

Raport tehnico-științific PAV3M - Etapa I (2014)

Rezumatul etapei I 2014

Etapa I intitulată “*Studiul soluțiilor hardware și de analiză existente*” a cuprins numeroase activități, dintre care amintim: studiul sistemelor existente pentru inspectia vizuală a pavajelor, studiul metodelor de procesare de imagini și video folosite în sistemele existente și/sau propuse în literatura de specialitate, proiectarea funcționalităților portalului, determinarea factorilor de risc, diseminarea rezultatelor, realizarea paginii web a proiectului și a forumului de discuții precum și definirea cerințelor software ale modelului experimental (ME). Rezultatele științifice ale acestei etape vor fi prezentate pe larg în cele ce urmează. Menționăm ca pe lângă pagina Web a proiectului am adoptat și soluțiile Web 3.0 de promovare folosind prezența pe rețelele sociale (Facebook, Twitter).

1. Situația existentă la nivel mondial privind Sistemele de Management și Mentenanță a Drumurilor (PMMS)

Din 1970, de când a apărut termenul de sistem de management al pavajelor (PMS-Pavement Management System) și a devenit popular și până în zilele noastre primește o mulțime de definiții și semnificații, începând cu "sisteme de abordare de design a pavajelor "[Sood,1995], "unelte de sistem suport de decizie pentru întreaga gamă de activități implicate în crearea și menținerea pavajelor "[DoT,2000]. Asociația Americană AASHTO definește managementul pavajelor ca "orientarea eficientă și eficientă a diverselor activități implicate în asigurarea și susținerea pavajelor într-o stare acceptabilă pentru publicul călător, la cel mai mic cost pe ciclul de viață [Sood,1995]" .

Managementul Pavajelor (PM-Pavement Management) este un program pentru îmbunătățirea calității și performanței pavajelor și minimizarea costurilor prin bune practici de gestionare. Un Sistem de Management de Pavaje (PMS –Pavement Management System) este un set de proceduri definite pentru colectarea, analiza, menținerea și raportarea datelor de pavaje, pentru a ajuta factorii de decizie în găsirea unor strategii optime pentru menținerea în stare de funcționare a pavajelor pe o anumită perioadă de timp pentru costul cel mai mic [DoT,2000]. PMS este un instrument inteligent pentru managerii de drum, deoarece oferă informații obiective și date utile pentru analiza și managerii pot lua decizii consecvente, eficientiza costurile și de mentenanță și întreținerea unui pavaj.

Potrivit Oguara et al., în zilele noastre avem mai multe referințe la un Sistem de Management a Pavajelor (PMS), Priority Rating System (PRS), Pavement Maintenance Management System (PMMS), Roadway Evaluation and Maintenance Programming (REMP), Pavement Serviceability System (PSS) [Oguara,2007]. Scopul fiecărei dintre aceste proceduri este de a oferi o procedură coerentă, în mod rezonabil obiectiv și sistematic pentru stabilirea priorităților, programarea, bugetarea și întreținerea drumurilor și a cerințelor de reabilitare [Oguara,2007].

Hudson și colab. descrie un sistem total de management pavaj (TPMS), ca "un set coordonat de activități, toate îndreptate spre realizarea cea mai bună valoare posibilă pentru fondurile publice disponibile în furnizarea și exploatarea netedă, în condiții de siguranță, și pavaje economice"

[WSDT, 1994]. Ei au rafinat această definiție, arătând activități specifice legate de planificarea pe pavaj, proiectare, construcție, întreținere, evaluare și cercetare.

Un sistem comercial off-the-shelf (COTS-Commercial of-the-shelf System) este definit ca "un software de aplicație sau un sistem care este comercializat pe scară largă ca un produs pre-ambalate sub un licențiere comercială stabilită sau contract de leasing pentru publicul larg" [McPherson, 2005]. COTS pot fi clasificate în trei categorii: (1) Sistemele de Management al Pavaj (PMS), (2) Sisteme de management de poduri (BMS –Bridge Management Systems), și (3) Sisteme Integrate de Management (IMS- Integrated Management Systems), care pot gestiona mai multe elemente de infrastructură rutieră sau pot integra PMS și BMS [Mizusawa, 2009].

Pentru Sisteme de Management Rutiere (RMS –Road Management System) McPherson și Bennett au propus în 2005 sistemele COTS, spre deosebire de sistemele proprietare dezvoltate de către consultanți din cauza potențialele avantaje, cum ar fi reducerea costurilor, punerea în aplicare independent, interval de timp scurt, etc.

Ca o soluție PMS COTS amintim: Agile Active Pavement- Analyst V5, dezvoltat de AgileAssets; AIM de Drumuri, prin Decizia nr Systems Axiom; Desyroute, Laboratoire Central des Ponts et Chaussees; HDM -4 Versiunea 2 de HDM Global; HERS-ST, prin FHWA, MARTIE PMS prin colectarea datelor Ltd., MicroPAVER pentru US Army-ERDC; PAVEMENTview® de CarteGraph; RealCost de FHWA; RNET, prin Banca Mondială; SMEC de, PMS SMEC, Stantec PMS Stantec; WDM PMS WDM Ltd. Pentru BMS soluție COTS putem indica: Active Agile de AgileAssets; AIM pentru Poduri de sistemul Decizia Axiom, Inc.; Exor Structuri de manager de Exor Corporation Ltd., NBIAS Cambridge Systematics, Inc.; PONTIS de AASHTO; RoSy® de BMS Grontmij | Carl Bro; Stantec de BMS Stantec.

IMS COTS ofera si alte produse: AssetManager NT și AssetManager PT de AASHTO; Confirmați prin MapInfo; dTIMS CT de Deighton Associates Ltd.; Autostrăzi Exor de Exor Corporation Ltd.; Hims de Hims Ltd.; ICON de GoodPointe Technolo; INSIGHT de Symology Ltd.; ROMAPS de Roughton International; RoSy® PMS de Grontmij | Carl Bro; SMART de Ramboll [McPherson, 2005].

Mai multe dintre sunt folosite în Statele Unite ale Americii, altele în alte țări din lume, dar numai câteva țări din UE folosesc sisteme COTS pentru PMM. Programe ale UE, cum ar fi Rimes (Road Infrastructure Maintenance Evaluation Study) și PAV-ECO (Pavement and Structure Management System - Economic Evaluation of Pavement Maintenance) (Infrastructurii Drumurilor Studiul de evaluare de întreținere) au arătat că statele membre ale UE cheltuiesc miliarde de euro anual pe întreținerea și reabilitarea infrastructurii rutiere lor. Doar 25% din țările UE (plus Norvegia și Elveția) doresc să utilizeze sisteme automate de colectare a datelor, precum și procedurile de analiză a datelor pentru întreținerea drumurilor. Țara noastră nu a implementat încă un astfel de program pentru întreținerea și monitorizarea pavajelor.

2. Studiul sistemelor existente pentru inspectia vizuala a pavajelor

S-a realizat un studiu asupra performanțelor unor sisteme existente în prezent pentru inspectia vizuală automată a căilor de rulare (șosele, căi ferate). Acest studiu include atât o analiză a

dispozitivelor de colectare a imaginilor cât și o prezentare a softului de prelucrare automată a imaginilor achiziționate. O astfel de analiză este necesară pentru proiectarea viitorului sistem de inspecție automată a drumurilor cât și pentru a determina caracteristicile de performanță ce se impun părți de analiză a imaginilor (software).

2.1. Sisteme hardware

În cele ce urmează sunt prezentate atât sisteme de prime generații de inspecție a drumurilor cât și cele recent realizate, în care prelucrarea datelor achiziționate se face în timp real de către un calculator instalat la bordul vehiculului care transportă sistemul de achiziție a datelor. În pofida acestor diferențe sistemele din primele generații sunt interesant de analizat, deoarece realizarea hardware-ului de achiziție este în continuare de interes urmând ca realizarea prelucrării în timp real să fie favorizată de dezvoltarea actuală a puterii de calcul și de implementarea unor algoritmi moderni, paralelizabili și rapizi pentru prelucrarea datelor.

Roadware's Automatic Road Analyzer (ARAN) [1] are capabilități de achiziționare la viteze mari de rulare a vehiculului (limite de rulare pe autostrazi) a unei largi varietăți de informații asupra pavajului, ca de exemplu: imagini ale pavajului și identificarea trasăturilor/defectelor, imagini imediat adiacente carosabilului, profil/rugozitate longitudinală, profil/rugozitate transversală, înclinație, intersecție în unghi etc.

Camerele de luat vederi de mare viteză sunt montate pe brate mobile (imaginea din dreapta în Figura 1). Imaginile achiziționate sunt foarte clare chiar și la o viteză de rulare de până la 80 km/h. De asemenea se pot produce secvențe reprezentând o serie continuă de imagini neredundante având contrast mare pentru dimensiuni de 1.5 m pe 4 m. Vehiculele sunt echipate și cu dispozitiv de poziționare prin satelit, radar special de penetrare în sol, și scanner laser de suprafață. Sistemul GPS și cel inerțial au performanțe echivalente cu cele militare, fiind vorba de Applanix POS LV 420, la ora actuală unul dintre cele mai precise sisteme dinamice de GPS pentru vehicule în mișcare.



Figura 1. Vehicul ARAN *multi-functional* pentru achiziție date pavaj si carosabil.

Imaginile și datele stocate pe hard-discuri mobile (Figura 2) sunt analizate săptămânal în laborator. În urma analizei se obține un indice clasificator pentru starea pavajului, se prezic zonele viitoare cu risc mare de deteriorare și se fac recomandări asupra măsurilor ce trebuie luate.



Figure 2. *Sistemul de stocare a datelor dintr-un vehicul ARAN.*

Sistemul **Fugro ADVantage** este produs de Fugro Consultants LP și reprezintă unul dintre primele sisteme digitale de inspecție automată a pavajului.[2] Intregul sistem este instalat și transportat de un vehicul specializat ca și în cazul sistemului ARAN. Sistemul achiziționează și colectează imagini digitale de mare rezoluție (1300 x 1024 pixels sau 2048 x 1024 pixels) ale pavajului utilizând un sistem de lumină stroboscopică sincronizată cu declanșarea camerei digitale. Se crează astfel o imagine compusă a unei secțiuni din pavaj. O singură cameră digitală de mare viteză și rezoluție este suspendată în spatele vehiculului deasupra suprafeței de rulare. Sistemul este capabil să acopere un procent de 100% de pavaj la viteze de peste 100 km/h pentru benzi de carosabil de până la 4.25 m lățime. Prelucrarea datelor încorporează o metodă de clasificare a deteriorării producând un indice de deteriorare. Achiziția și prelucrarea datelor se face în timp real.

Sistemul **Digital Highway Data Vehicle (DHDV)** este dezvoltat încă din 1990 de către un grup de cercetători de la University of Arkansas.[3,4] Sistemului de inspecție vizuală a pavajului este cuplat cu un receptor GPS, un instrument de măsurare a distanței, o sursă de putere și un Gyro sensor. Software-ul instalat pe calculatorul ce se afla la bordul vehiculului încorporează un motor real time de raționalizare a bazei de date, protocoale de comunicare inter-computer precum și controlul digital în timp real al sensorilor. De asemenea software-ul este paralelizat pentru a rula pe mai multe procesoare/calculatoare. Se generează baze de date multimedia.

Sistemul folosește în mod normal două tipuri de camere digitale pentru achiziția imaginilor de pavaj: cu scanare în linie și cu scanare largă de suprafață. Prima generație de sisteme DHDV utilizează camere cu scanare largă de suprafață. A 2-a generație de sisteme DHDV utilizează camere cu scanare în linie. Sursa de iluminare pentru prima și a 2-a generație de sisteme este o sursă de lumină vizibilă. A 3-a generație cât și generația actuală de sisteme folosesc însă iluminare laser (LRIS) și camere digitale cu scanare în linie. Iluminarea laser produce o calitate mai bună a imaginilor datorită uniformității iluminării. Astfel a 2-a și a 3-a generație de sisteme, deși au aceeași rezoluție optică, se diferenciază prin calitatea mai bună a imaginilor obținute cu sistemele de a 3-a generație. În Figura 3 este reprezentat schematic principiul de funcționare pentru sistemele cu camere cu scanare în linie.

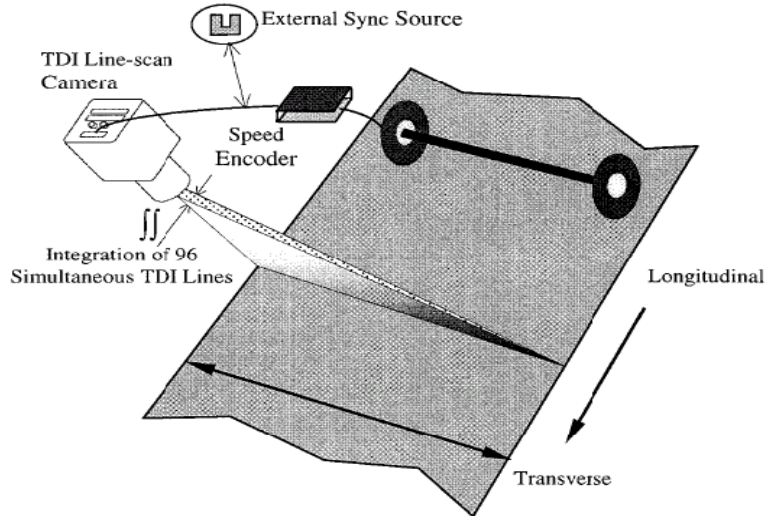


Figura 3. Schema redand principiul de functionare al sistemelor cu camere cu scanare in linie.

Prima generație de sisteme DHDV obțineau o rezoluție de circa 3 mm/pixel producând o imagine de 1300 pe 1024 pixeli. Sistemele din a 2-a și a 3-a generație DHDV ating o rezoluție de 1 mm/pixel atât în direcție longitudinală cât și transversală pentru o viteză a vehiculului de peste 100 km/h. Sistemul de achiziționare a imaginilor funcționează la fel de performant atât în condiții de zi cât și de noapte fiind invariant și la condițiile meteo. Aceasta datorită iluminării laser care asigură iluminarea cu un spectru îngust de lungimi de undă.

Dimensiunea unei imagini obținute prin cu LRIS este de 4096 pixeli/linie și 28000 linii/sec, ceea ce permite o rezoluție de 1mm la o viteză de achiziție de 100km/h. LRIS utilizează două camere de mare viteză cu scanare liniară în conjuncție cu proiectoare laser de mare putere aliniate în același plan într-o dispunere optică simetrică și intersectată (Figura 4) .

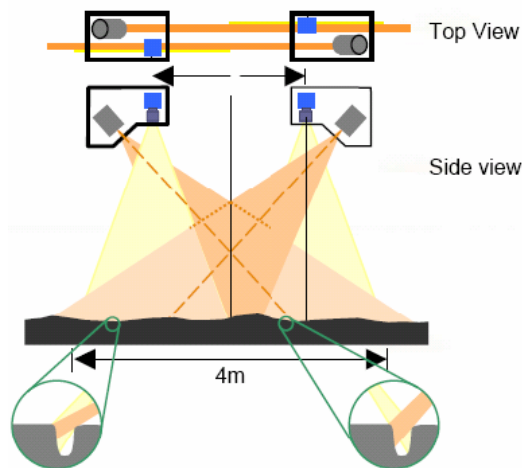


Figura 4. Reprezentare schematica a sistemului LRIS.

Dispozitivele laser din LRIS au lungimi de undă cuprinse între 800nm și 580nm. Camerele de luat vederi sunt decalansate la intervale ce depind de viteza vehiculului. Intregul sistem DHDV din noile generații are avantajul de a fi compact, cântărind numai 20 kg și de a fi eficient d.p.v. al consumului precum și imun la umbre sau schimbări în iluminarea ambientă.

Aceeași secțiune de pavaj a fost utilizată pentru a compara rezultatele obținute cu sistemele de generațiile 1 și 3. În cazul primei generații de sisteme imaginile achiziționate de camerele cu scanare pe suprafață au fost colate una după alta. Distorsiunile produse de sistemul optic (lentile) și de iluminarea neuniformă sunt clar vizibile în imaginile achiziționate. De asemenea, sunt vizibile și liniile de colare a imaginilor. În cazul sistemului de a 3-a generație, imaginea pavajului a fost obținută din linii individuale. Nu sunt vizibile distorsiunile de la sistemul optic iar rezoluția este crescută de 3 ori. Figura 5 arată imagini ale aceleiași regiuni de pavaj (marcată prin cercul roșu) obținută cu cele două generații de sisteme. În Figura 6 se poate observa calitatea unei imagini obținută prin magnificarea zonei încercuite cu roșu din Figura 5.

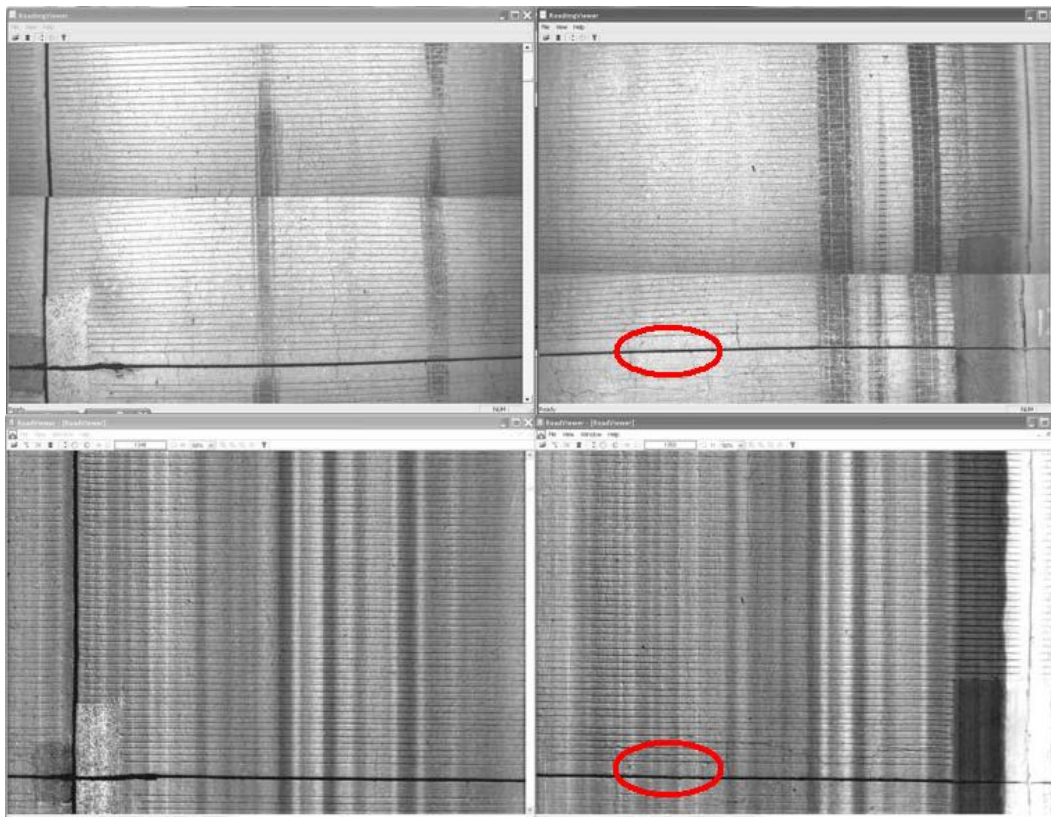
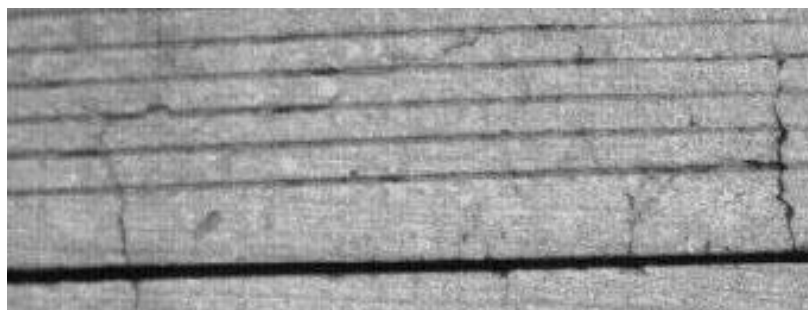


Figura 5. Imagini ale aceleiași regiuni de pavaj (marcată prin cercul roșu) obținută cu cele două generații de sisteme: în partea superioară prima imagine achiziționate cu prima generație, în partea inferioară imagini achiziționate cu a 3-a generație.



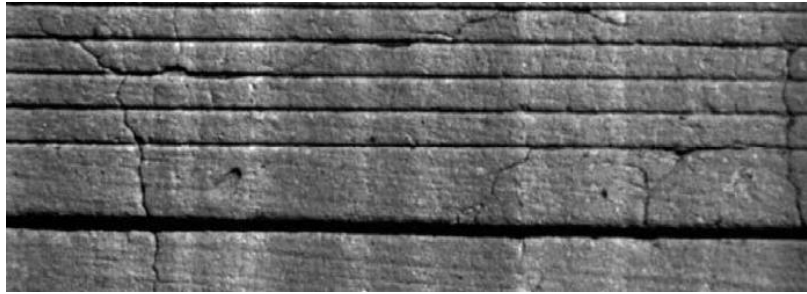


Figura 6. Imagini obtinute prin magnificarea zonei incercuite cu rosu din Figura 5.

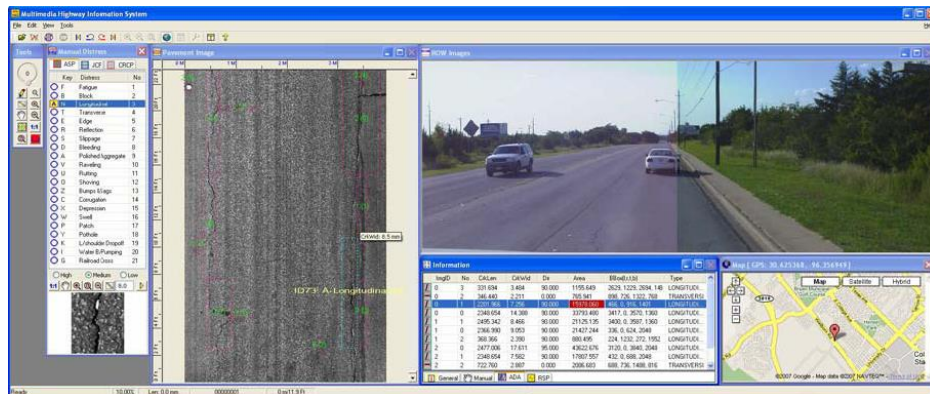


Figura 7. Interfața cu utilizatorul a sistemului DHDV.

Sistemul **RoadCrack** este dezvoltat de către **CSIRO** în colaborare cu the NSW Roads and Traffic Authority.[5] Sistemul detectează, clasifică și raportează fisurile în pavaj. Camere digitale de mare viteză sunt montate sub șasiul vehiculului. Un sistem special de reflectoare focalizează lumina permițând vizualizarea chiar și a fisurilor foarte mici. Imaginile de mare rezoluție colectate sunt asamblate în imagini mai mari corespunzând unor porțiuni de cate jumătate de metru de pavaj (Figura 8). Extragerea informațiilor relevante se face în timp real la vitezele vehiculului de peste 100 km/h. Rezoluția obținută este evidențiată de capacitatea sistemului de a detecta fisuri de 1 mm la o viteză de 105 km/h.



Figura 8. Imagine digitală achiziționată (stanga) și fisurile identificate (dreapta).

În Figura 8 nu sunt evidențiate tipul și lărgimea fisurilor, dar aceasta informație este de asemenea produsă de către sistemul de analiză a imaginilor. Graficele din Figura 9 redau tipul de rezultate

produse de sistem. Numărul de fisuri de un anumit tip, calculat ca numărul de cadre conținând fisuri, este reprezentat față de distanța de-a lungul drumului.

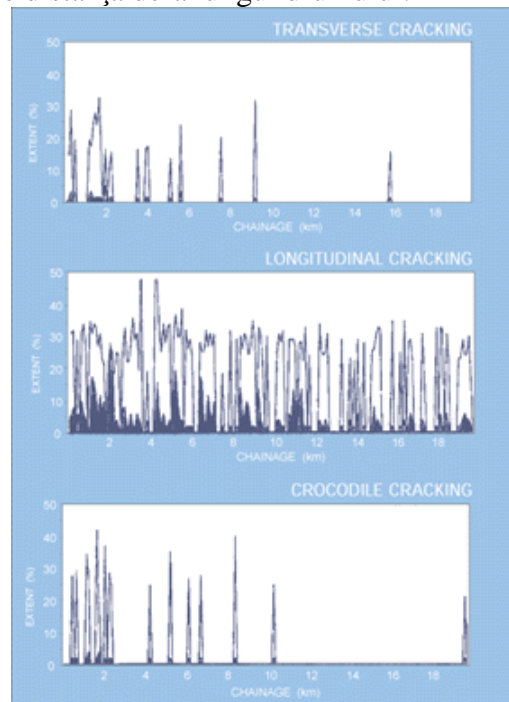


Figura 9. *Reprezentare grafică a rezultatelor analizei de inspecție a pavajului.*

Sistemul RoadCrack este considerat ca fiind în topul tehnologiilor de inspecție vizuală a drumurilor mai ales datorită următoarelor două aspecte. Primul constă în faptul că sistemul de achiziție de imagini permite fotografierea fiecărui milimetru de pavaj, rata de achiziție a imaginilor crește proportional cu viteza vehiculului. Un sistem special de reflectoare creează o iluminare suficientă pentru identificarea chiar și a fisurilor de foarte mici dimensiuni. Al doilea aspect este legat de prelucrarea în timp real a datelor achiziționate și producerea raportului de deteriorare a pavajului.

2.2. Sisteme software de analiză și clasificare a imaginilor

WiseCrax este sistemul de analiza și clasificare dezvoltat de Roadware ce poate fi achiziționat prin ARAN (secțiunea 2.1) și permite detectarea automată a fisurilor de cel puțin 3 mm lățime. Procesarea imaginilor achiziționate se face off-line într-un laborator extern. WiseCrax operează atât în mod automat cât și în mod interactiv. În modul automat procesarea imaginilor este făcută fără a necesita asistența operatorului uman odată ce au fost setați parametrii de inițializare a procesului: tipul pavajului, tipul camerei, iluminarea etc.[6] În modul interactiv utilizatorul poate interacționa cu software-ul pentru a valida sau edita rezultatele obținute. Acest mod oferă performanțe bune pentru controlul de calitate. Programul începe prin a eticheta începutul și sfârșitul fiecărei fisuri folosind un sistem de coordonate x-y.[6] Aceasta permite obținerea lungimii și orientării fisurilor. După măsurarea fisurilor programul creează o hartă a fisurilor pentru suprafața de pavaj analizată. Se creează de asemenea și un raport statistic după faza de identificare a fisurilor. Fiecare fisură este prezentată într-un tabel care indică locația ei, punctul de început și de sfârșit, lungimea, lățimea și orientarea. Programul compară apoi în faza de

clasificarea a fisurilor acești parametrii cu parametrii din standarde de referință cum ar fi cele elaborate de Association of State Highway Officials (AASHO).

Sistemul de analiza suedez **PAVUE** [7] folosește o tehnică de procesare de imagini cunoscută sub numele de *pipeline processing*. In acest proces imaginile sunt trecute printr-o serie de cipuri ale calculatorului de procesare, fiecare chip conținând algoritmi specifici de analiză [8]. Imaginile sunt filtrate pentru eliminarea zgomotului (pete de ulei, umbre, textura suprafeței, linii de putere, decoloraturi, pietre etc.) a.i. doar elementele ce indică degradarea pavajului rămân conținute în imagine. In pasul urmator imaginea este convertită la format vectorial ce conține doar conturul fisurilor și coordonatele conturului. Printr-un proces de aplicare de algoritmi de extragere de trasaturi sistemul PAVUE clasifică informațiile dupa tipul fisurilor, severitatea și extinderea lor. Un clasificator de forme evaluează statistica pentru fiecare tip de fisuri în parte bazându-se pe perimetrul fisurilor, lățime medie, orientare și convexitate. Indicii de fisuri sunt calculați ca rezultat final al procesului de analiză. Performanța maximă a sistemului este de identificare a fisurilor de 2.5 mm la o viteză de 110 km/h.[6]

Samsung a creat un sistem automat de detecție și analiză automată a fisurilor cunoscut sub numele de **uniANALYZE** [Samsung,2014]. Sistemul folosește un algoritm digital de masurare a fisurilor pentru a identifica și clasifica tipurile de fisuri. Sistemul generează de asemenea o hartă a fisurilor pentru suprafața analizată. Sunt implementate protocoalele AASHTO (American Association of State Highway Officials), SHRP (Strategic Highway Research Program), si LTPP (Long-Term Pavement Performance). Raman et al. raportează o supraestimare a deteriorării de către sistemul de analiză [Samsung,2014], [Raman ,2004].

3. Studiul modelelor de sisteme de monitorizare și mentenanță a drumurilor

Literatura de specialitate oferă numeroase studii cu privire la modelele și sistemele dezvoltate de către cercetători în vedere eficientizării procesului de management și de mentenanță a drumurilor și podurilor pe baza alegerii proiectului care asigură cel mai bun preț raportat la costul și efortul depus. Articole științifice semnificative din domeniu sunt specializate pe dezvoltarea de sisteme inteligente de calculație a costurilor capabile să sprijine utilizatorul în luarea deciziilor.

PAVEMAN este un model de sistem de monitorizare și mentenanță a drumurilor cu alocare optimă de resurse este prezentat de Panagopoulou (2012). Modelul are ca scop minimizarea unei funcții de cost care ține cont de costurile companiei care realizează lucrările, de costurile utilizatorilor (costuri de utilizare care cuprind costurile utilizatorului cu combustibilul, întreținerea și repararea autovehiculului, costul de călătorie, costuri în cazul producerii de accidente, costuri cauzate de întârziere și disconfortul produs) și de costul legat de mediul înconjurător.

Datorită complexității problemei abordate, pentru optimizarea rezultatelor s-a optat pentru un algoritm genetic folosind ca date de test informații cu privire la traficul înregistrat în zonă, starea drumului respectiv și condițiile generale de călătorie. Pe baza modificării acestor informații s-a construit frontiera Pareto cu soluțiile optime pentru specificațiile respective din care se pot alege cele mai potrivite soluții în funcție de cerințe. Sistemul PAVEMAN este realizat din cinci secțiuni cu o perioadă de analiză de cinci ani și cu cinci programe de mentenanță încorporate la care sistemul oferă răspunsul optim în mai puțin de 2 minute [Panagopoulou, 2012].

Majoritatea sistemelor de gestiune din domeniul infrastructurii rutiere urmează întreg ciclul de viață al unei lucrări de la construcția sa și până la fazele de mentenanță, ceea ce impune conceptul de analiză a costului de viață (life-cycle cost analysis – LCCA). LCCA a fost definită de Kirk și Dell’Isola (1995) ca o evaluare economică a alternativelor de proiectare concurente, luând în considerare toate costurile semnificative înregistrate de-al lungul vieții /perioadei de utilizare a fiecărei alternative, exprimată în dolari [Kirk J., 1995].

Luarea de decizii în condiții de eficiență și costuri rezonabile impune necesitatea dezvoltării unei analize a costului de viață al unei lucrări (life-cycle cost analysis - LCCA). Whyte (2012) propune dezvoltarea unui model LCCA care să permită realizarea alegerii dintre lucrări asfaltice sau din beton cu o perioadă de viață de 30, 60 și 100 de ani și la o rată de actualizare de 8%. Rezultatele obținute sugerează că lucrările de asfalt sunt mai ieftine decât cele din beton dar că acestea pot fi mult mai costisitoare când vine vorba de reparații care pot depăși economiile făcute inițial la construirea drumului. o nouă abordare cu privire la optimizarea suprafețelor drumurilor aplicabilă la scară largă este prezentată de Sathaye și Samer [Sathaye, 2012]. Abordarea de proiectare bottom-up se diferențiază de restul soluțiilor din domeniu prin eficiența și posibilitatea aplicării în cadrul rețelelor rutiere din lumea reală.

OPTIPAV este un sistem de analiză a costului ciclului de viață LCCA în cadrul lucrărilor de construcție care ia în considerare costurile de construcție, costurile de mentenanță și reabilitare și valoarea reziduală a drumurilor. Acest sistem a fost aplicat asupra modelului de design portughez din acest sector, iar studiul sugerează că utilizarea sistemului duce la îmbunătățirea deciziilor luate de către stakeholderi în procesul decizional referitor la implementarea proiectelor. LCCA a devenit un instrument extrem de important în cazul în care se realizează o analiză pe termen lung a investițiilor publice. Cum timpul poate fi reprezentat printr-o valoare numerică un euro/dolar cheltuit în viitor va reprezenta mai puțin decât un euro/dolar cheltuit în momentul actual. Sistemul LCCA propus de Ferreira se bazează pe conceptul de actualizare pentru a converti diferite costuri și beneficii au avut loc în momente diferite la un moment comun. Se va calcula valoarea actualizată netă (VAN) a investiției de-al lungul timpului și are rolul de a prezenta valoarea în timp a banilor. Sistemul OPTIPAV a fost proiectat pentru a-i ajuta pe ingineri în alegerea celei mai bune structuri în realizarea unui drum bazându-se pe valoarea investiției în timp [Ferreira, 2012].

Sistem OPTIPAV bazat pe modelul LCCA (Life Cycle Cost Analysis) este capabil să ajute utilizatorii în determinarea celei mai bune structuri de construcție a unui drum sau autostrăzi. Sistemul ia în considerare un ciclu de viață al unei lucrări de aproximativ 20 de ani însă poate fi și mai lung (40 de ani sau peste). Acesta ajută la compararea diferitelor soluții de costuri posibile pentru a putea realiza alegerea potrivită înainte de implementarea propriu-zisă a proiectului [João, 2012].

Un studiu privind costul unei lucrări de amenajare a drumurilor de-al lungul întregului ciclu de viață a fost realizat de Whyte (2012) cu un model de prelucrare a datelor în Excel ce asigură ușurința în utilizare și eficiență în evaluarea rezultatelor. Prototipul a fost evaluat pe un set de date privind autostrăzile și infrastructura australiană și a concluzionat că deși lucrările asfaltice sunt mai ieftine, costul lor de mentenanță poate fi mult mai ridicat decât în cazul lucrărilor de ciment. În ciuda multitudinii de simulări în domeniul managementului, modelele de simulare continue pentru estimarea costului sunt puțin cunoscute mai ales în problemele de estimare a costului de

construcție în domeniul ingineriei. Studiul realizat de Jui-Sheng (2011) urmărește eficientizarea procedurilor de simulare Monte Carlo, cu evaluarea proceselor stocastice și distribuția probabilităților prin teste de ipoteză și specificarea corelațiilor dintre variabilele de intrare. Prin folosirea unor algoritmi proprii și testarea sistemului pe date istorice din cadrul proiectelor de construcții, s-a observat că precizia și erorile absolute obținute în cadrul simulărilor au fost acceptabile.

Modelarea costurilor folosind metode neliniare este abordată des în cadrul studiilor de cercetare, articole prezentând un set de metode de calculație folosind relații neliniare între costuri și caracteristicile proiectelor [Yu, 2006], [Lowe, 2006] și [Emsley, 2002]. Modul de modelare a costurilor folosind rețelele neuronale artificiale ca metodologie de calculație este prezentat de Emsley (2002).

Case-based reasoning (CBR) a fost conceput pentru a realiza estimări ale costurilor și poate folosi date calitative și cantitative pe baza cărora se vor afișa costurile estimative. Chou (2009) prezintă prototipul unui sistem expert CBR care folosește de date istorice pentru a determina costurile preliminare ale unui proiect pe baza experiențelor anterioare din cadrul proiectelor similare de mentenanță a drumurilor. Aceste costuri previzionate vor sprijini stakeholderii în procesul decizional cu privire la alocarea bugetului. Aplicația CBR este web-based și se bazează pe descoperirea de similarități între proiecte pe baza cărora se vor efectua calculele cu privire la costurile estimative și se va afișa rezultatul către client prin intermediul browser-ului. Ea este realizată în PHP, folosește o bază de date de tip MySQL și un server web Apache. Pentru a putea realiza sistemul au fost introduse date din cadrul unor proiecte de mentenanță a drumurilor realizate în Taiwan de la diferite agenții ca date de training și de test. Pe baza acestor informații se vor putea realiza simulări și estimări de costuri pentru noile proiecte pe baza rezultatelor obținute în urma analizei datelor deja existente în sistem. Acest sistem web poate oferi informații cu o acuratețe ridicată cu privire la alocarea bugetului și poate fi folosit împreună cu alte metode de evaluare în realizarea unui plan de cost estimativ pentru proiectul analizat.

Deoarece modele de determinare a costurilor pentru proiectele de construcții de drumuri și poduri necesită o serie de factori greu de inclus într-un singur model, Moazami (2011) a realizat un model care se bazează pe logica fuzzy. Rezultatele au fost procesate folosind Matlab iar pentru a prioritiza alternativele posibile a fost realizată comparații prin consultarea a 200 de experți în domeniul drumurilor și podurilor.

4. Specificarea cerințelor modelului experimental PAV3M

4.1. Funcționalitatea sistemului PAV3M

Portalul de management al proiectelor de construcție și mentenanță a (drumurilor PAV3M) este un sistem informatic care are ca scop principal, creșterea calității și performanței procesului de construcție și minimizarea costurilor. Un astfel de sistem este alcătuit dintr-un set de proceduri menite activității de colectare, analizare, menținere și raportare a informațiilor referitoare la construcția drumurilor. Scopul acestuia îl reprezintă asistarea persoanelor implicate în sistemul decizional, găsirea strategiilor optime pentru menținerea drumurilor în cele mai bune condiții, la cele mai scăzute costuri, pe o perioadă de timp bine determinată.

Sistemul de management al proiectelor destinate domeniului construcției și mentenanței drumurilor este un instrument inteligent, caracterizat prin capacitatea de a pune la dispoziție informații obiective și folositoare pentru analiză, facilitând procesul de luare a deciziilor în ceea ce privește activitatea de construcție și mentenanță a drumurilor.

Se dorește realizarea a unei aplicații care să realizeze gestionarea unui portal de management și mentenanță a drumurilor. Acesta aplicație va fi compusă din două părți: o parte de management a proiectelor de reabilitare/construcție, care va fi o aplicație client-server și care va rula și local, pe calculatoarele la care are acces administratorul și o parte managementul riscului, o aplicație web care va rula pe un server și va putea fi accesată din orice locație de către specialiști (stakeholderi interesați ca și clienți). Administratorul va interacționa cu datele păstrate în biblioteca digitală de imagini pentru a realiza: managementul metadatelor, metode de cautare a resurselor, metode de indexare, managementul soluțiilor de reabilitare a drumurilor.

Baza de date va conține fișiere cu informații din domeniul tehnic (imagini achiziționate din teren, filme), iar aceste fișiere vor fi de mai multe tipuri (video, audio, imagini și text) și în mai multe formate (audio – avi, mpeg; video – mp3, mp4, imagini – jpg, bmp, png, text – pdf, doc, txt). Ele vor putea fi accesate și analizate de către specialiști interesați și de către alți clienți (chiar și studenții universităților tehnice) însă cu anumite restricții. Beneficiarul (CITST București) își propune să ofere această aplicație în regim cloud-computing, cu abonament diferențiat în funcție de modulele pe care le solicită fiecare client în parte.

4.2. Fațeta subiect

Părțile implicate pentru acest sistem care sunt: angajații din cadrul companiei (de construcții drumuri sau de monitorizare), clienții companiei, furnizori, partenerii de afaceri, acționarii, agențiile guvernamentale și de reglementare, auditorii, instituțiile de cercetare, societatea în general. Detaliem fiecare categorie în parte:

- *Angajați din cadrul companiei de construcții drumuri și poduri* – director tehnic (supervizează pregătirea licitațiilor pentru contracte), director comercial (supervizează realizarea contractelor de marketing), manager de proiect, inginer șef. În funcție de rolul fiecăruia în cadrul companiei toți au tangență cu calculul riscului, deoarece pentru a-și realiza obligațiile contractuale și pentru a oferi cele mai bune soluții pentru companie trebuie să țină cont de riscul pe care îl presupune un potențial proiect câștigat și cum poate acesta influența activitatea financiară a organizației (putând duce chiar la falimentarea sa);
- Angajații din cadrul companiei care realizează monitorizarea pentru o firmă de construcții de drumuri și poduri;
- Clienții companiei de construcții de drumuri și poduri. Aceștia pot fi Consiliile locale sau CNADNR (Compania națională de autostrăzi și drumuri naționale din România);
- Consiliile locale (ale comunelor, orașelor, municipiilor), județene, reprezintă clienții companiei de construcții deoarece ei dețin autoritatea în cadrul construcției dar și finanțele locale care se acordă pentru întreprinderea unor asemenea acțiuni;
- Compania Națională de Autostrăzi și Drumuri Naționale din România SA este o companie de interes strategic național care funcționează sub autoritatea Ministerului Transporturilor și Infrastructurii. Are ca responsabilități administrarea, exploatarea,

întreținerea, modernizarea și dezvoltarea rețelei de drumuri naționale și autostrăzi de pe teritoriul României¹. CNADNR reprezintă același gen de client doar că se prestează pentru drumurile realizate la nivel național sau autostrăzi de pe teritoriul României;

- Furnizorii companiei de construcții pot fi furnizori de materii prime, utilaje, camioane sau alte bunuri de valoare ce trebuie folosite pentru a dezvolta proiectele de drumuri;
- Partenerii de afaceri ai firmei de construcții pot fi alte firme de proiectare, și arhitecți, care se ocupă cu acțiunile conexe dezvoltării unui proiect de drumuri. Asemenea acțiuni pot fi obținerea unor autorizații de construcții pentru exploatarea agregatelor minerale și valorificare a lor, sau obținerea unor autorizații de construcție a unor stații de mixturi asfaltice;
- Acționarii, în cazul în care firma este societate pe acțiuni (S.A.) - au drepturi legale în ceea ce privește acordarea de dividende în urma achiziționării unui număr de acțiuni pentru acea societate;
- Agenția Națională de Administrare Fiscală (A.N.A.F) are misiunea de a asigura resursele pentru cheltuielile publice ale societății prin colectarea și de a administra eficace și eficientă a impozitelor, taxelor, contribuțiilor și a altor sume datorate bugetului general consolidat, precum și de a furniza informațiile necesare conturării politicii economice a Guvernului²;
- Societatea în general care cuprinde toate celelalte categorii de părți afectate cum ar fi mass-media, sau orice alt utilizator interesat de costurile aferente unor proiecte de drumuri.

Aplicația include proiectele de muncă propuse, informații referitoare la echipele de muncă, dar și la persoanele care beneficiază de serviciile acestora. În cadrul acestei fațete regăsim și persoanele care sunt afectate de funcționalitatea sistemului. **administratorul**- responsabil de gestiunea datelor, **solicitantul**- clientul portalului, **consultantul**- responsabil cu gestiunea informațiilor și a noilor spețe, **managerul de proiect**- coordonează celelalte echipe/persoane care participă la realizarea unui proiect, **membrul de echipă**- specialist în cadrul unui proiect și **utilizatorul**- entitatea care beneficiază de informații referitoare la proiectele existente. Aici sunt incluse și evenimente relevante pentru sistem precum cel de înregistrare a utilizatorilor portalului, cel de logare, de modificare a informațiilor și accesare a acestora.

Fațeta utilizare: se referă la modul în care stakeholderii utilizează sistemul. Utilizatorii direcți ai sistemului sunt administratorul sistemului informatic care va avea acces deplin atât la metadata cât și la resursele fizice. Acesta are drept de adăugare, modificare, ștergere a resurselor și a grupurilor de utilizatori. Consultantul și managerul de proiect sunt înregistrați cu un nume de utilizator și o parolă unice. Managerul de proiect va avea acces deplin la datele care aparțin proiectului său, dar va putea vizualiza și datele altor proiecte conexe. Consultantul în schimb, va putea accesa datele care aparțin doar domeniilor de competențe declarate. Pentru membrul de echipă, utilizarea sistemului presupune acces la lista sarcinilor și la cea a planurilor. Utilizatorul simplu, folosește sistemul în calitate de client și va avea acces la baza de cunoștințe, având posibilitatea să își ofere serviciile și competențele ca potențial membru/angajat virtual. Sistemul va fi afectat și de utilizatorii indirecti: providerul de internet și beneficiarii serviciilor de construcție sau mentenanță a drumurilor: primăriile, alte firme, CNADNR. Motivele utilizării sistemului sunt: acces facil la informație, posibilitate de promovare a proiectelor, managementul performant (JIT³) al proiectelor de construcție a drumurilor. Modalitatea de realizare a intrărilor

¹ <http://www.cnadnr.ro/pagina.php?idg=49>

² <http://www.anaf.ro/public/wps/portal!/ut/p/c1/04>

³ JIT-Just in Time

sistemului constă în folosirea unei interfețe grafice, cât mai folositoare și ușor de înțeles de către utilizator.

Fațeta IT: Contextul în care va funcționa sistemul este unul simplu, este nevoie de existența unei conexiuni Internet, portalul fiind accesibil indiferent de locație. Tehnologia aleasă pentru dezvoltare a sistemului este LAMP(Linux Apache MySQL PHP) deoarece prezintă costuri reduse și oferă performanțe superioare. Folosite împreună cu Linux și Apache, PHP și MySQL pot forma un sistem stabil, rapid, sigur și ușor de utilizat. Produsul poate fi exploatat și în regim cloud-computing de către cei interesați.

Fațeta dezvoltare: Pentru dezvoltarea sistemului se folosește o arhitectură pe trei nivele, motivele alegerii acesteia fiind flexibilitatea și faptul că se bazează pe separarea logicii aplicației de conținutul acesteia. Acest tip de tehnologie se bazează pe arhitectura client-server care face ca dezvoltarea și întreținerea modulelor de interfață cu utilizatorul, logica de funcționare a procesului, accesarea și stocarea datelor să se facă independent. La baza acestei tehnologii se află baza de date care se ocupă de accesarea și stocarea datelor, în faza de prototip fiind aleasă tehnologia MySQL. Nivelul următor este canalul de comunicare dintre nivelul reprezentat de baza de date și interfața cu clientul. Acesta cuprinde scripturi PHP și serverul web Apache. Cel de al treilea nivel reprezintă interfața cu utilizatorul, care permite accesarea informațiilor venite de la serverul web în urma procesării scripturilor.

4.3. Actori și roluri

Analizând funcționalitatea pe care sistemul și-o propune, actorii (utilizatorii) cu care acesta va interacționa, sunt:

- **Administratorul** - este un utilizator care se ocupă în special de gestiunea datelor (metadate și resurse fizice). Beneficiază de drepturi depline de adăugare, modificare, ștergere a resurselor și grupurilor de utilizatori. Acesta are acces la lista membrilor, ultima lor accesare a portalului, modificarea drepturilor de acces a acestora, eliminarea sau restricționarea anumitor membri, ștergerea membrilor cu o perioadă de inactivitate mai mare decât cea stabilită.
- **Solicitantul** – clientul portalului, cu rol de partener și negociator. Are posibilitatea să consulte proiectele existente, să își gestioneze propriile date personale dar și să comunice cu ceilalți membri.
- **Consultantul** – este persoana responsabilă de formularea unor răspunsuri pentru spețele noi. De asemenea, mai are posibilitatea de a accesa și/sau modifica baza de date pe domeniul expertizei proprii.
- **Managerul de proiect** – dintre responsabilitățile acestuia fac parte delegarea de sarcini membrilor echipei sale și punerea la dispoziție a informațiilor necesare acestora. Acesta este responsabil și de asigurarea comunicării cu ceilalți participanți. Înregistrarea acestuia se face doar de către administrator sau de un utilizator dintr-un nivel ierarhic superior.
- **Membrul de echipă** – este persoana care este coordonată de către managerul de proiect. Acest tip de user are acces doar la lista sarcinilor și a planurilor (posibilitate de a descărca) și are posibilitatea de a comunica cu ceilalți membri de echipă sau cu managerul său..
- **Utilizatorul simplu** – are accesul cel mai restrâns, putând accesa doar informațiile considerate de ordin general precum modul de utilizare a portalului, o listă de întrebări frecvente legate de portal. Utilizează portalul în calitate de client, pentru a obține anumite

informații de care are nevoie. Acestuia i se permite căutarea în baza de cunoștințe și dacă dorește poate să își ofere serviciile și competențele ca potențial membru/angajat virtual.

Roluri:

- Utilizatorul are posibilitatea de înregistrare, folosind un username și o parolă unice. Înregistrarea se poate face doar de către administrator, care are drepturi depline de acces.
- Un consultant are propriul lui domeniu de expertiză și îi sunt asociate mai multe task-uri de consultanță.
- Firma are statut unic de partener de afaceri și poate fi client sau colaborator.
- O firmă colaboratoare poate avea statut temporar sau permanent, în funcție de gradul de încredere și interesele acesteia.
- O firmă colaboratoare poate avea mai multe proiecte în execuție
- Un proiect poate fi realizat de mai multe firme colaboratoare
- Un manager de proiect are o singură echipă, cu membri bine determinați
- Fiecare proiect trebuie să aibă un nume sugestiv și să aibă în componența sa mai multe planuri.
- Planul trebuie de asemenea să aibă un nume sugestiv iar fișierul care îl conține să aibă aceeași denumire.
- Un angajat poate avea statutul de membru de echipă sau de manager de proiect. Acesta va avea drepturi și restricții bine determinate.
- Membrul de echipă are acces la lista sarcinilor și la cea a planurilor. Are posibilitatea de download a acestor documente.
- Responsabilul de proiect are acces la gestiunea sarcinilor, a coordonatorilor, a planurilor și a proiectelor. Poate coordona mai multe firme în cazul în care execuția lucrărilor de reabilitare solicită acest lucru. Are dreptul de a adăuga sau modifica o sarcină trasată.
- Dintre drepturile de care beneficiază administratorul se află și adăugarea unui plan într-un fișier special creat (adăugarea se poate realiza și de către responsabilul de proiect)

Cerințe calitative:

Pentru utilizatori:

- Posibilitatea de înregistrare folosind un user și o parolă unice.
- Restricționarea accesului membrilor la upload de planuri, menținând un număr mic de utilizatori cu acces la datele confidențiale (responsabilul de proiect și administratorul).
- Sistemul este disponibil atât pentru cei care au interese referitoare la problema construcției și întreținerii drumurilor cât și pentru persoanele care sunt noi în acest domeniu.
- Eficiența portalului pentru managementul drumurilor trebuie să fie cât mai mare deoarece acesta trebuie să faciliteze modalitatea de informare a celor interesați de acest domeniu și să ofere o mai bună colaborare între persoanele implicate.
- Sistemul trebuie să fie unul flexibil pentru a trata diferit fiecare tip de utilizator, furnizându-i informații specifice .

Pentru dezvoltatori:

- Sistemul trebuie să fie unul ușor de întreținut și modificat.
- Procesul de testare trebuie să fie unul ușor de realizat.

Constrângeri:

- Ca mediu de stocare a datelor se va folosi o baza de date de tip MySQL iar accesarea datelor se va face doar folosind scripturi PHP împreună cu serverul web Apache. Timpul și resursele materiale sunt limitate.

Deși scopul principal al acestui portal este să îmbunătățească procesul de management al proiectelor de construcție și mentenanță a drumurilor, într-o perioadă scurtă de timp, acesta va putea prezenta și câteva dezavantaje. El va afecta munca celor implicați deoarece este nevoie de o perioadă de familiarizare cu noul sistem precum și de o perioadă de probă, pe durata căreia actorii își vor însuși noile aptitudini necesare utilizării portalului.

Noul sistem poate implica și unele riscuri precum nevoia unei perioade destul de mari pentru acomodare, fapt care va duce la întârzierea apariției unor rezultate vizibile într-un interval de timp scurt, cheltuieli neprevăzute cu promovarea acestuia sau chiar nerealizarea scopurilor propuse la începutul proiectului, datorită neimplicării persoanelor cărora li se adresează portalul.

Interviul a reprezentat o soluție pentru extragerea cerințelor. Pe baza întrebărilor formulate și răspunsurilor primite putem deduce că aceștia sunt receptivi la ideea creării unui portal pentru managementul performant al proiectelor de construcție și mentenanță a drumurilor, iar așteptările lor sunt destul de mari. Stakeholderii intervievați își doresc ca portalul să fie o modalitate mai facilă de comunicare, un mod mai accesibil de păstrare și accesare a informațiilor, iar ca urmare a utilizării să își eficientizeze munca din cadrul construcției și administrației drumurilor.

Modelul de business. Portalul se adresează organizațiilor a căror domeniu de activitate este în principal, construcția și mentenanța drumurilor. Ca orice organizație, și aceasta are o persoană care este responsabilă de coordonarea întregii activități, de delegarea de sarcini persoanelor aflate imediat sub nivelul ierarhic, de luarea celor mai bune decizii în diferite situații și de a prevedea care sunt acțiunile ce vor trebui efectuate în viitor.

O firmă specializată în construcția și mentenanța drumurilor are ca angajați muncitori responsabili de acțiunea propriu-zisă de construcție și mentenanța a drumurilor, de o persoană responsabilă de coordonarea și trasarea sarcinilor acestora, de cele mai multe ori aceasta fiind managerul de proiect. În funcție de complexitatea proiectului de construcție/mentenanță, vor fi implicate una sau mai multe echipe și/sau firme.

Pentru ca acest tip de organizație să fie capabilă să își desfășoare activitatea, ea are contracte de colaborare cu diverse alte firme sau persoane, precum furnizori de materiale de construcții, clienți sau beneficiari ai lucrărilor, persoane din administrația publică, precum primării de orașe sau comune.

5. Determinarea factorilor de risc în managementul și mentenanța drumurilor

Managementul riscului presupune punerea în aplicare a mai multor pași, cu mențiunea că aceștia trebuie aplicați pe tot procesul de dezvoltare: identificarea riscurilor, analizarea lor și a impactului asupra proiectului, prioritizarea riscurilor, și combaterea sau eliminarea riscurilor. Se impune o fază suplimentară de *monitorizare permanentă* pe tot parcursul desfășurării proiectului deoarece riscurile identificate și eliminate pot să repară sau se pot ivi riscuri noi, pe măsură ce proiectul avansează și urmează etapele specifice.

Identificarea riscurilor este cea mai importantă etapă deoarece “nu se pot gestiona decât riscurile care au fost identificate” [1]. Ea presupune identificarea tuturor evenimentelor a căror rezultat este incert, și pot afecta cel puțin unul din obiectivele proiectului. Unele riscuri sunt evidente, altele pot fi trecute cu vederea de către echipele care realizează proiectul, motiv pentru care este necesară o analiză amănunțită a acestora. Etapa trebuie realizată pe toată durata proiectului, deoarece unele riscuri pot apărea ulterior începerii sale. Riscurile pot fi identificate prin modelare și simulare, prin observare, folosind experiența sau prin consultarea unor experți din domeniul construcțiilor de drumuri și poduri. De asemenea am identificat și posibilele legături între riscuri, deoarece unele riscuri pot influența și realizarea altor obiective propuse.

În această etapă am plecat de la un eveniment care a avut loc, care are loc în momentul de față sau care va avea loc cu siguranță, iar evenimentele riscante sunt acele evenimente care ar putea avea loc pe viitor datorită acestor evenimente sigure. Toate riscurile identificate sunt introduse într-o bază de date cu o scurtă descriere și o cauză care determină apariția lor.

Pentru dezvoltarea aplicației de management și mentenanță a drumurilor, s-au identificat posibilele surse de riscuri analizându-se un eșantion de planuri de dezvoltare a unor construcții de drumuri. Pornind de la evenimentele premergătoare construcției propriu-zise (de la încheierea contractelor, obținerea autorizațiilor) până la ultimele finisări, și apoi pe perioada de garanție a drumului (mentenanță), s-au identificat riscurile posibile.

Analiza riscurilor și estimarea impactului poate fi realizată în numeroase moduri, în cazul de față se poate realiza o estimare a impactului prin matricea riscului. Această matrice cuprinde probabilitatea și impactul pe cele două ramuri și câte un calificativ pentru fiecare nivel propus. Pentru a ușura înțelegerea acestor matrici am colorat grupurile create cu culori semnificative. Cu cât probabilitatea de apariție și impactul riscului este mai mare, cu atât acesta este mai important.

După ce riscurile au fost identificate, am atribuit o probabilitate de apariție, care este poziționată pe axa verticală a matricei și un impact. Chiar dacă probabilitatea de apariție este singulară pentru fiecare caz, pentru impact am identificat un nivel global, deoarece poate fi realizat inițial din mai multe puncte de vedere. O metodă prezentată în [1] este de a alege impactul maxim din toate tabelele de evaluare:

$$\text{Impact global} = \text{Max} \{ \text{nivelul costurilor-bugetului, nivelul planificărilor temporale, nivelul de calitate} \}$$

Pentru construcțiile de drumuri și poduri se pot lua în considerare următoarele niveluri ale impactului pentru cele trei categorii: costuri, timp și calitate.

Impact asupra costurilor în cazul proiectelor de construcții drumuri și poduri un risc care va determina creșterea costurilor:

5 –peste bugetul stabilit cu un procent între 15% și 20% din buget.

4 –cu un procent cuprins între 10% și 15% din buget.

3 –cu un procent de 5%-10% din bugetul stabilit.

2 –cu un procent cuprins între 2% și 5% din buget.

1 –cu un procent mai mic de 2% din bugetul propus.

Prioritizarea riscurilor în ceea ce privește planificarea temporală în cadrul proiectelor de construcții drumuri și poduri riscul va prelungi limita de timp stabilită:

- 5 –cu mai mult de 2 ani.
- 4 –cu mai mult de 1 an.
- 3 –cu mai mult de 6 luni, dar până în 12 luni.
- 2 –cu mai mult de 3 luni, dar mai puțin de 6 luni.
- 1 –cu mai puțin de 3 luni.

Impact asupra rezultatului final, în ceea ce privește performanța pentru proiectele de Construcții drumuri și poduri:

- 5 - Risc care are un impact major asupra sistemului astfel încât rezultatul (performanța, randamentul, sau calitatea) este de neadmis. Duce la neterminarea proiectului.
- 4 - Risc, a cărui impact asupra sistemului determină rezultatul să fie sub limita minimă acceptată.
- 3 - Risc, a cărui impact determină rezultatul să fie sub obiectivele propuse, dar deasupra limitei inferioare acceptate.
- 2 - Risc, a cărui impact determină rezultatul să fie sub obiectivele propuse, dar se poziționează mult deasupra limitei inferioare acceptate.
- 1 - Risc a cărui efect asupra rezultatului sistemului este neglijabil, dar este recomandată monitorizarea regulată a sa.

Pentru a realiza un proiect în domeniul ingineriei, trebuie luate o serie de decizii pe întreg ciclul de viață a proiectului și anume: procesul de analiză, proiectare, implementare, testare și mentenanța sa. Un ajutor pentru luarea deciziilor oportune reprezintă o bună înțelegere a riscurilor ce pot interveni și modul în care acestea pot afecta rezultatul final. Deoarece aceste procese sunt realizate în cele mai multe cazuri de către echipe diferite, managementul riscului ar trebui să fie parte integrată în dezvoltarea proiectelor pentru fiecare fază și proces.

Definiția riscului oferită în US Project Management Institute este următoarea:

Riscul este un eveniment nesigur sau o condiție, care dacă are loc, va avea un efect pozitiv sau negativ asupra obiectivelor proiectelor. - PMI (2000, p. 127).

O altă definiție a riscului: Riscul este un eveniment, care, dacă are loc afectează abilitatea unui proiect de a-și atinge obiectivele propuse [1]. Din aceasta reiese faptul că riscul are două aspecte definitorii și anume: probabilitatea de a avea loc, și impactul sau consecința avută asupra unui proiect. Probabilitatea este utilizată pentru a determina șansele de apariție a unui risc, iar impactul reprezintă pierderile de natură temporală, bănească, sau calitative. Probabilitatea trebuie să fie mai mică decât 100% deoarece astfel evenimentul devine sigur.

Din prima definiție rezultă faptul că este foarte important să se înțeleagă și analizeze riscul atât ca oportunități cât și ca amenințări, deși în general se pune mai mult accent pe partea negativă a riscurilor. Aplicarea într-un mod eficient a managementului riscului produce atât o ameliorare, sau chiar eliminare a unor amenințări, cât și o posibilă îmbunătățire a performanțelor proiectelor, prin influențarea și ghidarea obiectivelor propuse. Riscurile privite ca amenințări, tind să apară în special datorită cerințelor și așteptărilor prea mari, având în vedere ce poate fi realizat din punct de vedere economic și tehnologic.

În literatura de specialitate, se consideră că există o diferență între risc și incertitudine, deși din prima definiție prezentată mai sus riscul este o stare de incertitudine, un eveniment nesigur.

Autorii [1] afirmă că incertitudinea se analizează pentru a măsura riscul. Pentru ei, riscul reprezintă posibilitatea unui eveniment nefavorabil de a avea loc, pe când incertitudinea reiese din caracterul nesigur a rezultatelor, cauzelor unei acțiuni. Pe de altă parte, în [2] se specifică faptul că riscul trebuie înțeles ca un efect nesigur, și nu drept cauza care a produs acel efect nesigur.

Astfel se poate afirma faptul că incertitudinea are două surse majore, și anume: *ambiguitatea și inconsistența*. Alte surse ale incertitudinii pot fi: estimarea greșită a timpului în care o anumită activitate este terminată sau a bugetului planificat, fixarea unor obiective imposibil de realizat, formularea și/sau înțelegerea greșită a unor cerințe, lipsa de comunicare între părțile implicate (dacă proiectul este realizat de către mai multe părți, pe secțiuni).

Pentru implementarea în cazul de față, s-a luat în considerare a doua definiție a riscului prezentată a fi adecvată, considerându-se că riscurile afectează atingerea obiectivelor propuse în scopul realizării proiectului. Fiecărui factor riscant identificat i-a fost acordat un impact (major, mediu, minor) asupra rezultatului final.

Se consideră că managementul riscului reprezintă procesul prin care se identifică, măsoară și gestionează riscul.

Astfel, managementul riscului presupune luarea deciziilor în condiții de risc, de nesiguranță, și beneficiază de teorii precum teoria utilității, sau teoria prospectelor, care au fost dezvoltate pentru a facilita acest proces. Managementul riscului este indispensabil în cadrul companiilor care realizează proiecte complexe, și nu numai, pe piață existând o multitudine de mijloace prin care se oferă suport managerilor pentru atingerea obiectivelor. Majoritatea se bazează pe experiența obținută în cadrul proiectelor, dar de dorit este utilizarea unei arhitecturi dezvoltate pentru managementul riscului.

Managementul riscului ar trebui să facă parte din managementul proiectelor drept factor indispensabil și nu opțional. *Beneficiul major* atras prin aplicarea managementului riscului este identificarea factorilor de risc dintr-un stadiu incipient al lucrărilor, pe întreaga durată a lor. Astfel se evită situațiile în care riscurile amenință atingerea obiectivelor propuse prin analizarea opțiunilor avute și implementarea acestora pentru a atinge scopul inițial.

1.2 Rolul managementului riscului în cadrul ciclului de viață al unui proiect

Este ideal a se aplica managementul riscului din prima fază a proiectului, deoarece, astfel se câștigă timp pentru a crea diverse strategii pentru a previziona viitorul proiectului. De asemenea, este indicat ca amploarea analizei riscurilor să crească până ce proiectul ajunge în stadiul de execuție. În cazul proiectelor ce presupun vânzarea produsului, în prima etapă, managerul proiectului analizează proiectul și decide dacă poate fi, sau nu poate fi realizat, iar în cazul favorabil se realizează oferta, urmând a se negocia contractul. După această etapă începe dezvoltarea proiectului, iar de cele mai multe ori aceasta etapă este realizată de către o echipă diferită. Importanța aplicării managementului riscului a crescut tocmai datorită acestei tendințe

de diferențiere a responsabilităților și obiectivelor, iar acesta trebuie aplicat în special la trecerea dintr-un nivel important la altul [2].

În zilele noastre, proiectele din domeniul ingineriei au crescut în complexitate, fiind realizate pe mai multe părți care sunt ulterior alăturate, sau sunt realizate pe porțiuni, de către mai multe organizații. Unele nu au niște limite clar stabilite din punct de vedere a spațiului fizic, fiind însă conectate prin vaste rețele și tehnologii de comunicare. Aceste sisteme complexe implică satisfacerea tuturor părților implicate, iar din acest fapt trebuie să se țină cont de constrângerile fiecărui proiect, în ceea ce privește timpul în care trebuie terminat, bugetul în care trebuie să se încadreze și nu în ultimul rând îndeplinirea standardelor de calitate impuse.

Managementul riscului oferă soluții în special în cazurile în care se pune problema unor proiecte complexe, și anume în stabilirea obiectivelor și a rolurilor pe care fiecare parte trebuie să le îndeplinească, pentru a nu exista posibilitatea de a învinui pe alții dacă ceva nu a fost realizat conform planurilor. Pentru aceasta în [2] sunt propuse șase întrebări la care trebuie identificat răspunsul:

Cine – care sunt părțile implicate?

De ce – ce vor să obțină părțile implicate, care sunt obiectivele lor?

Ce – ce interese au părțile implicate?

Cum – cum se vor realiza obiectivele, ce activități presupun?

Cu ce – ce resurse sunt necesare?

Când – când trebuie finalizat?

Răspunsurile pentru aceste întrebări trebuie identificate cât mai repede cu putință pentru a înlătura incertitudinile pe cât posibil, deoarece la începutul unui proiect nivelul evenimentelor nesigure atinge cotele maxime.

În studiile lor[2] propun o nouă strategie de abordare a managementului riscului și anume accentuarea importanței pe care o are incertitudinea în managementul riscului, și faptul că acesta din urmă este inclus în sfera incertitudinii. Ei consideră că trebuie identificate toate evenimentele nesigure pentru un anumit proiect care au importanță în ceea ce privește finalizarea lui în termeni siguri. Orice lipsă de siguranță, care ar putea duce la un eveniment nesigur, trebuie analizată de la început, cât și variantele în care incertitudinea este importantă, sau nu, într-un anumit context al proiectului. Identificarea evenimentelor nesigure trebuie să aibă loc de la începutul proiectului, pentru tot ciclul de viață. Incertitudinea provine din ambiguitatea în ceea ce privește lipsa de informare, lipsa de interes în clarificarea unor situații necunoscute, sau în rezolvarea unor probleme existente, dar și din inconsistența în relație cu performanța măsurată din punct de vedere a costurilor, a limitei de timp, sau a calității.

1.3 Metode de combatere a riscului

În cartea [2] sunt prezentate două metode prin care se poate limita apariția noilor riscuri, una este documentarea adecvată iar a doua este realizarea unei diferențieri clare între obiective, așteptări și angajamente.

Documentarea este considerată o etapă foarte importantă deoarece printr-o documentare eficace se elimină atât ambiguitatea cât și inconsistența. Documentarea ar trebui să includă informații detaliate cu privire la răspunsurile pentru întrebările prezentate mai sus, dar și alte informații despre sursele de incertitudine și ce măsuri ar trebui luate dacă au loc evenimente riscante.

Stabilirea unor obiective realizabile în timp și costuri, stabilirea așteptărilor avute în limitele posibile, și a angajamentelor luate în cazul apariției riscurilor (de exemplu dacă se vor cheltui sume de bani sau nu). Obiectivele bănești trebuie stabilite la o limită inferioară costurilor așteptate și trebuie acordate unele resurse și pentru activități neașteptate, accidentale. Ele trebuie să fie realiste pentru a fi credibile, dar nu trebuie să fie nici prea mari. Ar trebui să se facă o diferențiere între costuri pentru evenimente sigure și evenimente care produc pagube pentru a avea un buget de rezervă în cazul în care ceva merge rău.

Considerăm că aceste metode de combatere a riscului, dacă sunt aplicate în mod corespunzător, pot reduce într-un mod considerabil timpul care s-ar irosi pentru reorganizarea proiectelor, sau pentru repararea unor greșeli datorate unei documentări precare sau stabilirii unor obiective nerealizabile.

1.4 Standarde referitoare la managementul riscului

Organizațiile dominante în domeniu dezvoltării standardelor (International Organization for Standardization – ISO și International Electrotechnical Commission – IEC) dar și unele organizații non-guvernamentale, au creat o mulțime de documente care sunt într-un fel sau altul asociate cu standardizarea abordării managementului riscurilor. Aceste documente vizează o gamă largă de aspecte, unele fiind referitoare la termenii folosiți în acest domeniu (ISO/IEC Guide 73:2002 Risk Management — Vocabulary — Guidelines for use in standards), la aspecte referitoare de siguranță (ISO/IEC Guide 51:1999 Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards) suport de decizii pentru decidenți pentru o gamă largă de riscuri incluzând daunele bănești, asupra proprietății, a mediului înconjurător sau orice altă formă a activelor (CSA Q 850:1997 Risk Management Guidelines for Decision Makers) și multe altele pentru diverse domenii de activitate.

Pentru a oferi o viziune de ansamblu asupra documentelor existente, pentru o consiliere în modul de aplicare a acestora, și pentru o uniformizare a lor în cadrul organizațiilor de orice dimensiune, din orice industrie sau sector, și de asemenea pentru orice fel de risc (cu efecte pozitive sau negative) s-a creat un nou standard: ISO 31000:2009 .

Conform raportului [3], importanța standardizării problemelor legate de managementul riscului a luat amploare în special în ultimii ani, fiind incluse referiri la aceste probleme în seriile ISO 9000.

Seriile ISO 9000 sunt cele mai populare documente produse de către ISO și sunt adoptate de peste un milion de companii din întreaga lume. Acestea conțin informații despre îmbunătățirea continuă a proceselor din punct de vedere calitativ, pentru a satisface nevoile și așteptările consumatorilor dar și a angajaților și astfel accentuarea importanței managementului calitativ. Până la actualizarea standardului ISO 9001 la sfârșitul lui 2008 nu se făcea deloc referire la

managementul riscului. Până atunci singurele referințe ale managementului riscului apăreau doar în cadrul altor standarde specifice managementului sistemului și anume Environmental Management Standard ISO 14001 și Occupational Health & Safety Assessment Standard OHSAS 18001. În cadrul acestor standarde apare specificat cum trebuie gestionate riscurile în funcție de impactul lor dar și de frecvența de apariție. Astfel, riscurile cu o frecvență redusă, și cu efecte minore ar trebui doar controlate, pe când cele cu un impact semnificativ ar trebui gestionate în așa manieră încât să se elimine în totalitate sau cel puțin să se reducă frecvența sau efectele lor.

Cu toate că nici în varianta actualizată a ISO 9001 nu apar modalități specifice de combatere a riscurilor, se face referire indirectă la unele situații ce includ managementul riscului. Cel mai mult se pune accentul pe protejarea mediului înconjurător, în care organizațiile își desfășoară activitatea, modul în care se realizează interacțiunea cu mediul înconjurător, cum este acesta afectat de activitățile firmei, dar și ce riscuri pot interveni.

1.5 Etapele managementului riscului

Managementul riscului presupune punerea în aplicare a mai multor pași, cu mențiunea că aceștia trebuie aplicați pe tot procesul de dezvoltare. Aceștia sunt: identificarea riscurilor, analizarea lor și a impactului asupra proiectului, prioritizarea riscurilor, și nu în ultimul rând combaterea lor, sau eliminarea lor. De asemenea, se impune și o fază de monitorizare permanentă pe tot parcursul desfășurării proiectului deoarece riscuri identificate și eliminate pot să repară sau se pot ivi riscuri noi pe măsură ce proiectul avansează și-și urmează propria traiectorie.

1.5.1 Identificarea riscurilor

Această primă etapă este cea mai importantă dintre toate, deoarece *“nu se pot gestiona decât riscurile care au fost identificate”* [1] și presupune identificarea tuturor evenimentelor a căror rezultat este incert, și pot afecta cel puțin unul din obiectivele proiectului. Deși unele riscuri sunt evidente, altele pot fi trecute cu vederea de către echipele care realizează proiectul, motiv pentru care este necesară o analiză amănunțită a acestora. Etapa trebuie realizată pe toată durata proiectului, deoarece unele riscuri pot apărea ulterior începerii sale. Riscurile pot fi identificate prin modelare și simulare, prin observare sau folosind experiența. Uneori este necesară consultarea unor experți în domeniul în cauză. De asemenea trebuie identificate și posibilele legături între riscuri, deoarece unele riscuri pot influența și realizarea altor obiective propuse.

În această etapă trebuie să se plece de la un eveniment care a avut loc, care are loc în momentul de față sau care va avea loc cu siguranță, iar evenimentele riscante sunt acele evenimente care ar putea avea loc pe viitor datorită acestor evenimente sigure. Toate riscurile identificate trebuie introduse într-o bază de date cu o scurtă descriere și o cauză care determină apariția lor.

Pentru dezvoltarea aplicației, s-au identificat posibilele surse de riscuri analizându-se un planurile de dezvoltare a unor construcții de drumuri și poduri. Pornind de la evenimentele premergătoare construcției propriu-zise (de la încheierea contractelor, obținerea autorizațiilor) până la ultimele finisări, dar și pentru perioada de garanție a drumului realizat, s-au identificat riscurile posibile.

1.5.2 Analiza riscurilor. Estimarea impactului.

În cadrul acestei etape există numeroase moduri în care se poate realiza o estimare a impactului (de exemplu matricea riscului). Această matrice cuprinde probabilitatea și impactul pe cele două ramuri și câte un calificativ pentru fiecare nivel propus. Pentru a ușura înțelegerea acestor matrici este indicat a se colora grupurile create cu culori semnificative. Cu cât probabilitatea de apariție și impactul riscului este mai mare, cu atât acesta este mai important.

După ce riscurile au fost identificate, acestora li se atribuie o probabilitate de apariție (care este poziționată pe axa verticală a matricii) și un impact. Deși probabilitatea de apariție este singulară pentru fiecare caz, pentru impact trebuie identificat un nivel global, deoarece poate fi realizat inițial din mai multe puncte de vedere. O metodă prezentată în [1] este de a alege impactul maxim din toate tabelele de evaluare după exemplul de mai jos:

Impact global = Max {nivelul costurilor-bugetului, nivelul planificărilor temporale, nivelul de calitate}

Pentru construcțiile de drumuri și poduri se pot lua în considerare următoarele niveluri ale impactului pentru cele trei categorii: costuri, timp și calitate.

Impact asupra costurilor în cazul proiectelor de construcții drumuri și poduri:

5 – un risc care va determina creșterea costurilor peste bugetul stabilit cu un procent între 15% și 20% din buget.

4 – un risc care determină creșterea costurilor cu un procent cuprins între 10% și 15% din buget.

3 – un risc care va determina creșterea costurilor cu un procent de 5%-10% din bugetul stabilit.

2 – un risc care va determina creșterea costurilor cu un procent cuprins între 2% și 5% din buget.

1 – un risc care va determina creșterea costurilor cu un procent mai mic de 2% din bugetul propus.

Prioritizarea riscurilor în ceea ce privește planificarea temporală în cadrul proiectelor de construcții drumuri și poduri:

5 – riscul va prelungi limita de timp stabilită cu mai mult de 2 ani.

4 – risc care va prelungi limita de timp cu mai mult de 1 an.

3 – risc care va prelungi limita de timp cu mai mult de 6 luni, dar până în 12 luni.

2 – risc care va prelungi limita de timp cu mai mult de 3 luni, dar mai puțin de 6 luni.

1 – risc care va prelungi limita de timp cu mai puțin de 3 luni.

Impact asupra rezultatului final, în ceea ce privește performanța pentru proiectele de Construcții drumuri și poduri:

5 - Risc care are un impact major asupra sistemului astfel încât rezultatul (performanța, randamentul, sau calitatea) este de neadmis. Duce la neterminarea proiectului.

4 - Risc, a cărui impact asupra sistemului determină rezultatul să fie sub limita minimă acceptată.

3 - Risc, a cărui impact determină rezultatul să fie sub obiectivele propuse, dar deasupra limitei inferioare acceptate.

2 - Risc, a cărui impact determină rezultatul să fie sub obiectivele propuse, dar se poziționează mult deasupra limitei inferioare acceptate.

1 - Risc a cărui efect asupra rezultatului sistemului este neglijabil, dar este recomandată monitorizarea regulată a sa.

1.5.3 Prioritizarea riscurilor (de la majore la minore)

În această etapă se folosesc tehnici analitice de luare a deciziilor precum teoria utilității, tehnici de ordonare ordinale, sau teoria prospectelor propusă de către Daniel Kahneman și Amos Tversky. Acest pas este important pentru a cunoaște cum trebuie realizată alocarea resurselor, de exemplu acordarea unui buget mărit pentru realizarea unor sarcini predispuse la riscuri majore, dar care au o însemnătate mărită pentru îndeplinirea obiectivelor.

Se disting termenii de valoare și utilitate, care reprezintă baza analitică a luării deciziilor în probleme de ordonare și identificare a opțiunilor preferate în defavoarea altora.

Funcția valorii reprezintă o funcție care, identifică de obicei pe o scară de la 0 la 1 obținerea unei ierarhizări a importanței pentru diferitele niveluri ale unui criteriu. Pentru 0 se acordă cel mai puțin satisfăcător, iar 1 se acordă nivelului care are cea mai mare valoare. Pentru a crea o asemenea funcție trebuie cunoscute toate nivelurile, iar certitudinea este necesară pentru a determina cât de importantă este o alternativă, pentru a putea realiza ierarhizarea. Când există incertitudine în acordarea unei poziții, această funcție nu poate fi utilizată pentru luarea deciziilor. Astfel apare riscul, un eveniment probabilistic, care produce efecte nedorite. Riscul poate de asemenea reprezenta modul în care o persoană interpretează un rezultat probabil, nesigur. Astfel unui eveniment X îi poate fi previzionat rezultatul prin x_1 cu o probabilitate de p_1 , sau x_2 cu o probabilitate p_2 . Iar suma probabilităților (p_1+p_2) rezultă 1.

$$E(X)=p_1*x_1+p_2*x_2 ; \quad E(X)=\text{valoarea previzionată.}$$

Utilitatea reprezintă o formă de măsurare a satisfacției produse unui individ de rezultatul unui eveniment. Funcția utilității este o altă funcție folosită pentru a ierarhiza utilitatea produsă de un eveniment. Funcția se crează având pe axa orizontală rezultatele, iar pe axa verticală utilitatea corespunzătoare fiecărui rezultat. Ierarhizarea se face prin următorul principiu: rezultatele preferate vor avea o utilitate mai mare, deoarece oferă o satisfacție crescută, pe când rezultatele mai puțin preferate de către individ vor avea o utilitate mai mică, de obicei acestea variind de la 0 la 1 sau de la 0% la 100%.

Cu ajutorul acestor două funcții prezentate mai sus se pot determina cele mai atractive variante din punct de vedere a valorii oferite sau a utilității, în defavoarea altor variante posibile. Pentru aceasta pot fi folosite chiar mai multe criterii de evaluare. Se poate realiza o analogie cu managementul riscului, unde diferitele riscuri posibile pot fi comparate cu variantele alternative folosite în funcțiile prezentate mai sus.

Comparativ cu funcția valorii, poate fi luat în considerare că E_1, E_2, E_3 sunt evenimente riscante care au impact asupra costului unui proiect, perioadei de timp în care trebuie finalizat sau asupra performanței sale. Astfel evenimentul riscant presupus a avea cel mai mare impact asupra finalizării proiectului va fi considerat major, al doilea cel mai riscant eveniment va fi luat în considerare cu un impact imediat următor ca importanță, și așa mai departe până toate evenimentele sunt ierarhizate. Pentru aceste cazuri nu pot fi luate în considerare unitățile de măsură existente, deoarece unele criterii, de exemplu performanța unui sistem poate fi măsurată

prin mai multe moduri, astfel fiind necesară o unitate de măsură personalizată pentru a o putea exprima și pentru a crea o asemenea funcție.

În cazul în care se trece cu vederea un potențial risc, sistemul final ar putea suferi atât în ceea ce privește depășirea bugetului propus, cât și nerespectarea unor standarde de calitate sau performanță impuse de către beneficiar.

Sursele de risc care au fost identificate analizând ciclul de viață al unui proiect în construcția drumurilor și a podurilor, sunt prezentate mai jos, fiind ordonate în funcție de impactul considerat a avea loc asupra proiectului, de la impact major la mediu și respectiv minor:

Riscuri majore:

- **Finanțarea.** Obținerea finanțării necesare pentru începerea sau continuarea proiectelor reprezintă un risc major deoarece fără bani nu se pot cumpăra materiale de construcții, nu se pot realiza plăți pentru personalul necesar continuării lucrărilor, nu se pot închiria utilaje sau cumpăra combustibilul aferent, în cazul în care utilajele fac parte din bunurile firmei. Obținerea finanțării poate avea cauze interne (prin depășirea termenelor propuse) sau externe (în cazul imposibilității plății realizate de către stat, sau alte organizații plătitoare).
- **Termenele de predare.** Depășirea termenelor propuse pentru diverse activități reprezintă un risc major, poate duce în unele cazuri la pierderea finanțării dacă lucrările întârzie foarte mult, iar în unele cazuri acest risc poate fi îndepărtat prin grăbirea activităților următoare. Depășirea termenelor propuse presupune creșterea costurilor de execuție deoarece cu cât crește mai mult timpul în care se realizează lucrarea propusă, cu atât mai mulți bani se cheltuiesc în plus față de cei previzionați la începutul lucrării. În cazul în care predarea lucrărilor depășește un anumit prag inclus în contract, firma contractantă poate pierde finanțarea pentru următoarele etape ale lucrării.
- **Bugetul.** Depășirea bugetului acordat - în acest caz toate lucrările trebuie să fie întrerupte până la acordarea de noi fonduri.
- **Abaterea de la axa traseului** (Pichetajul lucrărilor). Înainte de începerea lucrărilor de terasamente se realizează pichetajul, dacă se întâmpină dificultăți în plasarea sau conservarea pichetajului trebuie restabilit traseul sau reamplasarea acestora. Pentru aceste acțiuni se consumă disponibilități bănești, sau se pune problema abandonării proiectului, în cazul în care un proprietar nu dorește să vândă terenul pe care s-a realizat în prealabil planul traseului.
- **Fenomene de instabilitate fisuri sau crăpături în corpul terasamentelor.** Dacă se constată asemenea fenomene recepția lucrărilor nu se face, astfel costurile de refacere a lucrărilor sunt foarte mari.
- **Circulația de pe drum.** Trebuie luată în considerare circulația care va avea loc pe acel drum, deoarece dacă se va circula cu mașini cu gabarit depășit, starea drumului se va deteriora într-un timp mult mai scurt decât în cazul în care mașinile mici circulă pe acel drum.

Riscuri medii:

- **Lipsa personalului angajat.** Dacă un singur muncitor este absent de pe șantier, o singură zi, lucrările propuse pentru acea zi vor fi întârziate, dar efectele nu sunt majore deoarece se poate chema un alt muncitor pentru a-i ține locul celui absent.
- **Încheierea contractului cu un colaborator.** Dacă contractul nu se încheie în condiții normale, există riscul extinderii duratei de lucru până la găsirea unui alt furnizor. De asemenea există și riscul de creștere a costurilor în cazul realizării unui nou contract sub presiunea timpului.

- **Abaterea de la caietul de sarcini.** În cazul în care se constată abateri majore de la caietul de sarcini prezentat, beneficiarul poate lua decizia chiar de întrerupere a lucrărilor. Aceste abateri prevăd de cele mai multe ori realizarea unui anumit nivel calitativ.
- **Pământul folosit pentru terasamente.** Conform STAS, pământurile pentru terasamente se încadrează în una dintre următoarele categorii: foarte coezive, coezive, slab coezive. În funcție de tipul de pământ se pot estima cheltuielile necesare pentru continuarea lucrărilor și încadrarea viitoarelor acțiuni necesare pentru a menține calitatea drumului în limitele dorite de beneficiar.
- **Condiții meteorologice nefavorabile (ploi, ninsori).** Având în vedere faptul că nu se execută lucrări de terasamente în caz de ploaie sau ninsoare, execuția lucrărilor trebuie întreruptă deoarece masele de pământ pot deveni instabile. Execuția va fi reluată doar după încetarea intemperiilor și revenirea terenului la nivelul minimal de calitate ce trebuie luat în considerare. Astfel, costuri suplimentare pot surveni datorită întreruperii neprogramate a lucrărilor.

Teoria utilității, prezentată mai sus, a dominat analiza deciziilor luate sub influența riscului, fiind aplicată ca un model descriptiv al comportamentului economic. Astfel se presupune că toți oamenii rezonabili ar trebui să se conformeze axiomelor acestei teorii, lucru care se și întâmplă în majoritatea timpului. Totuși există unele cazuri în care preferințele umane nu respectă aceste axiome, rezultând astfel faptul că această teorie nu este un model descriptiv adecvat și se propune [4] o alternativă pentru alegerile realizate sub influența riscului.

Acest model alternativ se numește *teoria prospectelor* și este teoria principală în *prognoza folosind clasele de referință*. Ideea de bază a acestei teorii pornește de la faptul că oamenii subestimează rezultatele unui eveniment probabil în comparație cu rezultatele unui eveniment sigur (efectul certitudinii), astfel contribuind la *aversiunea față de risc* în alegerile ce privesc câștigurile sigure și în *urmărirea riscului* în alegerile care presupun pierderi sigure. În plus, oamenii tind să nu ia în considerare componentele care apar în toate perspectivele luate în considerare (efectul izolării), fapt ce duce la preferințe inconsistente când aceeași alegere e prezentată în modalități diferite. Teoria alternativă propusă pune accent pe faptul că valoarea este atribuită câștigurilor și pierderilor, și nu bunurilor finale, iar probabilitățile sunt înlocuite cu ponderile deciziilor.

Pentru a demonstra *efectul certitudinii*, autorii teoriei prospectelor au realizat o serie de sondaje, a căror concluzii au demonstrat incorectitudinea teoriei utilității. În cadrul acestui articol [4] sunt prezentate numeroase probleme care au drept scop demonstrarea faptului că axiomele teoriei utilității nu sunt respectate atunci când oamenilor li se prezintă opțiunea câștigurilor sigure în raport cu unele riscante, moment în care riscul este dorit atunci când pierderea este mai mare, dar probabilă, decât în momentul în care pierderea este mai mică dar sigură.

Metoda Prognozării folosind Clasele de Referință

Pentru înlăturarea subiectivismului uman în detectarea factorilor de risc, o metodă foarte utilizată este cea a prognozării folosind clasele de referință, care este indicat a se utiliza pe lângă metodele tradiționale pentru o mai bună acuratețe a rezultatelor.

În cazul managerilor responsabili cu luarea deciziilor în cadrul proiectelor complexe, cu fonduri mari de investiții, se disting două situații de abordare diferite, așa cum este prezentat în [5]:

managerii consideră importantă obținerea unor previziuni concise cu privire la costuri, beneficii și riscuri, sau managerii nu consideră că previziunile precise sunt necesare deoarece previziunile optimiste presupun un pas în plus pentru obținerea permisiunii de a începe proiectul. Ținând cont de aceste două situații se diferențiază două metode, pentru prima variantă o mai bună previzionare, iar pentru a doua, îmbunătățirea structurilor de stimulare.

Prognozarea cu ajutorul claselor de referință este o metodă care se aplică pentru prima categorie de manageri, prezentată mai sus, pentru a reduce caracterul inexact și confuz al proiectelor. Poate fi aplicată în mai multe domenii ce presupun proiecte complexe precum: săli de concerte, arene sportive, proiecte de extracție a gazelor, dar și pentru infrastructura de transport. Este bazată pe teoriile luării deciziilor sub influența riscului propuse de către D. Kahneman și Tversky [5], și aplicarea sa promite obținerea unor prognoze cât mai exacte, prin adoptarea unei *viziuni externe* asupra posibilităților luate în considerare. Această viziune externă pentru un anumit proiect este bazată pe cunoașterea performanțelor actuale într-o clasă de referință a unor proiecte asemănătoare, fiind astfel mai exactă decât metodele tradiționale cărora li se aplică o viziune din interior, deoarece nu apelează deloc la tendințele umane spre optimism sau denaturarea faptelor.

Printre motivele pentru care oamenii nu pot oferi o prognoză exactă asupra proiectelor identificate și prezentate în [5] se numără faptul că erorile sunt cel mai adesea sistematice și previzibile, dar și faptul că erorile persistă chiar dacă se cunoaște exact natura acestora. Așadar, prognozarea realizată de către oameni este confuză, pe când aplicarea acestei metode produce prognoze clare, exacte.

Deși metoda bazată pe teoria utilității oferă rezultate de care trebuie ținut cont, considerăm că această metodă de prognozare prin utilizarea claselor de referință poate schimba modul de viziune asupra unui proiect încă neînceput, oferind o viziune de ansamblu, prin comparație cu fapte concrete care au fost salvate în baze de date. Aceasta este și metoda pentru care s-a optat în realizarea aplicației de *Calcul a riscului în proiectele de Construcție a Drumurilor și podurilor*.

1.5.4 Planificarea reducerii riscurilor.

După cum se afirmă în [1] există mai multe abordări ale gestiunii riscurilor, și anume: *evitarea riscurilor, controlul, aprobarea, sau transferul riscurilor*.

Evitarea riscurilor presupune acțiunea de a aduce efectele evenimentului la un nivel acceptat, prin alegerea unor variante care sunt mai puțin riscante, sau deloc riscante în defavoarea celor ce presupun un risc major.

Aprobarea riscului reprezintă acțiunea prin care se ia la cunoștință existența unui risc și imposibilitatea de a reabilita situația, dar se renunță la irosirea disponibilităților bănești pentru a rectifica situația.

Transferul riscului este strategia prin care un risc este transferat în alt departament, sau altă secțiune a proiectului.

Controlul riscului presupune gestionarea evenimentelor riscante astfel încât să se reducă drastic efectele dăunătoare.

Prin utilizarea unei aplicații de calcul a riscului, se încearcă pe cât posibil evitarea riscurilor, prin detectarea lor timpurie și prin oferirea unor variante alternative de acțiune datorită scenariilor de risc care rezultă și care pot fi consultate în vederea luării deciziilor.

1.6 Concluzii

Se poate concluziona, din cele prezentate mai sus, faptul că o abordare a managementului riscului este esențială pentru dezvoltarea proiectelor și predarea acestora în termenii stabiliți iar orice abatere de la planificările făcute presupune cheltuieli financiare suplimentare și nedorite. Deși succesul unui proiect depinde în mare măsură de echipa de oameni care lucrează la acel proiect, de modul de organizare a organizației, un avantaj pentru orice companie îl reprezintă folosirea unui model de management al riscului pentru atingerea obiectivelor propuse, deoarece există o mulțime de evenimente incerte ce trebuie luate în considerare.

Bibliografie

- [1] P.R.Garvey, “Analytical Methods for Risk Management - A System Engineering Perspective”, A Chapman & Hall Book, 2009.
- [2] C.Chapman, S. Ward, “Project Risk Management – Processes, Techniques and Insights, Second edition” , John Wiley & Sons, 2003.
- [3] E.Avanesov, “Risk management in ISO 9000 Series Standards”, November 2009.
- [4] D.Kahneman, A.Tversky, “Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk”, *Econometrica*, 47(2), pp.263-291, March 1979.
- [5] B.Flyvbjerg “Eliminating Bias through Reference Class Forecasting and Good Governance”, Concept Report No 17 Chapter 6, 2007.
- [6] K. Panthi, “A Methodological Framework for Modeling Pavement Maintenance Costs for Projects with Performance-based Contracts”, Florida International University, Miami, Florida, 2009.

Bibliografie

- [Sood,1995] Sood, V. K., “Highway Maintenance Management System – An Overview”, in Proceedings International Conference on New Horizons in Roads and Road Transport, Vol. 1, ICORT-95, December 11-14, 1995
- [DoT,2000] USA Department of Transportation, DSTI/DOT/RTR/IMI (2000)1, "Asset Management for the Roads Sector", USA, 2000.
- [Oguara,2007] Oguara,TM. *Pavement Maintenance Management System: the Paradigm decision-making tools for Highway Engineers*, lecture notes, Rivers State University of Science and Technology Port Harcourt, 2007
- [WSDT, 1994] Washington State Department of Transportation, "A Guide for Local Agency Pavement Managers", TransAid Service Center, Olympia, December 1994.
- [McPherson,2005] McPherson, K , Bennett, C. *Success Factors for Road Management Systems*, The World Bank, Washington, D.C., 2005
- [Mizusawa,2009] Mizusawa,D. *Road Management, Commercial Off-The-Shelf Systems Catalog Version 2.0*, The World Bank, Washington, D.C., February 2009
1. [road]www.roadware.com
 2. [bre] <http://www.bre.fugro.com/>
 3. [AASHTO]Internal report „Automated Survey and Visual Database Development for Airport and Local Highway Pavement“, Mack-Blackwell Transportation Center, Univ. Arkansas, Kelvin C.P. Wang.
 4. [Kelvin ,2002] Kelvin C.P. Wang, Weiguo Gong, Automated Pavement Distress Survey: A Review and A New Direction, Pavement Evaluation Conference, 21-25, 2002, Roanoke, Virginia, US.
 5. [csiro]<http://www.csiro.au/>
 - 6.
 7. [Wang ,1999] Wang, K.C.P, R.P. Elliott. “Investigation of Image Archiving for Pavement Surface Distress Survey,” July 26, 1999.
 8. [IMS,1996] IMS, Infrastructure Management Services. “An Overview of the PAVUE Fully Automated Surface Distress Image Processing System.” 1996.
 9. [Wang, 2002] Wang, K.C.P. “Designs and Implementations of Automated Systems for Pavement Surface Distress,2002.
 10. [Samsung,2014] Samsung, http://samsungdsa.com/product/ams/ams_3.html

11. [Raman ,2004] Raman, M., M. Hossain, R.W. Miller, G. Cumberledge, H. Lee, K. Kang. "Assessment of Image-Based Data Collection and the AASHTO Provisional Standard for Cracking on Asphalt-Surfaced Pavements," Transportation Research Board, TRB, 2004.

American Society of Civil Engineers. (2009). Report Card for America's Infrastructure.

American Society of Civil Engineers. (2013). *Report Card for America's Infrastructure, Overview: Executive Summary* , pp.

<http://www.infrastructurereportcard.org/a/#p/overview/executive-summary>.

[Chou, 2009] Chou, J.-S. (2009). Web-based CBR system applied to early cost budgeting for pavement maintenance project. *Expert Systems with Applications* 36.2 , pp. 2947-2960.

CNADNR. (2013). *Compania Națională de Autostrăzi și Drumuri Naționale*. Retrieved from Compania Națională de Autostrăzi și Drumuri Naționale din România SA:

<http://www.cnadnr.ro/pagina.php?idg=49>

[Emsley ,2012] Emsley, M. W. (2002). Data modelling and the application of a neural network approach to the prediction of total construction costs. *Construction Management and Economics*, 20(6) , p. 465.

[Ferreira , 2012] Ferreira Adelino, a. J. (2012). LCCA System for Pavement Management: Sensitivity Analysis to the Discount Rate. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 53 , pp. 1173-1182.

[Jui-Sheng, 2011] Jui-Sheng, C. (2011). Cost simulation in an item-based project involving construction engineering and management. *International Journal of Project Management* 29.6 , pp. 706-717.

[Kirk , 1995] Kirk J., A. J. (1995). *Life Cycle Costing for Design Professionals*. New York: Second ed. New York: McGraw-Hill.

Klaus Schwab, W. E. (2012). *The Global Competitiveness Report 2012–20013*. Geneva: Full Data Edition is published by the World Economic Forum within the framework of The Global Benchmarking Network.

[Lowe, 2006] Lowe, D. J. (2006). Predicting construction cost using multiple regression techniques. *Journal of construction Engineering and Management*, 132(7) , pp. 750–758.

[Moazami, 2011] Moazami Danial, H. B. (2011). Pavement rehabilitation and maintenance prioritization of urban roads using fuzzy logic. *Expert Systems with Applications* 38.10 , pp. 12869-12879.

[Panagopoulou,2012] Panagopoulou Mary I., s. A. (2012). Optimization model for pavement maintenance planning and resource allocation. *Maintenance Management* 2012 , 25.

[Salem, 2013] Salem O. M., e. a. (2013). User costs in pavement construction and rehabilitation alternative evaluation. *Structure and Infrastructure Engineering* 9.3 , 285-294.

[João, 2012] Santos João, a. A. (2012). Life-Cycle Cost Analysis System for Pavement Management. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 48 , pp. 331-340.

[Nakul ,2012] Sathaye Nakul, a. S. (2012). A bottom-up optimal pavement resurfacing solution approach for large-scale networks. *Transportation Research Part B: Methodological* 46.4 , pp. 520-528.

STRABAG, S. (2013). *STRABAG in Romania*. Retrieved from STRABAG:

<http://www.strabag.ro/>

[Thomas , 2009] Thomas H. Carmen, e. (2009). *Introduction to Algorithms, third Edition*. London: The MIT Press Cambridge.

Toussaint, J. &. (2006). Web-based CBR (case-based reasoning) as a tool with the application to tooling selection. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 29(1–2) , pp. 24–34.

[Whyte, 2012] Whyte A., a. A. (2012). Life-Cycle Cost Analysis for Infrastructure Project Pavement Design. *Australasian Structural Engineering Conference 2012*.

[Yu,2006] Yu, W.-D. (2006). PIREM: A new model for conceptual cost estimation. *Construction Management and Economics*, 24(3) , pp. 259–270.