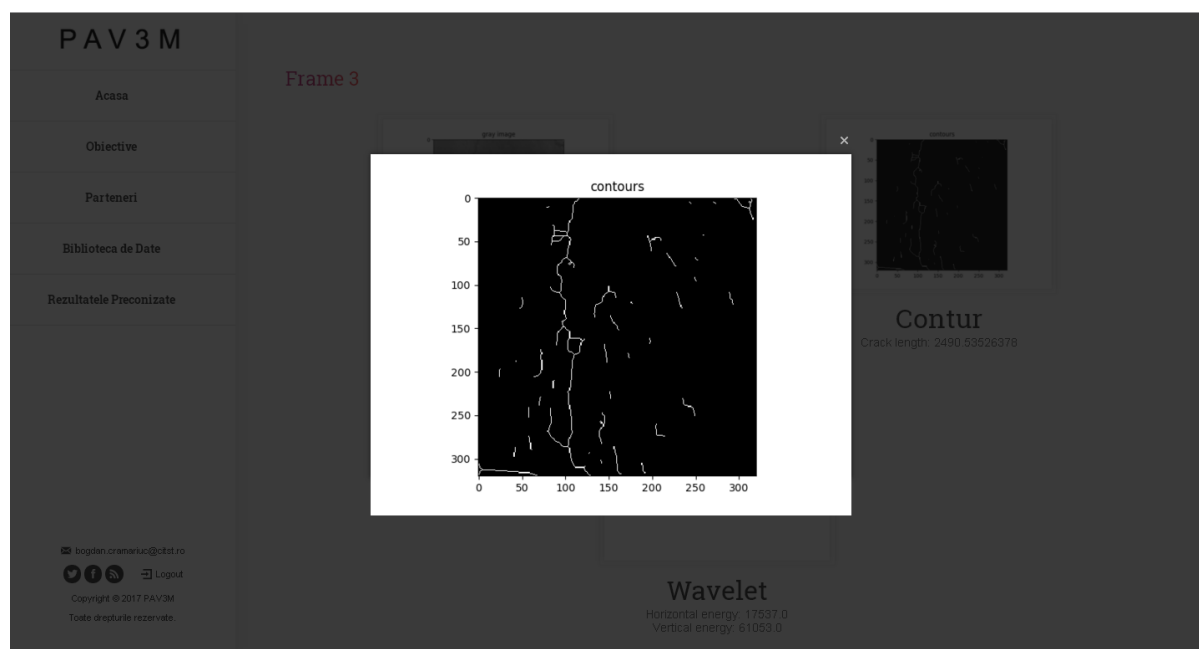


Fig. 2.5. Conturul imaginii din cadrul 3.

Algoritmul de identificare a crăpăturilor începe cu o etapă de preprocesare a cadrelor video-ului și extragerea unui chenar care să cuprindă pe cât posibil doar o porțiune de drum, ales prin observarea layout-ului soselei așa cum este văzut de camera de filmat. Cadrele extrase sunt redimensionate pentru a eficientiza calculele ulterioare. Pentru început, imaginile sunt redimensionate la 320 x 320 pixeli. Imaginile RGB astfel redimensionate sunt transformate în imagini grayscale. În continuare, se va aplica log-transform pe imaginile grayscale. Acest algoritm permite ca defectele, de exemplu crăpături, să poată fi deosebite mai bine față de nuanțele obișnuite ale pavajului, defectele aparând pe capturile video ca neregularități de culoare. Algoritmul folosește cadrul original și negativul cadrului și actualizează fiecare pixel după următoarea formulă:

$$\text{Log_pixel}[h][w] = 256 * (1 - e^{-\text{Log_v}[h][w]})$$

$$\text{Log_v}[h][w] = B * \text{Log_val}[h][w] - (B - A) * \text{Log_avg}[h][w]$$

Log_val reprezinta logaritmul valorii normalizate a pixelului (h,w) din imaginea negativa.

Log_avg[h][w] este media logaritmilor valorilor normalizate la intervalul [0,1] a valorilor pixelilor imaginii originale pe o vecinatate in jurul pixelului (h,w).

Parametrii folositi sunt urmatoarii: A=1.1, B=0.9, vecinatate definita ca o fereastră de 7 x 7 pixeli (3 la stanga, 3 la dreapta in fiecare directie).

Rezultatul aplicarii log_t poate fi observat in Fig. 6, observandu-se cum pixelii crapaturii apar mai accentuati fata de fundal in imaginea obtinuta din aplicarea log_transform (dreapta).

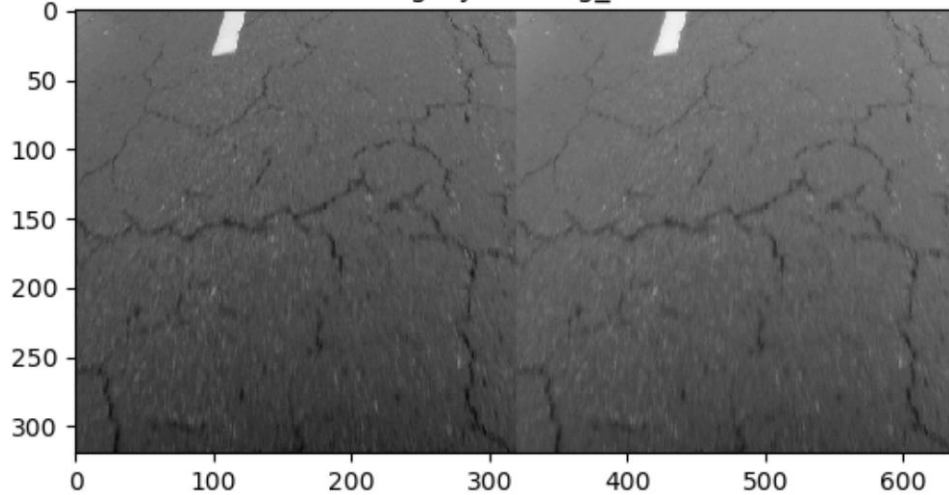


Fig. 2.6. Preprocesarea imaginii.

3. Teste în condiții de teren

În scopul achiziției semnalelor de imagine și de vibrații, în cadrul acestei etape, au fost efectuate:

- teste pe șosea, cu platformele proiectate și realizate în etapele anterioare (vezi RST2015, RST2016);
 - reproiectarea sistemului de achiziție a vibrațiilor, în scopul achiziției simultane de la 16 senzori, în 3 grade de libertate.
- Pentru clasificarea pavajului, prin prelucrarea semnalelor de vibrații, a continuat acțiunea de dezvoltare de algoritmi de prelucrare.

3.1. Teste de achiziție imagini și video

În cadrul campaniilor de teste pe șosea, au fost înregistrate semnalele de imagine, de vibrații și de poziție geografică.

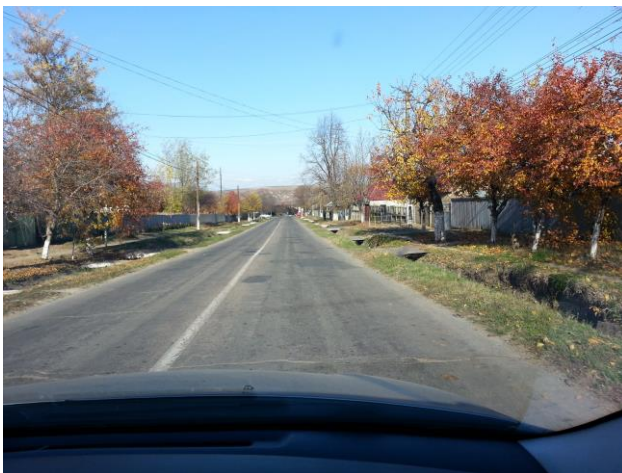


Fig. 3.1. Fisură transversală vizibilă

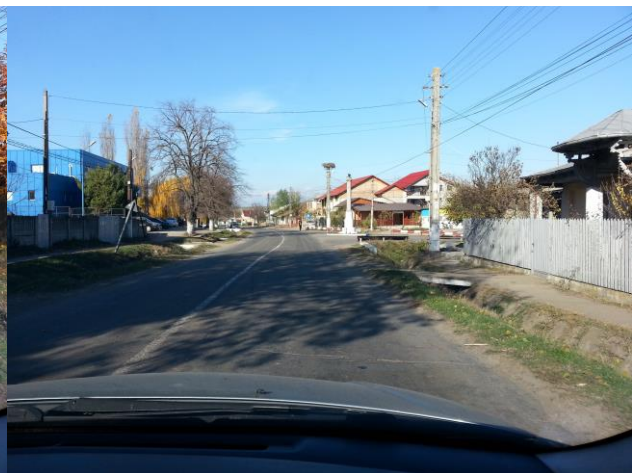


Fig. 3.2. Fisură transversală parțial acoperită de umbră

Seriile de imagini achiziționate au fost destinate validării algoritmilor de prelucrare a imaginilor, în scopul detectării defectelor pe șosea și stabilirii condițiilor de iluminare favorabile. În imaginea 3.1 se observă o fisură transversală pe pavaj, în condiții de iluminare favorabile.

Apoi, în figura 3.2 se observă tot o fisură transversală, acoperită parțial de umbră, deci cu dimensiuni incerte. În figura 3.3, condițiile de iluminare sînt favorabile, pentru inspecția pavajului, în timp ce figura 3.4 conține umbre, care se pot confunda cu defectele din pavaj.



Fig. 3.3. Imagine luată în condiții de iluminare favorabile

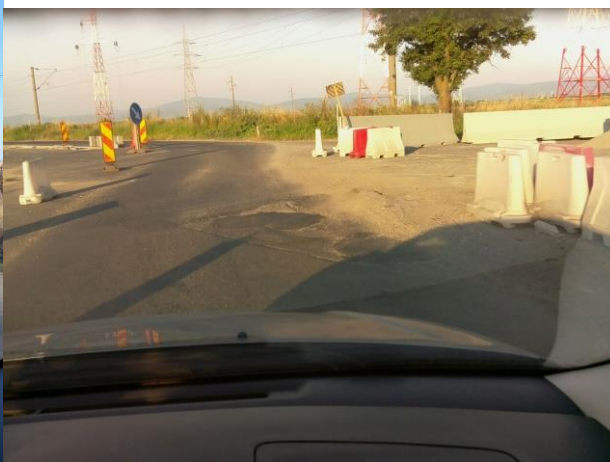


Fig. 3.4. Imagine în care umbra poate fi iluminare confundată cu defect pe pavaj

3.2. Teste de achiziție a vibrațiilor

Testele au fost efectuate pe trei categorii de drumuri:

- șosea asfaltată, netedă (fără asperități);
- șosea asfaltată, cu suprafața ușor uzată, dar fără fisuri, gropi etc.;
- șosea asfaltată, cu uzura caracterizată prin multitudine de fisuri, dar fără gropi.

Viteza de deplasare a fost 40-80km/h. Perioada de eșantionare a fost sistematic de 1ms, măsurarea a fost în 1 sau 3 grade de libertate, pe fiecare modul sensor. Au fost înregistrate simultan semnalele din 2-6 puncte (2-6 module sensor), în secvențe de 2-10s.

3.3. Reproiectarea sistemului de achiziție a vibrațiilor

Noua versiune de sistem de achiziție a vibrațiilor are scopurile:

- creșterea numărului de senzori, folosiți simultan, la 16 (8, în versiunea veche);
- creșterea valorii maxime a accelerației măsurate, la 24g (8g, în versiunea veche);
- eliminarea suprapunerilor la sloturile temporale ale senzorilor;
- eliminarea perturbațiilor alimentare de 5V, asupra transceiverului RS485.

Ca urmare, am introdus următoarele modificări în hardware, la nivelul modului sensor:

- pe modulul sensor se poate monta oricare accelerometru, dintre variantele: LIS331HH (24g) sau MMA8451 (8g);
- transceiverul de pe modulul sensor se alimentează la 3,3V, în loc de 5V. Translatorul de nivel între transceiver și microcontroler a fost eliminat (nu mai este necesar, întrucît au aceleași niveluri fizice pentru nivelurile logice). Alimentarea cu 3,3V provine din stabilizatorul care alimentează și microcontrolerul;
- adresa modului sensor este dată de 4 comutatoare, deci poate fi selectat un senzor din 16 posibile;
- emisia și recepția de la transceiverul 485 se pot derula simultan, sub comanda microcontrolerului, care are acces la ambii pini de enable. Rezultatul este că microcontrolerul poate detecta coliziunea, în caz că mai multe transceivere încearcă să transmită simultan;
- a fost schimbată amprenta cuarțului pe cablaj, pentru dimensiunea dispozitivelor aflate curent pe piață. Cuarțul este folosit pentru a măsura cu exactitate timpul și a elimina suprapunerile temporale, atunci cînd precizia oscilatorului intern din microcontroler nu este suficientă (secvențe lungi de măsurare);
- a fost adăugat un LED pentru semnalizare și depanare.

În figurile 3.5 și 3.6 se observă schema bloc și imaginea modului sensor, comparativ între versiuni.

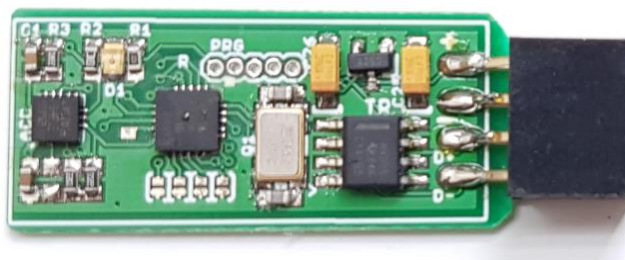
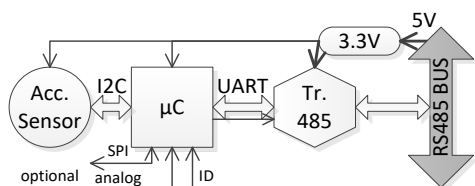


Fig. 3.5. Schema bloc și imaginea modului sensor, versiunea 2

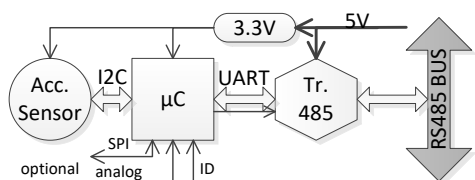


Fig. 3.6. Schema bloc și imaginea modului sensor, versiunea 1

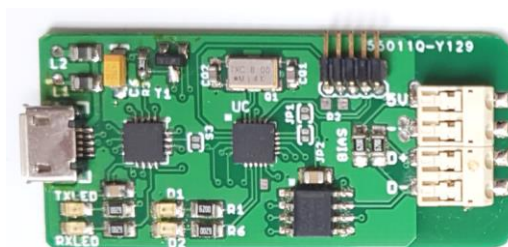
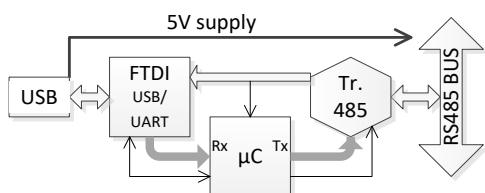


Fig. 3.7. Schema bloc și imaginea modului master, versiunea 2

Modulul master a fost, de asemenea, reproiectat. În figurile 3.7 și 3.8 se observă, comparativ, schma bloc și imaginea modului master, în cele două versiuni. Principala modificare este adăugarea unui microcontroler (aceleși tip ca la modulul sensor). Acesta generează semnalele de sincronizare, pentru stabilirea sloturilor temporale, indiferent de transmisia de la calculatorul gazdă. Precizia atinsă (0,125μs) este superioară față de versiunea 1, la care erorile pot depăși zeci de milisecunde. Alte modificări sînt: reducerea numărului de conexiuni master-senzor la 4 și posibilitatea de recepție a 9 biți, în protocolul de comunicație. Comunicația între master și calculatorul gazdă se realizează cu același convertor USB/UART, dar a fost înlocuit conectorul USB – A cu mini USB.

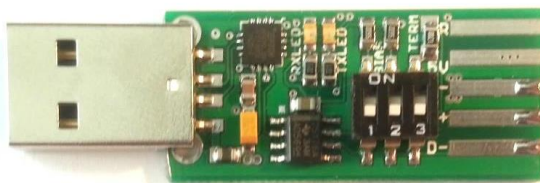
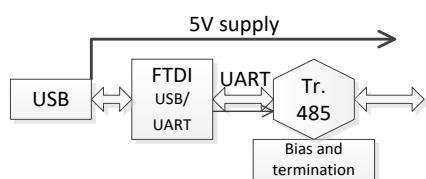


Fig. 3.8. Schema bloc și imaginea modului master, versiunea 1

Programul de pe modulul senzor a fost înlocuit cu versiunea corespunzătoare noului hardware. A fost scris programul de pe modulul master (nu exista anterior, întrucît nu se folosea un microcontroler pe modulul master). Programul de comandă din calculatorul gazdă, dezvoltat pentru versiunea 1, poate fi folosit și cu versiunea 2. Totuși, pentru a utiliza protocolul de comunicație cu 9 biți, este necesară rescrierea acestui program.

3.4. Prelucrarea semnalelor de vibrații

În această etapă, au fost dezvoltati algoritmi de prelucrare a semnalelor de vibrații, în scopurile:

- corelarea semnalelor de vibrații cu viteza vehiculului;
- determinarea densității spectrale de putere a semnalului de vibrații, în scopul clasificării stării pavajului.

Scopul măsurării vitezei este corelarea informației extrase din semnalele de vibrații cu viteza autovehiculului, întrucît interacțiunea roților cu pavajul și amortizarea sînt influențate de această variabilă. Măsurarea trebuie efectuată inclusiv pe durate mici (de ordinul sutelor de ms), întrucît fenomenele tranzitorii pot să se manifeste în mai puțin de 1s. Pentru măsurarea vitezei, se pot folosi trei surse de informație: vitezometru instalat pe automobil, estimarea vitezei din aparate care interacționează cu aparate pereche externe (receptorul GPS și radarul sunt exemple comune) și estimarea vitezei din semnalele de vibrații. Întrucît tema acestui grant prevede realizarea unui sistem de înregistrare independent, care să poată fi montat pe un automobil uzual, soluția vitezometrului de pe automobil se exclude. Soluția estimării din semnalul GPS este cea mai la îndemînă, nu presupune calcule suplimentare. Din nefericire, ea este o estimare pe durate mari, întrucît perioada de eșantionare la receptorul GPS este de 1s sau 2s, în funcție de protocolul adoptat. Ca urmare, semnalul de viteză furnizat de GPS este potrivit pentru secvențele înregistrate la deplasare uniformă, dar nu este adecvat regimurilor tranzitorii de durată mică.

Metoda abordată în cadrul grantului este estimarea vitezei din semnalul de vibrații. Vibrațiile sînt măsurate cu sistemul de achiziție realizat tot în cadrul grantului ([1]), pentru care există deja validarea experimentală. În continuare, sînt prezentate rezultatele obținute, pentru estimarea vitezei, așa cum au fost prezentate anterior, în lucrările [1] și [3].

Principiul metodei este de a plasa doi senzori de vibrații pe automobil, în poziții decalate, pe direcția de mers (figura 3.9), apoi de a măsura întârzierea dintre cele două semnale de vibrații. Viteza se calculează simplu, din

$$v = L / D, \quad (3.1)$$

unde L este distanța dintre senzori, iar D este întârzierea între cele două semnale. În experimentele realizate, au fost luați în considerare senzorii din față și spate, pe partea stîngă a automobilului.

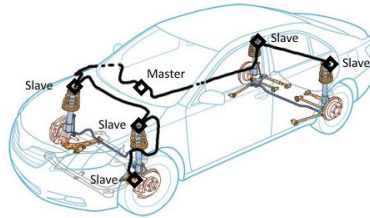


Fig. 3.9. Pozițiile senzorilor de vibrații, în automobil [1]

Principala problemă de implementare este dată de măsurarea întârzierii, care nu este nici simplă, nici precisă. Semnalele de la cei doi senzori nu sînt identice, întrucît sînt afectate de realizări diferite ale zgomotului și de amortizoare diferite. Cea mai rezonabilă cale de a măsura întârzierea este prin funcția de intercorelație a celor două semnale, care maximizează importanța componentelor comune. Dacă semnalele sînt notate $x(t)$ și $y(t)$, funcția de intercorelație este:

$$R_{xy}(\tau) = E[x(k) \cdot y(k + \tau)] . \quad (3.2)$$

Aceasta este media statistică a produsului între un semnal și versiunea întârziată a celui alt, unde întârzierea este notată τ . Semnalele prelucrate aici sînt eșantionate (timp discret) și se întind pe secvențe scurte, pentru a putea detecta fenomenele tranzitorii. Ca urmare, varianta în timp discret a funcției de intercorelație este ([4]):

$$R_{xy}(\tau) = \begin{cases} \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} x(t+k) \cdot y(t+k+\tau), & \tau \geq 0 \\ R_{yx}(-\tau), & \tau < 0 \end{cases}, \quad (3.3)$$

unde n este lungimea secvenței analizate, exprimată în număr de eșantioane. În ipoteza că propagarea vibrațiilor de la roată la cei doi senzori este identică, semnalele pot fi exprimate astfel:

$$x(k) = a_1 \cdot s(k) + z_1(k) \quad (3.4)$$

$$y(k) = a_2 \cdot s(k - D) + z_2(k), \quad (3.5)$$

unde $s(k)$ este semnalul propagat pînă la senzor, D este întîrzierea (număr întreg de eşantioane), $z(k)$ sînt componentele de zgomot din semnalele la senzori iar a sînt coeficienţii care reflectă transferul diferit spre cei doi senzori. Funcţia de intercorelaţie devine [4]:

$$R_{xy}(\tau) = a_1 a_2 R_{ss}(\tau - D) + a_1 R_{sz_2}(\tau) + a_2 R_{sz_1}(\tau - D) + R_{z_1 z_2}(\tau) \quad (3.6)$$

Dacă zgomotul este suficient de mic, primul termen din relaţia (3.6) devine dominant. El este chiar funcţia de autocorelaţie a semnalului original, $s(k)$, care are un maxim pentru valoarea 0 a argumentului. Ca urmare, maximul se va produce pentru valoarea $\tau = D$ a întîrzierii, adică valoarea căutată. În figurile 3.10 şi 3.11 sînt prezentate două secvenţe analizate (semnalele de vibraţii) şi funcţia lor de intercorelaţie. Secveţele au cîte 1024 eşantioane, funcţia de intercorelaţie are 2047 eşantioane, întîrzierea nulă corespunde cu eşantionul 1024. Poziţia maximului este la eşantionul 1038, ceea ce înseamnă o întîrziere $D=14$ eşantioane a semnalului albastru faţă de cel roşu. Aplicarea relaţiei (3.1) duce imediat la determinarea vitezei.

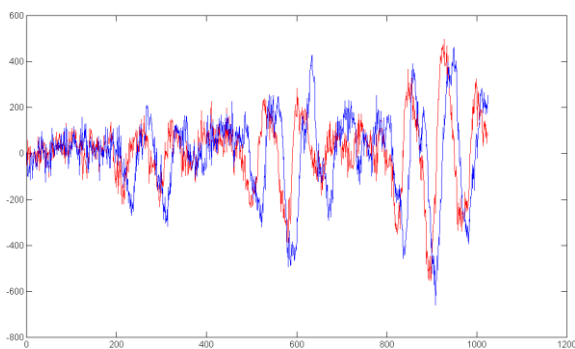


Fig. 3.10. Semnalele de vibraţii

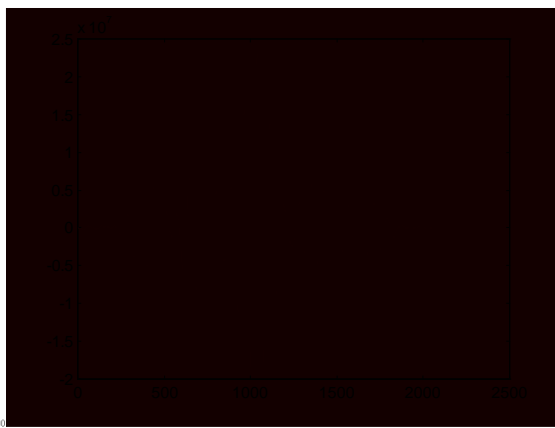


Fig. 3.11. Funcţia de intercorelaţie

Utilizarea metodei prezentate pentru corelarea semnalelor de vibraţii cu viteza are cîteva limitări care nu pot fi ocolite. În continuare, sînt prezentate limitările demonstrate în lucrarea [3], care au fost verificate pe semnalele înregistrate pe şosea.

Valorile aşteptate ale întîrzierii se află în intervalul 80ms...800ms, pentru viteze între 12 şi 120km/h (pentru distanţă între roţi de 2,6m). Aceasta face ca măsurarea la viteze mici să necesite secvenţe mai lungi decît 2s, deci să nu mai fie caracteristică pentru un interval scurt. Din fericire, pentru evaluarea stării pavajului, viteza mică nu este interesantă, pentru că durata traseului devine uriaşă, iar vibraţiile devin nesemnificative.

Erorile aşteptate sînt de ordinul cîtorva procente, ceea ce nu afectează clasificarea stării pavajului.

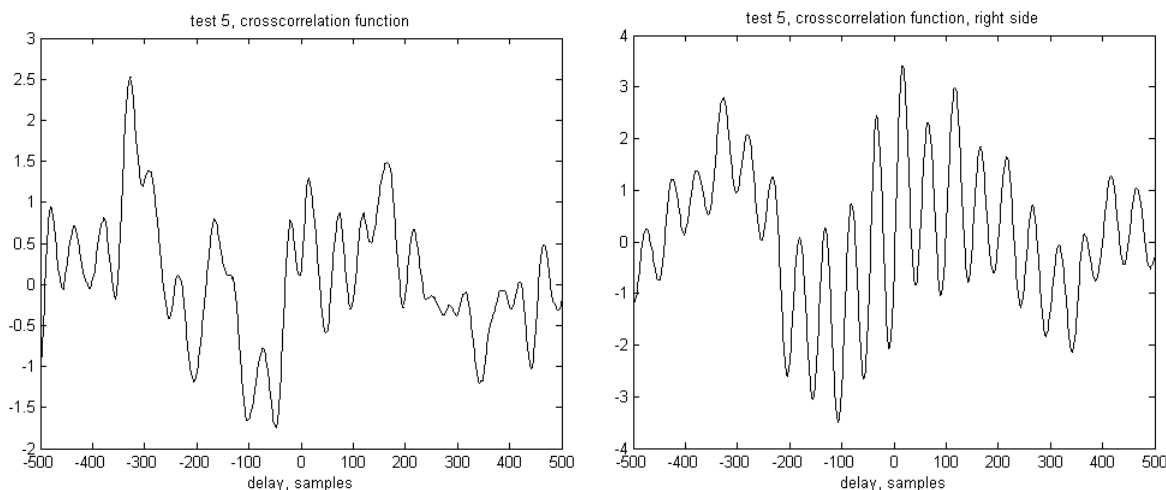


Fig. 3.12. Funcţia de intercorelaţie între două secvenţe înregistrate pe pavaj neregulat, respectiv pe pavaj neted

Semnalele înregistrate se abat de la ipotezele modelului din (3.4), (3.5). Pe de o parte, cele două semnale sînt filtrate diferit de către amortizoare, deci este afectată similitudinea dintre ele. Apoi, contribuţia zgomotului nu este întotdeauna mică. Principala perturbăţie este vibraţia dată de motor şi transmisie, vibraţie care este periodică. Atunci cînd

autovehiculul rulează pe o șosea netedă, ponderea vibrațiilor de la roată este mică, în comparație cu cea a vibrațiilor de la motor. Acest lucru se poate observa prin comparația celor două funcții de intercorelație din figura 3.12. În primul caz, pavajul a fost neregulat și a produs semnale de vibrații mari, comparativ cu cele de la motor. Maximul corespunzător vitezei de deplasare este vizibil la eșantionul -320. În al doilea caz, pavajul a fost foarte neted și, la aceeași viteză de deplasare, a predominat vibrația de la motor. Ca urmare, maximul corespunzător vitezei a devenit mai mic decât cel corespunzător vibrației periodice de la motor, deci determinarea maximului nu duce la aflarea vitezei. În mod interesant, maximele succesive din a doua imagine din figura 3.12 conduc la aflarea turății motorului, dar aceasta nu folosește clasificării pavajului.

Concluzia privitoare la estimarea vitezei este că estimarea este suficient de fidelă și rapidă, pentru viteze mari și drum cu neregularități, dar devine incertă pentru drum neted.

4. Prelucrarea de imagini și video în condiții de teren

În această etapă, UVT (P4) a finalizat implementarea și testarea algoritmilor de segmentare a imaginilor pentru extragerea zonei de interes din suprafața asfaltată propuși în etapa anterioară, a continuat cercetările de dezvoltare de algoritmi de marcare reversibilă care să permită inserția informației extrase după segmentare în imaginile din care au fost extrase și a dezvoltat un algoritm original pentru eliminarea zgomotelor periodice din imagini.

Algoritmii de segmentare dezvoltati în etapele anterioare în limbaj Matlab au fost rescriși în limbaj C și testați pe secvențele de imagini disponibile la <http://vision.caltech.edu/malaa/software/research/caltech-lane-detection/>. Rezultatele obținute au fost comparate cu rezultatele obținute în etapa anterioară. Pentru secvențele de imagini (rezoluție 480 x 640 pixeli/cadru, 10 cadre color pe secundă) prelucrarea constă în următoarea secvență de operații: transformare color->monocrom cu accentuarea suprafeței asfaltului, detecție de contururi (operator Prewitt) și detecție drepte cu transformata Hough.

Testele au arătat că rezultatele obținute pentru întreg pachetul de algoritmi implementați în C sunt identice cu rezultatele obținute cu algoritmi implementați în Matlab. Diferențele obținute sunt total neglijabile – în rare cazuri s-au constatat diferențe de un pixel datorate diferențelor de precizie la implementarea operațiilor matematice pentru funcțiile trigonometrice utilizate de transformata Hough.

Cu privire la cercetările pentru dezvoltarea algoritmilor de marcare reversibilă menționăm următoarele rezultate:

Dezvoltarea unei variante a algoritmului de inserție cu împerechere adaptivă (publicat în *IEEE Trans. on Image Processing* 2016, [1], și raportat în etapa anterioară a proiectului). Algoritmii pleacă de la schema publicată în IEEE TIP 2016 și investighează o împerechere care favorizează gruparea în direcție orizontală. Gruparea orizontală impune o nouă schemă de predicție, o procedură de măsurare a complexității ușor diferită, o nouă procedură de selectare a pixelilor și alte câteva mici ajustări.

Detaliem în continuare principalele modificări propuse. Reamintim că metoda originală din IEEE TIP împarte imaginea în două submulțimi disjuncte (notate cu x , respectiv o , în Fig. 4.1), favorizează utilizarea vecinilor apropiați la împerechere și, aspect fundamental, se împerechează pixelii aparținând unei submulțimi, iar cealaltă submulțime se folosește la predicție. Procedura clasifică împarte pixelii în funcție de eroarea de predicție în 3 categorii, A, B, C. Algoritmii de împerechere consideră pixelul curent x (vezi Fig. 4.1) și investighează, rând pe rând partenerii cei mai apropiați, respectiv p_1, p_2, p_3 și p_4 pentru care se verifică condiția de împerechere, respectiv apartenența la C. Astfel, dacă p_1 aparține lui C, se constituie perechea (x, p_1) și amândoi pixelii sunt eliminați din C. Dacă nu, algoritmul verifică dacă p_2 aparține lui C, iar dacă da, se constituie perechea (x, p_2) și p_2 se elimină din lista C. Dacă nici p_2 nu corespunde, se verifică p_3 și p_4 . Procedura continuă cu următoarea grupă de pixeli mai depărtați, p_5, p_6, p_7 și p_8 . La găsirea unui partener de împerechere, căutarea se oprește și pixelii neverificați rămân în listă și pot participa la constituirea altor perechi.

Aspectul inovativ introdus de noua schemă este utilizarea vecinilor apropiați, p_1 și p_2 , la constituirea perechilor. Pe de altă parte, p_1 și p_2 nu mai pot participa la predicția pixelului curent. În această situație, am dezvoltat un nou predictor care utilizează pixelii c_1-c_6 și anume, o medie ponderată în care pixelii c_1, c_3, c_4, c_6 intervin cu ponderea $1/8$, iar pixelii cei mai apropiați (c_2 și c_5) intervin cu ponderea $2/8$. Predictorul a fost verificat prin testare intensivă pe seturile standard de imagini folosite în marcarea reversibilă.

După cum menționăm, algoritmul introduce și o măsură ușor diferită pentru complexitatea contextului, respectiv:

$$l = (c_1 - c_2)^2 + (c_2 - c_3)^2 + (c_3 - c_6)^2 + (c_1 - c_4)^2 + (c_4 - c_5)^2 + (c_5 - c_6)^2$$

Măsura nouă introdusă se dovedește mai eficientă decât cea utilizată în metoda originală.

Pentru unele imagini test, schema nouă propusă depășește schema noastră adaptivă publicată în 2016. Prezentăm în Fig. 4.2 rezultate pentru schema modificată, schema din IEEE TIP 2016, precum și alte 2 scheme foarte performante pentru capacitate mică, respectiv Bo Ou et al, *IEEE TIP* 2013, [2], și S. Cai et al., *ICIP* 2016 [3], precum și alte scheme cu inserție în perechi [4-6], etc. Menționăm că algoritmul de inserție cu împerechere adaptivă publicat în IEEE TIP 2016

are performanțele cele mai bune raportate până în prezent în literatură pentru inserție de date de capacitate mică. După cum se vede în Fig.4.2, pentru unele imagini test, schema nou propusă poate depăși schema adaptivă publicată în 2016. Dependența performanțelor de imaginea gazdă poate fi rezolvată, și anume se calculează inițial histograma erorilor de predicție pentru predictorul medie aritmetică pe V4 (folosit de schema din 2016) și medie aritmetică ponderată pentru noua schemă și se alege schema pentru care se estimează performanțele cele mai bune, respectiv eroarea de predicție cea mai mică.

Algoritmul a fost prezentat la IEEE ISSCS 2017, conferință indexată ISI Proceedings.

Dezvoltarea unui algoritm de inserție în imagini criptate. Algoritmul nostru pornește de la schema propusă de Wu și Sun și publicată în *Signal Processing* în 2014, [7] și propune o variantă îmbunătățită. Cele mai interesante caracteristici ale schemei propuse sunt cele două etape de inserție/decodare și procedura de inserție bazată pe paritate. Noua schemă, similar cu celelalte scheme de marcarea reversibilă în imagini criptate din domeniu, prezintă două abordări distincte pentru inserția și extragerea marcajului.

Prima abordare (metoda I în fig. 4.3) efectuează citirea și extragerea marcajului după ce imaginea a fost decriptată, extragerea aducând pixelii gazdă la valoarea lor inițială. A doua abordare (metoda II în fig. 4.3) permite citirea și rescrierea marcajului fără să fie nevoie de decriptare (sacrificând citirea după decriptare), însă restaurarea imaginii gazdă se face pe versiune decriptată. Inserția bazată pe paritate introdusă în schema propusă reduce semnificativ nevoia de a distorsiona straturile de biți apropiate de MSB (Most Significant Bit) la metoda de marcarea II, eliminându-se astfel principalul dezavantaj al schemei propuse de Wu și Sun: aspectul zgomotos al imaginii decriptate după marcarea. Compromisul făcut de Wu și Sun pentru eliminarea zgomotului (folosirea unui filtru median) nu mai este necesar.

Comparativ cu algoritmi publicați până acum pentru marcarea în imagini criptate, [7-9], etc., schema noastră oferă capacitate de inserție mai mare la distorsiuni mai mici. Rezultatele obținute pe setul de test Kodak sunt prezentate în fig. 4.4. Câștigul semnificativ în capacitate este datorat celor două etape de inserție/decodare. Schemele de marcarea în imagini criptate din literatură împart pixelii din imagine în două seturi distincte: setul gazdă ce conține marcajul și setul de referință, care este folosit la citirea/extragerea marcajului (metoda I) sau la restaurarea imaginii (metoda II). La aceste scheme s-a considerat că pixelii ce aparțin setului de referință (jumătate din imagine) nu pot fi modificați, astfel ei nu pot conține biți ascunși, limitând capacitatea oferită de schemă. Cele două etape de inserție/decodare permit crearea unui al treilea set de pixeli. Acesta este marcat, iar la decodare poate fi folosit ca referință pentru setul inițial de pixeli gazdă. Fig. 4.5 prezintă distribuția în imagine a celor trei seturi introduse de schema propusă. Pixelii din noul set (un sfert din imagine, notați cu A în fig. 4.5) sunt restaurați folosind pixelii din setul de referință (reduc la un sfert din imagine, notat cu U în fig. 5). După ce noul set este restaurat, acesta este folosit împreună cu setul de referință pentru a extrage mesajul/restaura setul gazdă principal (jumătate din imagine, notat cu B în fig. 4.5). Astfel numărul maxim de pixeli ce pot fi folosiți la marcarea crește de la jumătate la trei sferturi din imagine.

Menționăm ca este pentru prima oară când colectivul UVT întreprinde cercetări de inserție în imagini criptate, subiect evident mai dificil decât inserția în imagini necriptate. Algoritmul dezvoltat de noi a fost prezentat la conferința EUSIPCO 2017, conferință indexată ISI Proceedings.

Eliminare zgomot periodic în imagini. Tot în această etapă colectivul UVT a dezvoltat un algoritm de eliminare/reducere a zgomotului periodic tip Moire din imagini. Algoritmul operează în frecvență și prezintă îmbunătățiri la detectarea componentelor datorate zgomotului și la detectarea componentelor de joasă frecvență, componente care rămân nemodificate în etapa de filtrare. Algoritmul introduce o serie de elemente de noutate printre care amintim, procedura de detecție a frecvențelor joase (o îmbunătățire a metodei propuse de noi la ICSTCC 2015 [10], un detector de maxim inspirat din Aizenberg et al., 2015, [11] și, în primul rând, o procedura iterativă originală de detecție a componentelor de zgomot.

Testele arată ca metoda propusă de noi are performanțe mai bune decât metoda propusă de F. Sur și M. Grediac în *SPIE Journal of Electronic Imaging*, 2015 [12]. Metoda dezvoltată de noi în această etapă a proiectului a fost prezentată la conferința IEEE ISSCS 2017, conferință indexată ISI Proceedings.

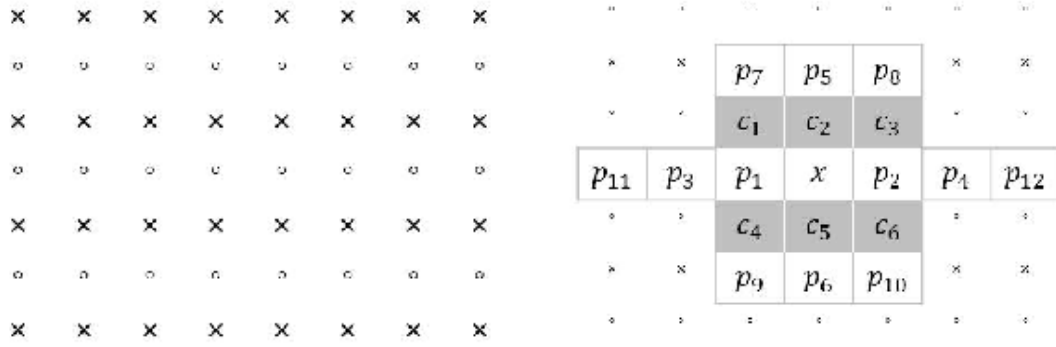


Fig. 4.1. Impartirea imaginii (stanga), vecini si context predictie

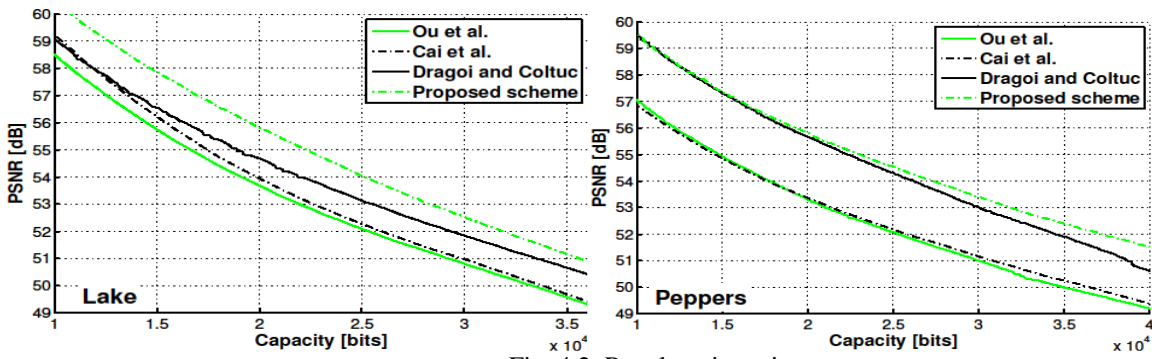


Fig. 4.2. Rezultate insertie.

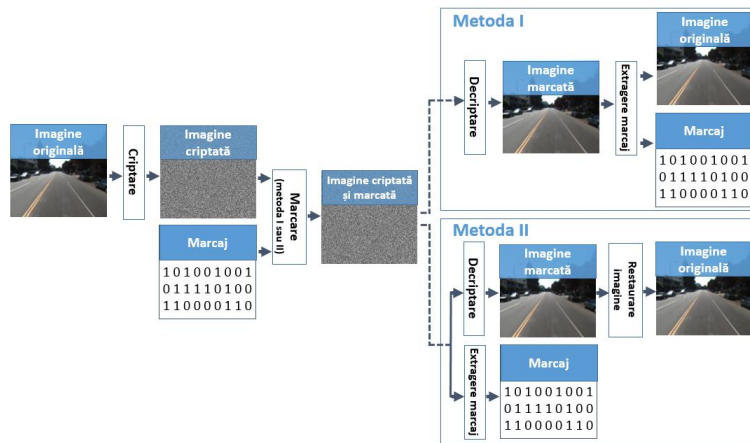


Fig. 4.3. Inserirte in imagini criptate

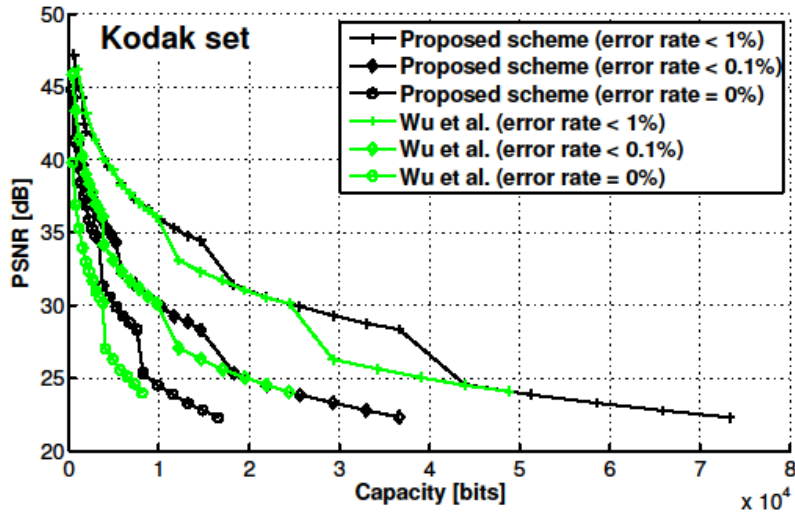


Fig. 4.4. Rezultate inserție în imagini criptate.

A	B	A	B	A	B	A	B
B	U	B	U	B	U	B	U
A	B	A	B	A	B	A	B
B	U	B	U	B	U	B	U
A	B	A	B	A	B	A	B
B	U	B	U	B	U	B	U

Fig. 4.5. Impartirea imaginii în 3 submultimi cu U pixeli de referință.

5. Implementarea prototip pentru determinarea calității drumurilor

Versiunea prototip a algoritmului propus pentru determinarea calității drumurilor a fost implementată cu ajutorul câtorva operații morfologice aplicate atât pe imagini individuale ce prezintă defecte semnificative ale drumului cât și pe cadre video succesive din fișiere video (filme) capturate cu ajutorul unei camere video amplasate în exteriorul unui autovehicul aflat în deplasare.



Figura 5.1. Imaginea de intrare.

În ceea ce privește implementarea software s-a folosit limbajul de programare Python, un limbaj multifuncțional dinamic multi-paradigmă care a căpătat în ultimii ani o popularitate tot mai ridicată în rândul comunității științifice mai ales datorită faptului că permite dezvoltatorilor să exprime anumite idei programatice într-o manieră mai clară și mai concisă decât alte limbaje de programare cum ar fi C, C++ sau Java. Deși acest limbaj permite crearea rapidă a aplicațiilor la capitolul performanță de procesare, limbajul prezintă anumite deficiențe. În acest sens modulele (bibliotecile) Python pot fi scrise în C/C++, pot fi compilate și importate Python pentru a îmbunătăți viteza de procesare. Un bun exemplu de astfel de modul este de fapt principalul modul utilizat în cadrul prototipului și anume OpenCV. OpenCV (Open Source Computer Vision Library) este o bibliotecă, dezvoltată inițial de Intel, care conține funcții de programare dedicate vederii artificiale, de captură / manipulare, prelucrare / procesare și analiză de imagini în timp real. Aceasta poate fi utilizată gratuit, sub licență de tip open source. Biblioteca este de tip multiplatformă (cross-platform) și poate fi foarte ușor folosită cu ajutorul limbajului Python.



Figura 5.2. Imaginea de intrare decupată.

În cele ce urmează vor fi descrise diferitele etape de procesare ale versiunii prototip, iar pentru exemplificare s-a folosit imaginea de intrare prezentată în Figura 5.1. Se poate observa cu ușurință faptul că partea carosabilă reprezintă doar un anumit procent din întreaga imagine deci mai întâi este necesară segmentarea cât mai precis cu puțință a prim-planului.

Pe baza unei formule empirice și a condițiilor de expunere din momentul achiziționării imaginii originale mai întâi aceasta va fi decupată la 50% din înălțime, astfel partea superioară formată din mediul natural din fundal va fi eliminat. Apoi se decupează 40% din lățime prin înlăturarea a câte 20% de pe fiecare parte în scopul eliminării mediului natural din stânga și dreapta părții carosabile. Imaginea rezultată este prezentată în Figura. 5.2.

După cum se poate observa aceasta prezintă zgomot ceea ce ne duce la următoarea etapă de procesare și anume etapa de filtrare sau netezire a zgomotelor. S-a folosit o filtrare de tip trece-jos care permite trecerea doar a frecvențelor joase, realizată cu ajutorul unui nucleu de convoluție de tip Gaussian cu dimensiunea de 5x5. Nucleul are doar elemente pozitive, motiv pentru care o practică curentă este împărțirea rezultatului convoluției cu suma elementelor nucleului convoluție cu scopul de a scala rezultatul în domeniul de valori al intensității pixelilor din imaginea de ieșire. Efectul obținut este o mediere a pixelului curent cu valorile vecinilor săi, observabilă prin netezirea imaginii rezultate. Pentru această etapă s-a utilizat funcția *GaussianBlur* din cadrul bibliotecii OpenCV care prezintă următorii parametri:

src: imaginea de intrare care poate avea orice număr de canale,
dst: imaginea de ieșire care are aceleași dimensiuni ca și cea de intrare,
ksize: dimensiunea nucleului gaussian,
sigmaX: deviația standard a nucleului gaussian pe axa X.
sigmaY: deviația standard a nucleului gaussian pe axa Y.
borderType: metoda extrapolării pixelilor.

Dintre acești parametri s-au utilizat doar primii trei, ceilalți având valori nule. În continuare rezultatul va fi convertit în 256 nivele de gri (format greyscale) prin extragerea componentei de luminanță cu ajutorul relației:

$$Y \leftarrow 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B.$$

Aici a fost folosită funcția *cvtColor* cu parametri:

src: imaginea de intrare care poate avea orice număr de canale,

dst: imaginea de ieșire care are aceleași dimensiuni ca și cea de intrare,
code: codul de conversie pentru spațiul de culoare cu valoarea CV_RGB2GRAY.

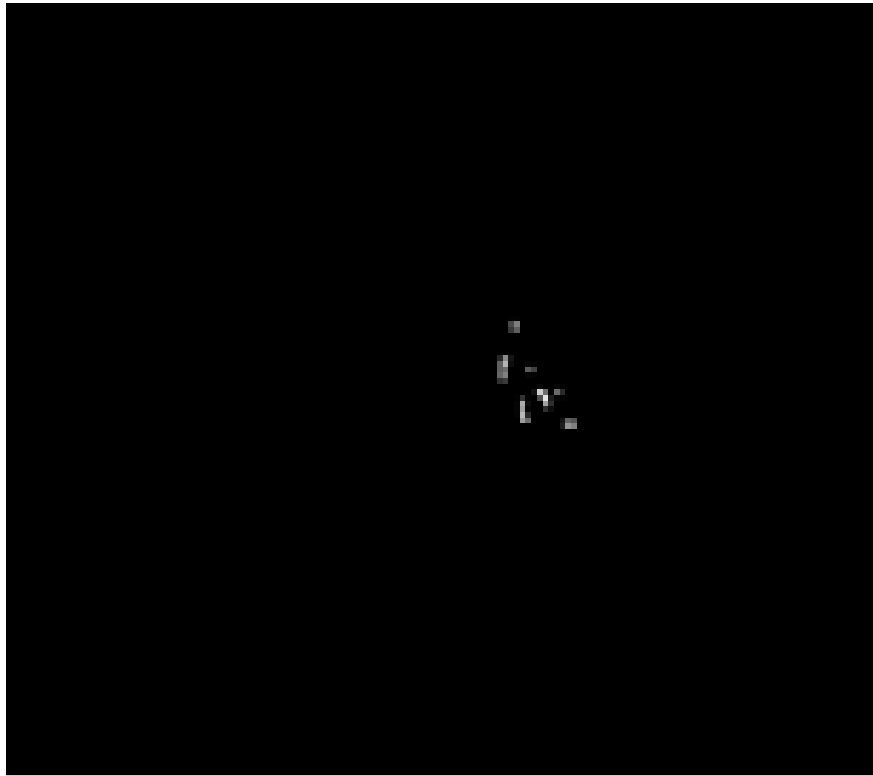


Figura 5.3. Imaginea cu prag, după aplicarea metodei Otsu.

Poate fi observat cu ușurință faptul ca imaginea rezultată prezintă două grupuri principale de pixeli, si anume pixelii ce formează fundalul și pixelii ce formează prim-planul.

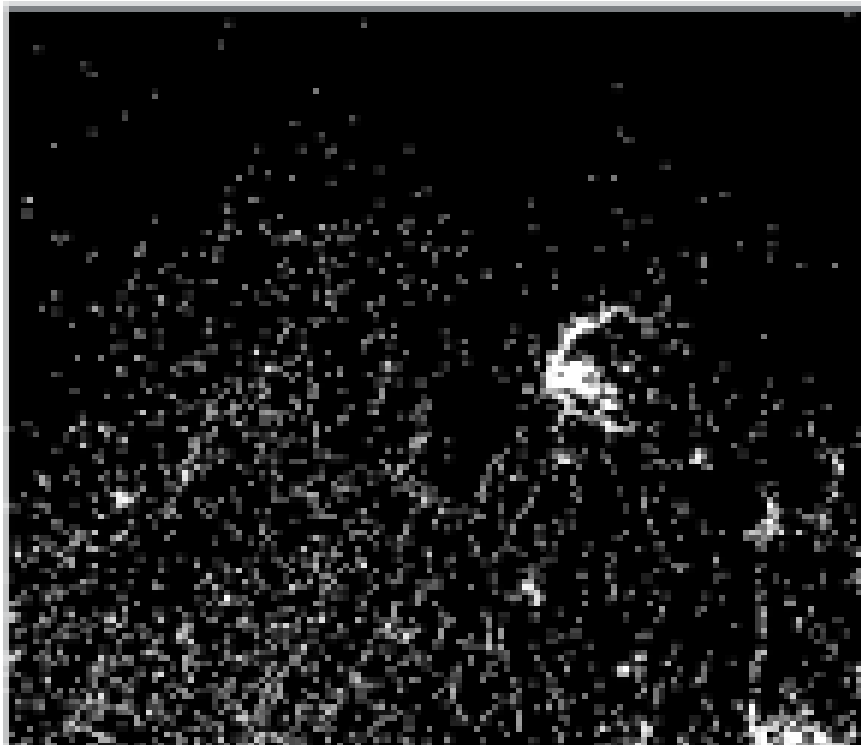


Figura 5.4. Imaginea obținută după aplicarea scheltizării.

Aceste două grupuri se întind pe domenii de intensități diferite și se suprapun parțial astfel fiind foarte necesară selectarea unui prag (threshold) corespunzător pentru a se minimiza erorile de clasificare a unui pixel obiect ca fundal, și viceversa.

Clasificarea pixelilor în cele două categorii se mai numește și sugestiv binarizare. Deoarece viteza de procesare este importantă și de cele mai multe ori cele două clase au dimensiuni comparabile. În consecință s-a decis utilizarea metodei de binarizare Otsu.

Această metodă rezolvă problema determinării pragului pornind de la observația că la orice prag varianța totală a imaginii este suma dintre varianța intra-clasă, și varianța dintre clase. Deoarece varianța totală este constantă, independentă de valoarea pragului, efectul alegerii acestuia este doar de a schimba ponderea celor două varianțe. Și astfel problema minimizării varianței intra-clasă este echivalentă cu problema minimizării varianței dintre clase. Această problemă poate fi rezolvată într-o manieră recursivă. Aplicarea binarizării Otsu a fost făcută folosind metoda *threshold* din OpenCV cu următorii parametri:

src: imaginea de intrare cu un singur canal pe 8 sau 32 biți,
dst: imaginea de ieșire care are aceleași dimensiuni ca și cea de intrare,
thresh: valoarea pragului,
maxval: valoarea maximă admisă pentru THRESH_BINARY și _INV,
type: tipul metodei folosite.

Ultimul parametru setat a fost `cv2.THRESH_BINARY + cv2.THRESH_OTSU` ceea ce asigură mai întâi folosirea metodei de binarizare iar mai apoi folosirea pragului optim obținut prin metoda Otsu. Rezultatul acestei procesări se poate observa în imaginea din Figura 5.3.

În ultima etapă a versiunii prototip se urmărește detectarea pixelilor din prim-plan care sunt conectați între ei pentru a avea o mai bună indicație în ceea ce privește locația defectelor și a gropilor. Această procesare s-a realizat cu ajutorul funcției *skeletonize* ce face parte din modulul Python specializat în algoritmi morfologici de procesare numit *scimage.morphology*. Metoda are doi parametri:

image: imagine binară de intrare, unde '1' reprezintă prim-planul iar '0' fundalul,
skeleton: valoare returnată este o matrice ce conține imaginea 'subțiată'.

Acest proces numit de scheletizare funcționează prin parcurgerea succesivă a imaginii de intrare înlăturând pixeli situați la limitele obiectelor, până în punctul în care nu se mai poate elimina nici un pixel. Imaginea este corelată cu o mască ce atribuie fiecărui pixel un număr în intervalul 0-255 ce corespunde oricărei configurații posibile ce poate fi formată din cei 8 pixeli învecinați.

Rezultatul acestei metode și mai mult rezultatul final al versiunii prototip este prezentat în Figura 5.4.

6. Implementarea modului de risc management. Analiza costurilor, a beneficiilor și analiza riscului asociat

Rezultă un vector de prioritizare al riscului, care va fi folosit pentru calcularea impactului global (Ig), ca o funcție a valorilor maxime derivată din calculul prioritizării riscului ca impact al costului asupra nivelului de buget (Rc), prioritizarea riscului determinată de intervalul de timp al derulării proiectului (Rt) și riscul de calitate (Rq).

$$I_g = \text{Max} \{R_c, R_t, R_q\}$$

Rezultatele simulării Monte Carlo

Luând în considerare scalele prezentate în cadrul secțiunii anterioare, am creat 50 de scenarii de analiză a riscului în funcție de tipul de defect în pavaje, nivelul de risc și scalele de prioritizare a riscului calculate ca impact al costului (Rc), prioritizarea în funcție de orizontul de timp (Rt) și riscul de calitate (Rq). Rezultatele reprezintă o matrice a scenariilor, după cum se observă și în Tabelul 2.

Tabelul 6.1 Matricea scenariilor

Tip defect	Risc	PCI	Rc	Rt	Rq
Fisurarea (Cracking)	Moderat	2	3	3	2
Deteriorarea marginilor (Edge Failure)	Scăzut	3	2	1	2
Gropi (Potholes)	Scăzut	3	2	4	3
Peticirea (Peticirea)	Moderat	2	3	1	2
Fisurarea (Cracking)	Moderat	2	2	4	2

Am utilizat această matrice într-un proces de simulare Monte Carlo, care generează un număr aleatoriu între 1 și 50 și îl asociază cu un scenariu de pavare concret, dintre cele 50 amintite. Tabelul de mai jos afișează primele rezultate dintr-un număr de 5.000 de experimente de simulare. Pentru fiecare din aceste scenarii se calculează impactul general, descris mai devreme, apoi se colorează cu bare de diferite culori: verde, dacă impactul global este sub 2; galben, dacă este egal cu 3; iar cu roșu pentru impactul global ce depășește valoarea 4 (risc ridicat).

Tabelul 6.2 Tabelul experimentelor de simulare Monte Carlo

Nr. Experiment	Nr. aleatoriu Scenariul ales	Tip defect	Risc	PCI	Rc	Rt	Rq	Ig
1	39	Gropi	scăzut	3	2	2	2	2
2	8	Deteriorarea marginilor	scăzut	3	1	3	1	3
3	29	Deteriorarea marginilor	ridicat	1	4	3	1	4
4	16	Gropi	moderat	2	3	3	2	3
5	50	Raveling	scăzut	3	2	2	1	2
6	30	Rutting	scăzut	3	1	3	2	3
7	34	Raveling	moderat	2	3	4	2	4

Experimentul de simulare a fost realizat cu ajutorul tabelorului Microsoft Office Excel și a Add-on-ului Risk AMP. Rezultatele sunt prezentate în Tabelul 4 și histograma din Figura 2. Valoarea medie după 5.000 de simulări este de 3,2718, ceea ce conduce la un interval de încredere [3,235796832; 3,286603168], ce s-a calculat luând în considerare o valoare alfa de 0,05, ca valoare maximă a erorii. Analiza Pareto din histogramă prezintă distribuția valorilor rezultatelor simulării prin serii, afișând valoarea 3, ca fiind cel mai frecvent rezultat al simulării, ceea ce înseamnă că proiectele se pot confrunta cu ajustări majore, fiind necesare pentru ca un proiect să fie considerat finalizat cu succes.

Tabelul 6.3 Sumar rezultate pentru simularea Monte Carlo

Sumar Rezultate			
Medie	3.2718	Deviația standard	0.915692338
Număr Iterații	5000	Varianța	0.838492458
		Skewness	0.09
Minim	1	Kurtosis	2.75
Maxim	5		
Mediană	3	Încredere	0.025403168
Ordin	4	Interval de încredere	3.235796832
			3.286603168

Considerăm că un proiect este reușit și livrat la timp, atunci când $I_g \leq 2$, un proiect poate fi finalizat cu ajustări de buget și de timp rezonabile, atunci când $I_g = 3$, putem afirma în proporție de 95% că probabilitatea ca un proiect să fie finalizat cu succes este 17, 78% și de 44, 72% de a fi finalizat cu ajustări rezonabile.

Apoi am luat în considerare fiecare tip de defect și am calculat probabilitatea ca proiectul să fie dat ca reușit de către rezultatele simulării. Un proiect este reușit, dacă $I_g \leq 2$, în timp ce pentru un proiect cu $I_g = 3$, avem în funcție de defect, rezultatele:

- **Fisurarea** – am determinat că există o probabilitate de 13,32% ca un proiect de pavaj să se confrunte cu fisurări, iar dintre acestea 43,72% să fie livrate totuși cu succes;
- **Deteriorarea marginilor** – există o probabilitate de 28,14% ca un proiect să aibă de-a face cu deteriorarea marginilor, iar în cazul acestora a rezultat doar 11,94% dintre acestea să fie finalizate și livrate cu succes, în timp ce 40,59% să se finalizeze, dar cu ajustări tolerabile de timp;
- **Peticirea** – avem probabilitatea de 16,52% ca un proiect să se confrunte cu acest tip de experiență precum peticirea, ca tip de defect, dar în acest caz experimentul de simulare are rezultate optimiste – 62,71% dintre proiect pot fi livrate cu succes, iar 24,37% din acestea vor fi livrate cu anumite ajustări.

- **Gropi** – s-a determinat că există probabilitate de 18,56% ca un proiect să aibă gropi, dar 90,19% din cele cu acest tip de defect pot fi finalizate cu succes, iar 9,81% cu ajustări peste limita acceptabilă impusă de managementul proiectului. În acest caz, nu a existat nicio situație care să implice gropi și posibilitatea ca proiectul să nu fie finalizat;
- **Destrămarea** – este tipul de defect cu cel mai mic procentaj al posibilității de apariție (8,08%). Dintre ele, aproape jumătate au fost terminate cu succes, 48,51% și un procentaj de 12,58% cu ajustări ce permit finalizarea și acceptarea proiectului;
- **Denivelarea, vâlurirea** – pentru tipul de defect menționat există posibilitatea de apariție de 15,38%, în perioada de derulare a unui proiect de pavaje și de 62,58% ca din acestea să fie finalizate cu succes, în timp ce 12,58% să fie finalizate cu anumite ajustări.

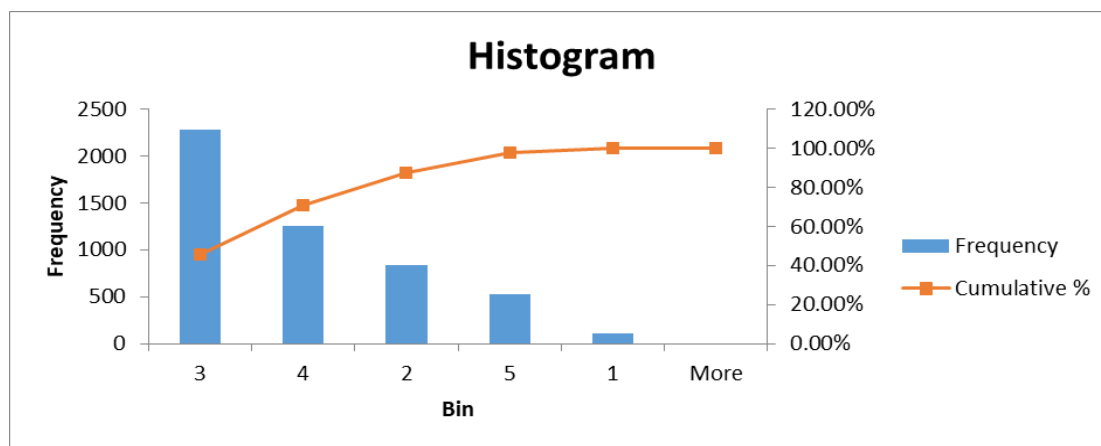


Figura 6.1 Histogramă

Concluzii și perspective

Identificarea și evaluarea riscului este un aspect complex pentru proiecte în general, cât și pentru proiectele de pavaj în particular, ținând cont de volumul de timp și resurse implicate. Impactul asupra costurilor și realizării proiectului este esențial, iar metodele de management al riscului pot face diferența între un proiect reușit și unul care trebuie abandonat.

Această lucrare prezintă o metodă eficientă de prioritizare a riscului și a managementului resurselor, ce implică examinarea unor serii de experimente de simulare. Factori importanți precum costul, timpul, calitatea și impactul riscului asupra acestora sunt utilizate pentru a determina paliere pentru care un proiect să-și ajusteze eficient bugetul.

Au fost identificate și comparate câteva dintre cele mai notabile studii din literatură și proiecte care au utilizat simularea Monte Carlo în managementul proiectelor. Luând acele studii ca punct de pornire, am identificat metode eficiente de evaluarea și prioritizarea riscurilor, pe care le-am utilizat în cadrul unei simulări Monte Carlo.

În viitor vor fi realizate îmbunătățiri ale acestor metode prin considerarea unor factori suplimentari, precum vremea și temperatura, ca factori ce pot fi identificați și care pot cauza tipul defectelor de pavaj, gravitatea și frecvența lor.

Diseminarea rezultatelor Etapei 4

În perioada 9-11 iulie 2017, echipa de cercetare a partenerului P5 - UTCN a organizat **RTSP 2017 - International Workshop on Recent Trends in Signal Processing**, eveniment cu invitați de prestigiu, organizat sub egida EURASIPLa București în colaboare cu Universitatea Politehnica București. PAV3M a fost unul dintre coorganizatorii acestui eveniment: <http://sp.utcluj.ro/RTSP2017/Sponsors.html>. Programul workshop-ului este prezentat în anexele raportului.

Rezultatele originale obținute în aceasta etapă au fost diseminate prin următoarele publicații:

Reviste ISI cu factor de impact:

P5.1. C. Rusu, J. Astola, On the existence of the solution for one-dimensional discrete phase retrieval problem, *Signal, Image and Video Processing*, vol. 11 (2017), pp. 195-202, DOI: 10.1007/s11760-016-0919-0

CO.2. Dan Benta, Sergiu Jecan, Lucia Rusu, Oana Dines, Business Process Analysis for Risk Management in PAV3M, *Environmental Engineering and Management Journal*, issue 4 Volume 16/2017, IF=0.849, IS=0.073, ISSN: 1582-9596, eISSN: 1843-3707

CO.3. Dan Benta and Lucia Rusu, Workow Automation in a Risk Management Framework for Pavement Maintenance Projects”, *International Journal of Computers, Communications & Control*, ISSN 1841-9836, Vol.12, 2017, IF=1,374

Lucrări în reviste BDI:

P3.1. L. Frangu: About Using the Vehicle Vibrations for Measuring its Speed, *The Annals of University "Dunărea de Jos" of Galați*, Fascicle III, Electrotechnics, Electronics, Automatic Control, Informatics, 2016, vol. 39, nr. 2, pp. 25-29, ISSN-L 1221-454x (B+, cod CNCISIS), <http://www.ann.ugal.ro/eeai/index.html>.

Lucrari la conferinte Internaționale indexate ISI

P3.1. Dragoi, Ioan Catalin, Dinu Coltuc, and Henri George Coanda. "Adaptive pairwise reversible watermarking with horizontal grouping." *Signals, Circuits and Systems (ISSCS), 2017 International Symposium on.* IEEE, 2017.

P3.2. Dragoi, Ioan Catalin, Henri-George Coanda, and Dinu Coltuc. "Improved Reversible Data Hiding in Encrypted Images Based on Reserving Room After Encryption and Pixel Prediction." *Signal Processing Conference (EUSIPCO), 2017 25th European.* IEEE, 2017.

P3.3. Ionita, Marius G., and Henri George Coanda. "Automatic periodic noise removal in microscopy images." *Signals, Circuits and Systems (ISSCS), 2017 International Symposium on.* IEEE, 2017, DOI: 10.1109/ISSCS.2017.8034894, Electronic ISBN: 978-1-5386-0674-2

USB ISBN: 978-1-5386-0673-5, Print on Demand(PoD) ISBN: 978-1-5386-0675-9

Lucrari la conferinte Internaționale în curs de indexare ISI

P5.1. L. Grama, L. Tuns, C. Rusu, "On the optimization of SVM kernel parameters for improving audio classification accuracy," 14th International Conference on Engineering of Modern Electric Systems (EMES), pp. 224-227, June 1-2, 2017, Oradea, Romania, DOI: 10.1109/EMES.2017.7980420; <http://ieeexplore.ieee.org/document/7980420/>

P5.2. E. R. Buhuș, L. Grama, C. Rusu, "Several classifiers for intruder detection applications," International Conference on Speech Technology and Human-Computer Dialogue (SpeD), pp. 1-6, July 6-9, 2017, Bucharest, Romania, DOI:10.1109/SPED.2017.7990432; <http://ieeexplore.ieee.org/document/7990432/>

P5.3. L. Grama, E.R. Buhus, C. Rusu, „Acoustic Classification using Linear Predictive Coding for Wildlife Detection Systems," 13th International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS), pp. , July 13-14, 2017, Iasi, Romania, DOI: [10.1109/ISSCS.2017.8034944](https://doi.org/10.1109/ISSCS.2017.8034944)

P5.4. . C. Rusu, J. Astola, Convergence Analysis of Error-Reduction Algorithm for Solving of the Extended One Dimensional Discrete Phase Retrieval Problem, 13th International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS), July 13-14, 2017, Iasi, Romania, DOI: [10.1109/ISSCS.2017.8034945](https://doi.org/10.1109/ISSCS.2017.8034945)

Lucrari la Conferinte Internaționale

CO.1. Bogdan Cramariuc, Lucia Rusu, Dan Andrei Sitar-Tăut, Road Inspection Using Image Processing and Acquisition Prototype, Proceedings of 9th International Conference on Environmental Engineering and Management, ECOZONE Publishing House, ISSN 2457-7049, ISSN-L 2457-7049, pp.359-361, 6-9 sept.2017

CO.2. Raluca Arba, Lucia Rusu, Dan Sitar-Taut, Sergiu Jecan, Impact of Risks on Resource Management for a Road Pavement System Using Monte Carlo Simulation, , Proceedings of 9th International Conference on Environmental Engineering and Management, ECOZONE Publishing House, ISSN 2457-7049, ISSN-L 2457-7049,pp.445-447, 6-9 sept.2017

CO.3. Dan-Andrei Sitar-Tăut, Sergiu Jecan, Lucia Rusu Daniel Mică, Two-Way Persistent Data Migration in Virtual Enterprises, Proceedings of the 16th International Conference on Informatics in Economy (IE 2017) Education, Research & Business Technologies IE 2017, 4-7 mai 2017, Bucharest, ISSN 2284-7472, Bucharest University of Economic Studies Press, pp.232-238

Bibliografie

Capitolul 1-2[Cheikh, 2002] F. A. Cheikh, B. Cramariuc, M. Partio, P.Reijonen, and M. Gabbouj, "Evaluation of shape correspondence using ordinal measures", Proc. of SPIE Electronic Imaging 2002, Storage and Retrieval for Media Databases, Vol. 4676, January 2002.

[Cramariuc, 2000] B. Cramariuc, I. Shmulevich, and M. Gabbouj, "A new image similarity measure based on ordinal correlation", IEEE Int. Conf. Img. Proc., Vancouver, Canada, September 10-13, 2000.

[Evdorides, 2007] Evdorides, H. Safe Mobility: the cornerstone of IRF's reflections on improvement in road safety, www.irfnet.org

[Gabbouj, 2002] M. Gabbouj, S. Kiranyaz, K. Caglar, B. Cramariuc, F. A. Cheikh, O. Guldogan, and E. Karaoglu, "MUVIS: A Multimedia Browsing, Indexing And Retrieval System", Tyrrhenian Int. Workshop on Digital Communications, Sept. 8-11, Italy, 2002.

[Hardie, 2007] R. Hardie, A Fast Image Super-Resolution Algorithm Using an Adaptive Wiener Filter, *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 16, no. 12, 2953 - 2964, 2007.

[Iftikhar, 2001] A. Iftikhar, F. Alaya Cheikh, B. Cramariuc, and M. Gabbouj, "Query by Image Content using NOKIA 9210 Communicator", *Proc. of the Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services, WIAMIS'01*, pp.133-137, Finland, May 16-17, 2001.

[McPherson, 2005] McPherson, K , Bennett, C. *Success Factors for Road Management Systems*, The World Bank, Washington, D.C., 2005

Bibliografie, capitolul 3

Capitolul 3[1] 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

[2] 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

[3] L. Frangu: About Using the Vehicle Vibrations for Measuring its Speed, *The Annals of University "Dunărea de Jos" of Galați*, Fascicle III, Electrotechnics, Electronics, Automatic Control, Informatics, 2016, vol. 39, nr. 2, pp. 25-29, ISSN-L 1221-454x (B+, cod CNCISIS), <http://www.ann.ugal.ro/eeai/index.html>

[4] . Y. Huang, J. Benesty, J. Chen, *Acoustic MIMO Signal Processing*, chapter 9, Springer, 2006.

Capitolul 4 1.Dragoi, Ioan-Catalin, and Dinu Coltuc. "Adaptive pairing reversible watermarking." *IEEE Transactions on Image Processing* 25.5 (2016): 2420-2422.

2. Ou, Bo, et al. "Pairwise prediction-error expansion for efficient reversible data hiding." *IEEE Transactions on image processing* 22.12 (2013): 5010-5021

3. Cai, Siren, et al. "A new reversible data hiding scheme exploiting high-dimensional prediction-error histogram." *Image Processing (ICIP), 2016 IEEE International Conference on*. IEEE, 2016.

4. Li, Xiaolong, et al. "Efficient reversible data hiding based on multiple histograms modification." *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 10.9 (2015): 2016-2027.

5. Li, Xiaolong, et al. "A novel reversible data hiding scheme based on two-dimensional difference-histogram modification." *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 8.7 (2013): 1091-1100.

6. Gui, Xinlu, Xiaolong Li, and Bin Yang. "Efficient reversible data hiding based on two-dimensional pixel-intensity-histogram modification." *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2014 IEEE International Conference on*. IEEE, 2014.

7. Wu, Xiaotian, and Wei Sun. "High-capacity reversible data hiding in encrypted images by prediction error." *Signal Processing* 104 (2014): 387-400.

8. Cao, Xiaochun, et al. "High capacity reversible data hiding in encrypted images by patch-level sparse representation." *IEEE Transactions on Cybernetics* 46.5 (2016): 1132-1143

9. Kim, Young-Sik, Kyungjun Kang, and Dae-Woon Lim. "New Reversible Data Hiding Scheme for Encrypted Images using Lattices." *Applied Mathematics & Information Sciences* 9.5 (2015): 2627.

10. Ionita, Giorgian-Marius, et al. "Automatic moiré pattern removal in microscopic images." *System Theory, Control and Computing (ICSTCC), 2015 19th International Conference on*. IEEE, 2015.

11. Aizenberg, Igor, and Constantine Butakoff. "A windowed Gaussian notch filter for quasi-periodic noise removal." *Image and Vision Computing* 26.10 (2008): 1347-1353.

12. Sur, Frédéric, and Michel Grediac. "Automated removal of quasiperiodic noise using frequency domain statistics." *Journal of Electronic Imaging* 24.1 (2015): 013003-013003.

Director de proiect
Prof.dr.Lucia Rusu