

Automatski analizator cesta - ARAN

Mate Sršen

Ključne riječi

mjerni uređaj ARAN,
cesta,
pukotina,
baza podataka,
održavanje,
gospodarenje

Key words

measuring device,
ARAN, road,
crack,
data base,
maintenance,
management

Mots clés

dispositif de mesure
ARAN,
route,
fissure,
base de données,
maintenance,
gestion

Ключевые слова

измерительное
устройство ARAN,
дорога,
трещина,
база данных,
обслуживание,
хозяйствование

Schlüsselworte:

Messgerät ARAN,
Strasse,
Riss,
Datenbasis,
Wartung,
Waltung

M. Sršen

Automatski analizator cesta - ARAN

Opisuje se višenamjenski mjerni uređaj suvremene tehnologije i njegova primjena u analizi stanja cesta i prognozi njihova ponašanja. Radi se o automatskom analizatoru cesta (ARAN), koji omogućuje brzo, točno i isplativo snimanje konzistentnih podataka. Uređaj otkriva pukotine, snima uzdužnu i poprečnu ravnost kolnika, mjeri trenje vozne površine, daje video zapis za katastar cesta, GPS koordinate itd. Ti podaci predstavljaju osnovu za sustavno održavanje i gospodarenje cestama.

M. Sršen

Automatic road analyzer- ARAN

A technologically advanced multifunctional measuring device is described and its use in the road condition analysis and prediction of road behavior is commented. The device is called the Automatic Road Analyzer (ARAN) and it enables rapid, accurate and cost-efficient gathering of consistently reliable information. The device detects cracks, measures longitudinal and transverse evenness of pavement, analyzes friction at the driving surface, provides video logs for the road survey office, GPS coordinates, etc. The information obtained in this way represents a basis for the systematic performance of road maintenance and road management activities.

M. Sršen

Analyseur automatique de routes - ARAN

L'article décrit un dispositif de mesure multifonction utilisant la technologie avancée et son application dans l'analyse des états des routes et dans le pronostic de leur comportement. Il s'agit d'un analyseur automatique de routes (ARAN) qui permet de réaliser des mesures et des inspections rapides, exactes et rentables. Le dispositif détecte les fissures, mesure l'uni longitudinal et l'uni transversal de la chaussée, mesure le frottement de la couche de roulement, fournit un enregistrement vidéo pour le cadastre des routes, ainsi que le positionnement géographique automatique des voies auscultées (GPS), etc. Les données ainsi obtenues représentent une base pour la maintenance systématique et la gestion des routes.

M. Сршен

Автоматический анализатор дорог- ARAN

В работе описывается измерительное устройство современной технологии поливалентного назначения и его применение в анализе состояния дорог и прогнозе их поведения. Речь идёт об автоматическом анализаторе дорог (ARAN), дающем возможность быстрой, точной и окупаемой съёмки консистентных данных. Устройство открывает трещины, снимает продольную и поперечную ровность мостовой, измеряет трение проезжей поверхности, даёт видеозапись для кадастра дорог, ГПС (GPS) координаты и т.д. Те данные являются основой для систематического обслуживания дорог и управления ими.

M. Sršen

Automatischer Strassenanalysator - ARAN

Beschrieben ist ein mehrzweckiges Messgerät zeitgemässer Technologie und dessen Anwendung bei der Analyse des Strassenzustandes und der Vorhersage deren Verhalten. Es handelt sich um den automatischen Strassenanalysator (ARAN), der ein schnelles, genaues und wirtschaftliches Aufnehmen konsistenter Angaben ermöglicht. Das Gerät entdeckt Risse, registriert die Längs- und Querebenheit der Fahrbahn, misst die Haftreibung der Fahrbahnfläche, gibt ein Videovermerk für das Strassenkataster, GPS Koordinaten usw. Diese Daten stellen die Grundlage für eine systematische Strassenwartung und -Waltung.

Stručni rad

Professional paper

Ouvrage professionnel

Отраслевая работа

Fachbericht

Autor: Prof. dr. sc. **Mate Sršen**, dipl. ing. građ., Institut građevinarstva Hrvatske, Zavod za prometnice, Zagreb

1 Uvod

U sustavnom gospodarenju cestama važno je odrediti prioritete održavanja i rehabilitiranja na način da se raspoloživa sredstva proračuna iskoriste racionalno. Ovaj se cilj ne može postignuti bez podataka koji se dobiju uporabom pouzdanih mjernih uređaja za nadgledavanje tehničkog stanja kolnika i cesta.

Ručno snimanje oštećenja kolnika ima više nedostataka uključujući razlike u ocjenjivanju, pogibije i visoke troškove osoblja koje sporo obavlja snimanje ceste. Ove su činjenice bile poticaj za razvoj automatskih uređaja i tehnika za ocjenjivanje raznih tipova oštećenja kolnika.

Automatska mjerna oprema zasniva se na filmskoj i videotehnici što omogućuje kontinuirano i zorno predočavanje oštećenja kolnika. S takvim se uređajima površina ceste ili snima posebnim kamerama okomito postavljenim prema površini ceste, ili se učini videosnimka visoke rezolucije.

Jedan od takvih mjernih uređaja jest ARAN (Automatic Road Analyzer), potpuno automatizirani sustav kanadske proizvodnje koji koristi s više videokamera i sinkro-

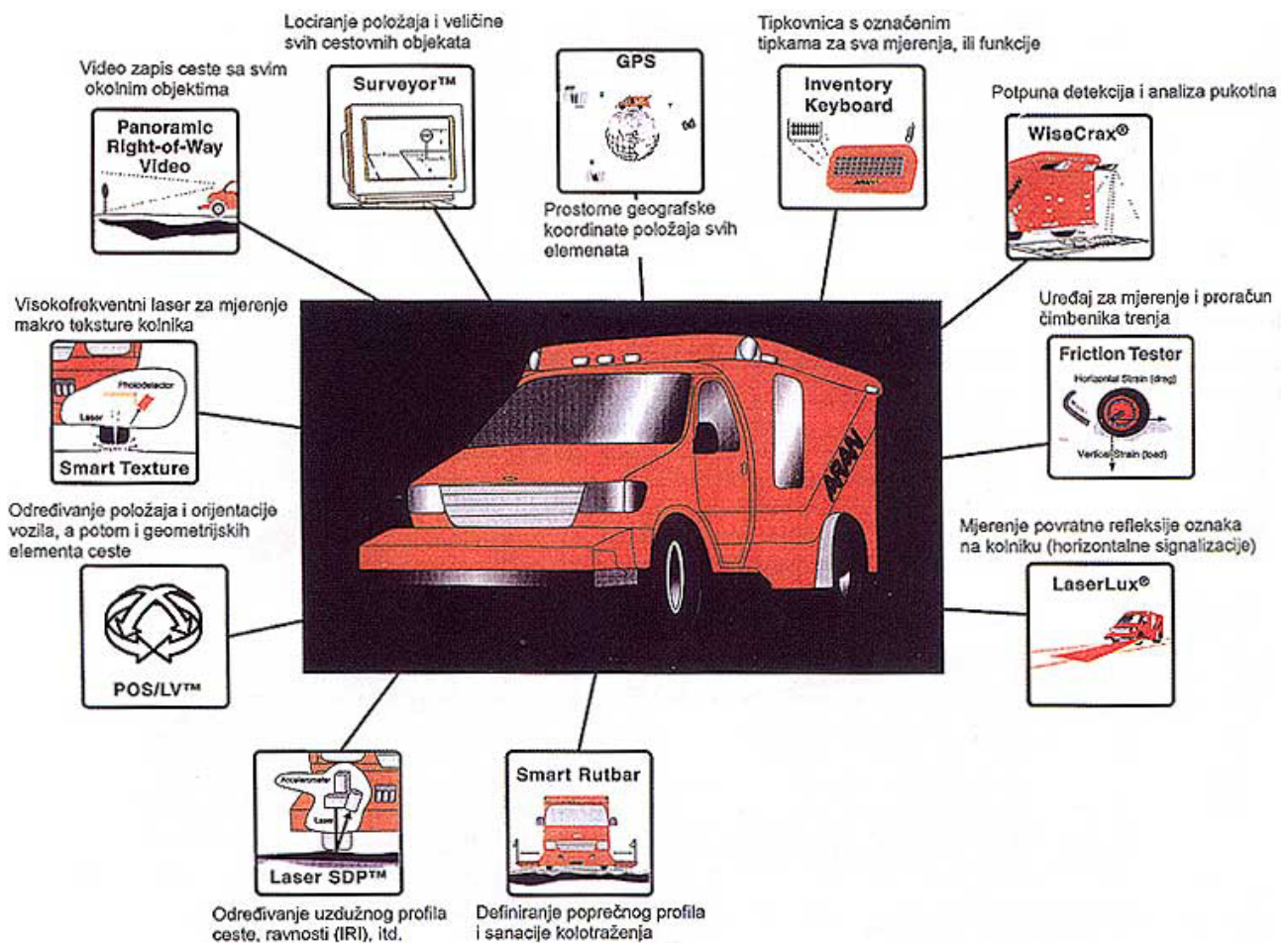
nizirano osvjetljenje montirano na vozilu. Snimanje okoliša ceste i vidljivih oštećenja na površini kolnika obavlja se videokamerom dok se vozilo kreće radnom brzinom do 90 km/h.

Za sada ni Hrvatska, a niti jedna zemlja u njezinu okruženju ne posjeduje sličan uređaj. Ova činjenica otvara nove tehničke i poslovne mogućnosti u području nerazornog ocjenjivanja stanja cesta, te u primjeni takve tehnologije u projektiranju i realizaciji tehničkih rješenja za obnovu cesta (kad se takav mjerni uređaj nabavi).

2 Opis analizatora cesta

Automatski analizator cesta (ARAN), glavni je višegodišnji razvojni proizvod jedne multinacionalne tvrtke s preko 30 godina iskustva u visoko specijaliziranim poslovima održavanja i gospodarenja cestama sa sjedištem u Kanadi.

ARAN je specijalno vozilo koje sadrži sveobuhvatni sustav računala i senzora uključujući lasere, žiroskope, ultrazvučne senzore i drugu naprednu tehnologiju (slika 1.). Mjerno vozilo može prikupiti do petnaestak različitih



Slika 1. Shematski prikaz ARAN vozila s pripadnim podsustavima [3]

vrsta informacija i podataka o stanju ceste i okolne infrastrukture u samo jednom prolazu s normalnom brzinom koja ne ugrožava ostali promet na cesti.

Sustav je projektiran modularno, tako da se razvojem tehnologija novi podsustavi mogu jednostavno i financijski povoljno nadograditi. Uz potpunu programsku podršku svi su proizvodi spojivi s velikim brojem postojećih sustava za gospodarenje cestama.

ARAN osigurava informacije za bolju podršku pri odlučivanju o gospodarenju u održavanju cesta prikupljanjem konzistentnih i točnih podataka brzo i isplativo; omogućuje snimanje ovih podataka:

- automatsko detektiranje pukotina
- uzdužni profil/ravnost (IRI) ceste
- poprečni profil/kolotragovi
- uzdužni i poprečni nagib
- teksturu kolnika
- trenje površine kolnika
- stanje ili oštećenje kolnika
- videozapis katastra cesta
- svjetlosne značajke horizontalne signalizacije kolnika
- geometrijske značajke; nagibi, stacionaža, visine
- GPS koordinate.

ARAN je konstruiran od više zasebnih podsustava koji obavljaju različite funkcije. Time je omogućen i izbor prema trenutnim potrebama i budućim tehnologijama. Na slici 2. prikazana su tri modela ARAN-a.

? **Model 4100:** do 2 podsustava; obično su postavljeni na mini kombi vozilu. Tipične su primjene za mjerenje ravnosti i dubine kolotragova

? **Model 4300:** sadrži do 8 podsustava obično postavljenih na kombi vozilu. Videonadzor i osnovni pregled stanja kolnika tipične su primjene ovoga modela. Uglavnom ne sadrži podsustav Wise Crax

? **Model 4900:** do 15 podsustava; uglavnom su postavljeni u četvrtastom kombi vozilu. Potpuna senzorska analiza oštećenja kolnika i puna panoramska snimka ceste



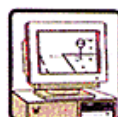
Slika 2. Tri modela ARAN-a, s lijeva na desno Model 4100, Model 4300 i Model 4900

2 Podsustavi automatskog analizatora cesta

Automatski analizator cesta bilježi stanje cesta putem podsustava od kojih je većina prikazana na slici 3.



WiseCrax je potpuno automatiziran podsustav za detekciju pukotina (čak do 1mm) i ocjenu stanja kolnika, što isključuje subjektivne pogreške. Na video zapisu prikazuju se pukotine (dužina, širina, područje, orijentacija), klasificiraju po tipu, veličini i opsegu uz statističku obradu i kartu pukotina.



Surveyor – "mjerac" je jedinstveni računalni mjerni podsustav povezan s videom kojim se mogu locirati položaji i veličina raznih objekata i infrastrukture (prometni znakovi, mostovi, hidranti, itd.) jednostavnim klikom miša na objekt na ekranu. Tako se može napraviti katastar svih objekata.



POS/LV je precizni podsustav za određivanje položaja i orijentacije vozila, tj. različitih geometrijskih elemenata ceste (poprečnih profila, radijusa, nagiba, itd.) Točnost mjerenja je na razini ravnjače.



Uzdužni profil-Laser SDP podsustav određuje uzdužni profil ceste i mjeri ravnost (IRI) i ostale pokazatelje pomoću ultra brzog lasera koji detektira čak i posve male kvрге do 10 cm, kao i neravnine od 100 m u realnom vremenu.



Smart Rutbar koristi se za snimanje poprečnog profila ceste radi određivanja mjere i izraženosti kolotragova. Posebni softver proračunava količine asfalta (novog, remiksa, ili drugo) potrebne za sanaciju profila kolnika.



GPS-globalni satelitski navigacijski podsustav određuje trodimenzionalne koordinate položaja tj. geografsku širinu, dužinu i nadmorsku visinu svih promatranih elemenata ceste za oblikovanje karata pomoću CAD-a i GIS-a.



Panoramic Right-of-Way (ROW) Video snima video zapis u punoj širini kolnika i cestu sa svim okolnim objektima jednim prolaskom vozila. Do šest kamera može snimiti različite perspektive (prednju, stražnju i bočnu) simultano i sinhronizirano.

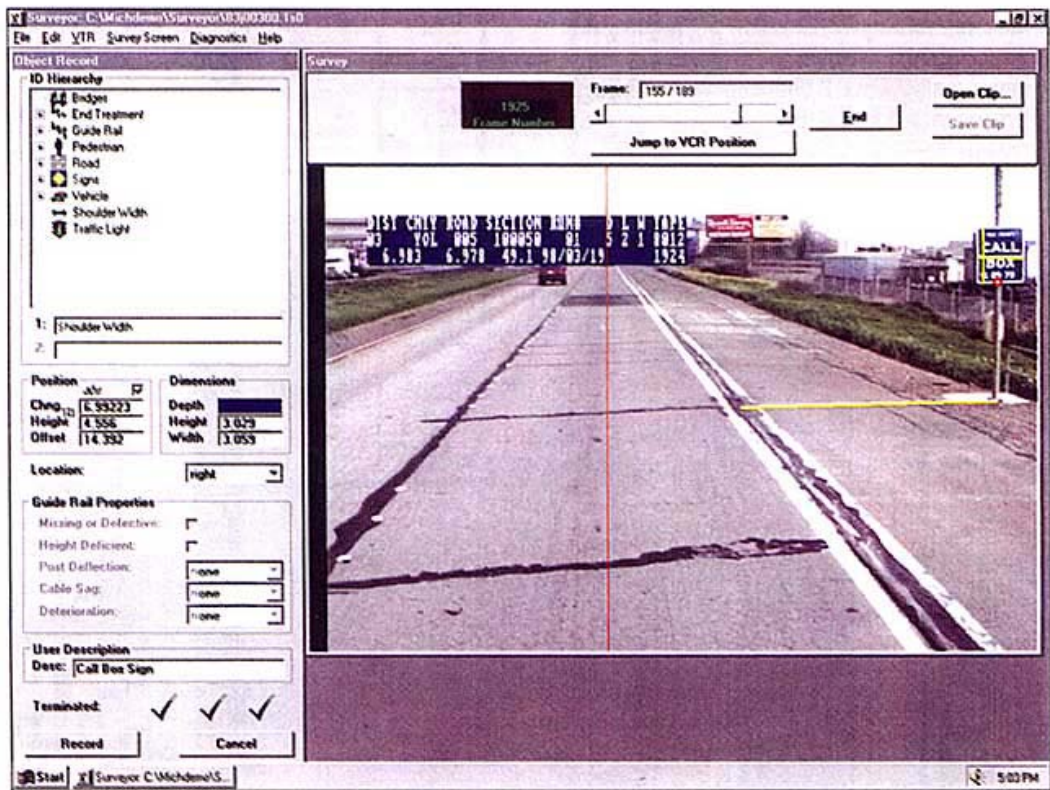
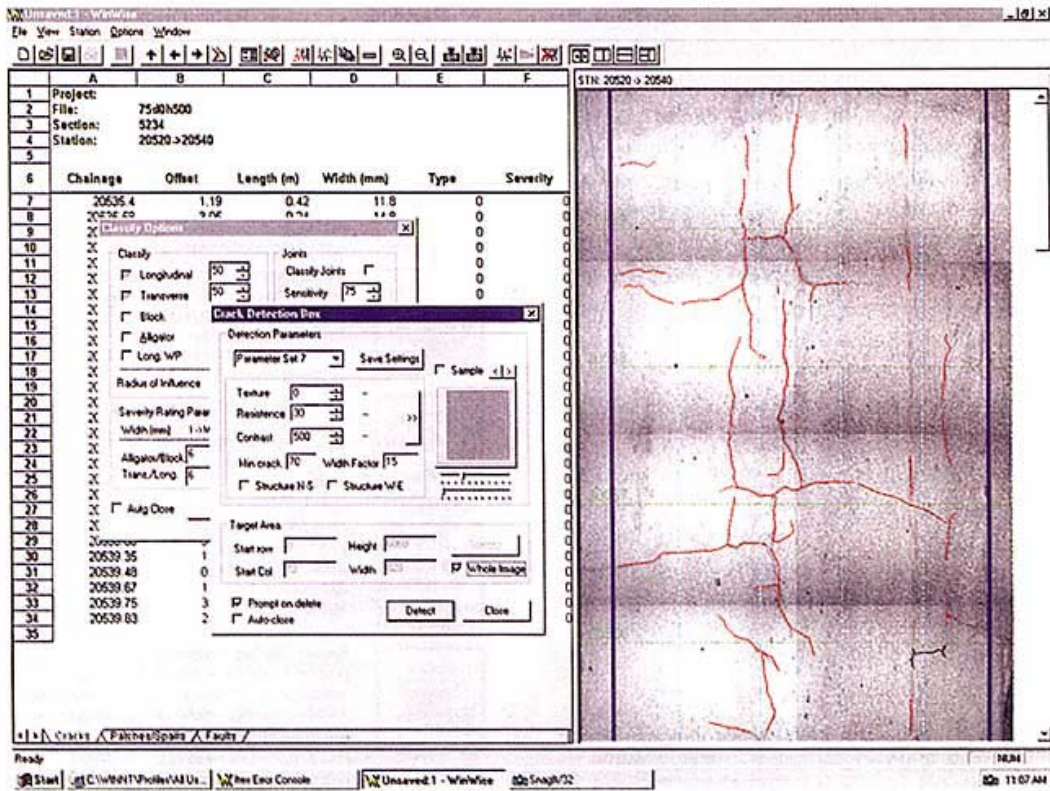


Inventory Keyboard je tipkovnica za snimanje stanja kolnika, različitih objekata (mostova, propusta, prometnih znakova itd.) u svrhu izrade katastra. Sve se tipke mogu programirati na određeni objekt ili funkciju koja je onda prikazana na LCD-ekranu.



Smart Texture je podsustav koji pomoću lasera visoke frekvencije mjeri dubinu teksture i makro teksturu kolnika.

Slika 3. Podsustavi automatskog analizatora cesta



Slika 4. Ekran programa Wise Crax prikazuje automatski detektirane pukotine preko videosnimke (gore), ekran podsustava Surveyor: primjer lociranja prometnog znaka s izmjerenim koordinatama položaja i dimenzijama znaka (dolje)

3.1. Wise Crax je potpuno automatiziran podsustav za detekciju pukotina i ocjenu stanja kolnika. Program obrađuje videozapis i potpuno određuje pukotine (dužinu, širinu, rasprostiranje, orijentaciju), klasificira ih prema tipu, veličini i opsegu te daje ukupnu statističku obradu i kartu pukotina.

Glavna značajka podsustava jest da snima i analizira kontinuirani odsječak kolnika u komadu odjednom, a ne po dijelovima ili pojedinim slikama, tako da se dobije potpuni uvid i analiza pukotina koje se protežu kroz više područja. Prikaz programskog prozora vidi se na slici 4.

Tehnologija se sastoji u slijedećem:

- *Detektiranje pukotina pomoću video zapisa*

Kamere velike brzine smještene na stražnjem kraju vozila snimaju oštre i čiste slike pri promjenljivoj brzini vozila do 80 km/sat. Video se snima kao kontinuirani zapis visokog kontrasta. Jako stroboskopsko svjetlo uklanja sjene okolnih objekata na kolniku i utjecaj izravnog sunčevog svjetla. Računalo uklanja eventualna preklapanja i "rupe" kod snimanja po cijeloj širini i duljini kolnika. Odabiru se pojedini dijelovi zapisa i optimiziraju parametri detekcije iz kontrasta, osvjetljenosti i stanja površine. U ovoj fazi dobije se karta pukotina preko video zapisa. Ako ne zadovoljava, postupak se ponovi i tako optimizirani, parametri se onda koriste za izradu cjelovitih karata pukotina. Također se pohranjuju podaci o položaju, dužini, širini i morfologiji pojedinih zasebnih pukotina.

- *Klasificiranje i vrednovanje pukotina*

Osnovni cilj je odvojiti detekciju i klasificiranje pukotina, tako da promjene u načinu interpretacije i uporabe podataka o pukotinama ne utječu na bilo koji dio cjelovitog postupka. Može se oblikovati više kategorija pukotina putem raznih kombinacija tipa i morfologije, položaja, jačine, širine, gustoće i značajke metode mjerenja pukotina (tablica 1).

Tablica 1. Čimbenici kombiniranja kategorija oštećenja tipa pukotina [3]

Tip pukotine	Položaj pukotina	Jačina raspucaosti	Čimbenik ocjene jačine	Značajka mjerenja
poprečna	lijeva strana traka	slaba	širina pukotine	dužina pukotina
uzdužna	desna strana traka	umjerena	gustoća pukotina	uzdužna rasprostranjenost
mrežasta	sredina traka	jaka		poprečna rasprostranjenost
krokodil-ska	ispod lijevog kotača			površina raspucanosti
	ispod desnog kotača			indeks raspucanosti

- *Izlazni podaci*

Tri su osnovna tipa podataka: sažetak pukotina (tekst u ASCII formatu s intervalima 10 m, 20 m, i 1/100 milje), digitalna karta pukotina (pohranjena u sustavni format koji se može tiskati) i videozapis kolnika (s pripadnom kartom pukotina u digitalnom ili prema potrebi, tiskanom obliku).

U nekim posebnim slučajevima stanja površine kolnika i pri potrebi detekcije uskih pukotina vizualna točnost detekcije kamerama može biti nezadovoljavajuća. Točnost postupka određuje se usporedbom vizualnog pregleda i rezultata programa na odabranim oglednim odsječcima ceste. Eventualno, u slučaju točnosti manje od npr. 80%, potrebno je na drugi način ispitati raspucanost površine kolnika.

3.2. Surveyor je jedinstveni računalni mjerni sustav povezan s videom kojim se mogu locirati položaji i veličina raznih objekata i infrastrukture (prometni znakovi, mostovi, hidranti, poklopci i sve ostalo) vožnjom normalnim brzinama. Tako se mogu prirediti baze podataka s popisom i položajem objekata za bilo koju vrstu infrastrukture.

U sustav su uključena tri načina mjerenja: DMI – instrument za mjerenje razdaljine, inercijalni žiro-sustav i GPS.

Kamera snima cijeli panoramski pogled ispred vozila koji je prikazan na ekranu na kojem se pri mjerenju jednostavno "klikne" mišem na željeni objekt (slika 5.). I ovaj je sustav modularan i može se preko GPS-a uključiti u geografski informacijski sustav, dok se pregledna karta može oblikovati i zabilježiti (AUTO-CAD, ARC/INFO, Intergraph).

3.3. POS/LV jest najnoviji precizni podsustav za određivanje položaja i orijentacije vozila, tj. različitih geometrijskih elemenata ceste i njezina globalnog položaja.

U koordinaciji s ostalim mjernim podsustavima kao što su DMI i GPS određuju se uzdužni i poprečni profili višetračnih kolnika, radijusi zakrivljenosti, nagibi, nadmorske visine i ostalo. Računalni program iz snimljenih poprečnih profila potom računa količine materijala (npr. novi asfalt ili remiks) za izravnavanje kolnika.

Sustav uz pomoć posebne jedinice točno mjeri poprečne elemente ceste bez utjecaja ljuljanja šasije vozila, dok inercijalni referentni sustav nadopunjuje nedostatke pri gubljenju veze sa satelitom.

3.4. Laser SDP podsustav određuje uzdužni profil te mjeri ravnost (IRI) i ostale pokazatelje pomoću ultrabrzog lasera, koji detektira čak i vrlo kratke izbočine do 10 cm i neravnine od 100 m u realnom vremenu.

Za razliku od prijašnjih podsustava (npr. ultrazvučnog), ovaj podsustav detektira kratkovalne i ostale nepravilnosti koje bitno utječu na neravnost, vibracije i neudobnost vožnje.

Međunarodni indeks ravnosti (IRI) i ostali čimbenici računani u realnom vremenu štede vrijeme i napore za izradu baze podataka koja se izravno digitalno pohranjuje.

Posebni softver mjeri i analizira nepravilnosti kod betonskih kolnika.

Najviša razina točnosti ovog podsustava (čak iznad razine ASTM Class I profilera) čini ga odličnim za primjene na projektnim razinama.

3.5. Smart Rutbar rabi se za definiranje poprečnog profila ceste radi određivanja dubine i izraženosti kolotragova. Posebni softver proračunava količine asfalta (novog, remiksa ili drugo) koji je potreban za sanaciju profila kolnika.

Podsustav se koristi konzolom na prednjem dijelu vozila s 19 ultrazvučnih senzora i dva teleskopska nastavka sa svake strane s još po 9 senzora. Tako veliki broj senzora određuje poprečni profil, uz točnost svakog senzora od oko 1 mm. Također se i dvostruki kolotragovi točno definiraju, dok neizbježno normalno krivudanje vozila po cesti ne utječe na mjerenje.

Uz grafičke prikaze, skice i proračun količine potrebnog asfaltnog materijala prikazani su i kolotragovi, mjesta zadržavanja vode i ostalo.

Podsustav izračunava i potrebne poprečne nagibe na osnovi ukupne geometrije i baze podataka o poprečnim profilima kolotragova.

Upotrijebljen zajedno s podsustavom POS/LV omogućuje točnost mjerenja koja je približna ili veća od drugih podsustava uz uštedu vremena i uz mnogo sigurnije uvjete rada.

3.6. GPS - globalni satelitski navigacijski podsustav određuje trodimenzionalne koordinate položaja, tj. geografsku širinu, dužinu i nadmorsku visinu svih promatranih elemenata ceste i pratećih objekata za koje se mogu onda oblikovati karte s pomoću CAD-a i GIS-a.

Podsustav je integriran s drugim ARAN-ovim podsustavima (DMI, smart geometrics ili POS/LV) koji u slučaju prekida veze s nekim od satelita nadopunjuju nedostatak. Točnost podsustava ovisi o odabiru između tri različita načina i kreće se u rasponu od $\pm 50(100)$ m do $\pm 2(3)$ m.

3.7. Panoramic Right-of-Way (ROW) Video snima videozapis jednim prolaskom vozila na punoj širini kolnika. Do šest kamera može snimiti različite perspektive (prednju, stražnju i bočnu) simultano i sinkronizirano.

Moguće je odabrati različite kombinacije broja i mjesta postavljanja kamera uz različite rezolucije snimanja kao što je prikazano na slici 5. Jedna do tri kamere mogu biti postavljene na prednjem dijelu. Tako npr. model 4300 ima kameru postavljenu unutar kabine između vozača i suvozača (jedna do dvije kamere), a model 4900 tri panoramske kamere u zasebnom kućištu postavljenom na krovu.

Najbolje rezultate daju tri panoramski postavljene kamere s ukupno najboljom rezolucijom i punom panoramskom širinom snimanja od 130° , slično pogledu vozača. Zatim puna panoramska širina snimanja s više



Slika 5. Razne kombinacije broja kamera, mjesta postavljanja i rezolucije snimanja

kamera osim uvida u središnji dio (sam prometni trak po kojem se vozi) daje puni pregled kolnika lijevo i desno i svih objekata (infrastrukture) uz cestu koji se onda mogu automatski locirati i upisati u baze podataka (vidi opis sustava Surveyor).

Velika rezolucija po potrebi omogućuje "zumiranje" i točniju analizu određenog detalja na ekranu, npr. oštećenja na kolniku ili bilo čega drugog (slika 6.). Snimanje kolnika radi obrade pukotina, oštećenja itd. (vidi program WiseCrax) obavlja se dvjema kamerama na konzolama istaknutim na stražnjem dijelu vozila.



Slika 6. Detalj oštećenja kolnika povećanjem ("zumiranjem") dijela snimke visoke rezolucije

3.8. Inventory Keyboard je tipkovnica koja tehničaru omogućuje snimanje stanja kolnika i različitih objekata (prometnih znakova, mostova, propusta i ostalog), tako da se sve tipke mogu programirati na određeni objekt ili funkciju koja je onda označena na LCD ekranu.

Tipkovnica se može rabiti i u uredu za procjenu stanja kolnika ili snimanje položaja objekata uz cestu uz pomoć posebnog V-RATE softvera.

Potpuno programirana tipkovnica omogućuje također i procjenu po vrsti, jačini i opsegu oštećenja jednostavnim pritiskom tipke koja je za to određena. To je naročito pogodno ako postoje neki posebni zahtjevi ili potrebe. Svaku tipku "pokriva" mali LCD-ekran koji može prikazivati programirane simbole, riječi, ikone i na taj način povećati i ubrzati učinak.

3.9. LaserLux je podsustav koji laserom za skeniranje mjeri povratnu refleksiju oznaka (horizontalna signalizacija) na kolniku. Poseban ARAN-ov softver omogućuje analizu i uključivanje podataka u sigurnosni sustav baze podataka i usklađenost s ostalim mjerenjima

Laserski se snop projicira ispred vozila i širi lijevo i desno preko oznaka na kolniku. Snop se reflektira o oznaku na kolniku i registriira redom fotoelemenata. Geometrija lasera i reda foto-elemenata odmjerava standardnu geometriju farova iz perspektive vozačeva pogleda.

Količina odbijenoga povratnoga laserskog svjetla na niz fotoelemenata određuje povratnu refleksiju oznaka na

kolniku. Slaba povratna refleksija predstavlja lošu vidljivost oznaka noću. Uređaj se može brzo postaviti na jednu ili drugu stranu vozila ili se mogu rabiti dva uređaja za istodobno mjerenje na obje strane prometnog traka. LaserLux podsustav sadrži operativni softver za korisne grafičke prikaze i bilježenje te baze podataka. Laser i fotoprijamnik postavljeni su pod kutom koji udvostručuje učinak svjetla od farova vozila što se reflektira nazad prema vozaču. Geometrija je definirana na stupanj od $1/3$, tako da je mjerno područje na 10 metara ispred lasera. Upadni kut (kut između svjetlosnog snopa i kolnika) može se postaviti prema sjevernoameričkom standardu na $1,5^{\circ}$, ili prema Europskoj komisiji za normizaciju na $1,24^{\circ}$.

Laserski snop skenira površinu širine jednog metra zbog uklanjanja utjecaja krivudanja vozila. Posebni filtri omogućuju mjerenje noću i pri izravnom sunčevu svjetlu. Putno računalo računa i prikazuje vrijednosti povratne refleksije u realnom vremenu što omogućuje praćenje valjanosti podataka skeniranja. Nakon toga analiziraju se vrijednosti na odabranim odsječcima i oblikuju tablični i grafički izvještaji.

Integrirana videokamera prikazuje površinu koja se mjeri na monitoru u kabini radi mogućnosti korekcije i "štimanja". Video i pripadni prikaz podataka mjerenja mogu se snimiti na video rekorder za kasnije preglede. Po želji može se dodati panoramska snimka-zapis (*Right-of-way video*) prometnih znakova ili drugog.

Inače je moguće mjeriti jednostruke i dvostruke, žute i bijele, pune i isprekidane crte, ili bilo koju njihovu kombinaciju. Može se rabiti za obojene i epoksidne crte, trake i za bilo koju vrstu reflektivnog materijala sa staklenim zrnjem i bez njega.

Vozilo je opremljeno uređajem za mjerenje udaljenosti (DMI) koji prilaže stacionaže bazi podataka i videozapisu. Po želji može se dodati i GPS prijamnik radi označavanja geografske širine i dužine. Podaci se mogu jednostavno unijeti u većinu GIS i ostalih baza podataka.

3.10. Smart Texture je podsustav koji laserom visoke frekvencije mjeri dubinu teksture i makroteksturu kolnika. Podaci o teksturi mogu se u realnom vremenu pregledavati tijekom mjerenja. Profili teksture mogu se detaljno pregledavati i statistički obrađivati za primjenu u održavanju kolnika.

Podsustav pokriva široki raspon vrijednosti teksture pri brzinama do 100 km/h. Također se registriiraju i grubi "poremećaji" teksture.

Rezultati ispitivanja pokazuju 96% podudaranje pri usporedbi sa standardnim ispitivanjem (npr. metodom pjeskarenja).

3.11. Friction Tester upotrebljava kotač s ograničenim proklizavanjem i određenu količinu vode za mjerenje površinskog trenja kolnika. Uređaj mjeri vertikalnu

silu opterećenja i horizontalnu silu povlačenja, a potom računalo računa čimbenik trenja.

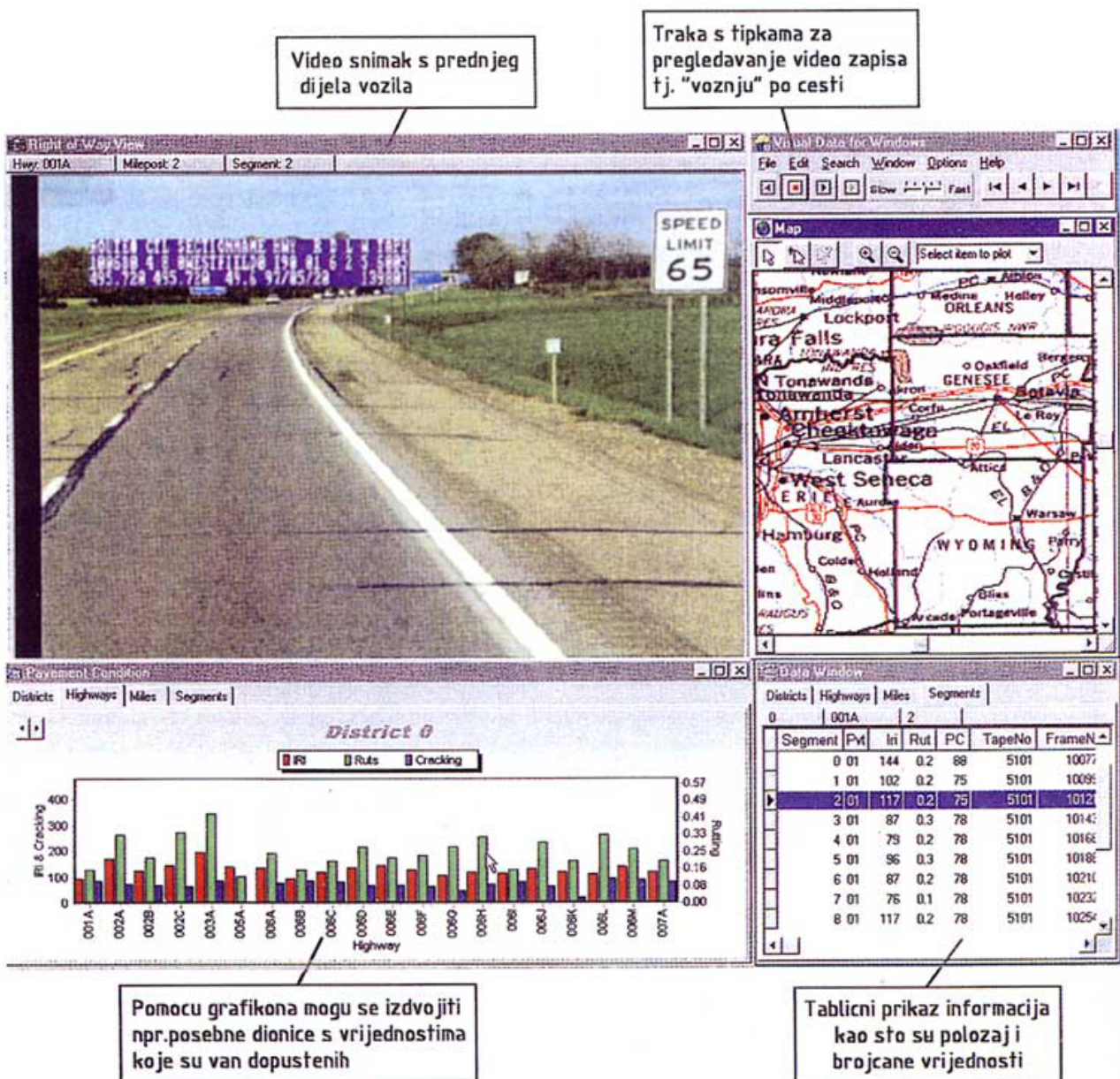
3.12. DMI (Distance Measuring Instrument) jest uređaj za mjerenje stacionaža i udaljenosti. To je najosnovnije i jedno od najvažnijih mjerenja jer svi podaci moraju biti označeni svojim položajem na cesti. Moguće je voziti različitim brzinama bez utjecaja na rezultate mjerenja.

Uređaj mjeri i promjene brzine koje se upotrebljavaju pri žiro-sustava i GPS podsustavu za precizno određivanje globalnog položaja vozila. Tako se određene geografske koordinate mogu primijeniti pri izradi CAD i GIS karata.

3.13. Smart geometrics je podsustav koji se koristi

kombinacijom žiroskopa i softvera za mjerenje poprečnih profila, nagiba, polumjera zakrivljenosti itd. Podstava se zasniva na žiroskopima koji mjere okretanje vozila oko uzdužne osi (roll), poprečne osi (pitch) i vertikalne osi (heading). Na osnovi tih mjerenja i drugih podataka računalo određuje položaje, tj. stacionaže i duljine svih zakrivljenosti i nagiba.

Podaci okretanja oko uzdužne osi kombinirani s podacima iz sustava *Smart Rutbar* oblikuju detaljne poprečne profile ceste svakog traka zasebno. Posebni softver zatim omogućuje prikaz ukupnog poprečnog profila višetračnog kolnika i definiranje količina asfalta za sanira-



Slika 7. Tipičan ekran programa VisaData

nje, mjesta zadržavanja vode i mjesta moguće pojave akvaplaniranja (vidi Smart Rutbar).

3.14. VisiData je softver koji omogućuje prikaz podataka tablično i dijagramima uz sinkronizirani videoprikaz (zapis).

Za bilo koji potrebni podatak, kao što su vrijednost oštećenja, određena značajka ceste ili drugo, s pomoću posebne (SQL) funkcije mogu se pronaći, to jest definirati područja kolnika ili cestovni odsječci s traženim podacima zajedno s dijagramima i videosnimkom ceste.

Baze podataka mogu se prikazati na svim razinama od državne do regionalne, pa sve do detaljnog uvida u pojedini odsječak.

Uz ovu najkorisniju funkciju postoje i druge mogućnosti kao. npr. brzo pretraživanje tj. "vožnja" kroz videozapis do stacionaže gdje je potreban detaljni pregled, zatim potraga za određenim objektima itd.

Tipičan izgled ekrana softvera VisiData prikazan je na slici 7.

Program se upotrebljava na dva načina: stvaranjem video CD-ROM-a i popisom cestovnih objekata (katastar).

Stvaranje video CD-ROM-a zasniva se na povezivanju videozapisa i cestovnih baza podataka. Postupak se sastoji od tri dijela:

- Oblikovanje uređivačkih lista: mogu se oblikovati liste na osnovi baze podataka na raznim razinama: regija, cestovni pravac, odsječak ili dio određen nekim potrebama (npr. odsječci od 10 m). Program će provjeravati broj upisanih prozora i potrebu za memorijom i izvještavati o ostatku slobodnog prostora na CD-ROM-u. Podsustav omogućuje kreiranje do 4 CD-ROM-a istodobno. Program je također otvoren za daljnja dorađivanja lista radi potrebne zamjene ili nadopune lokacija i odsječaka.
- Pretraživanje i komprimiranje zapisa: automatskim nadzorom videorekordera, traka se premotava do videozapisa na traženoj lokaciji. Potom se zapis komprimira i pohranjuje na disk.
- Snimanje CD-ROM-a: nakon rečenoga se uz pohranjene videozapise na disk upisuju i sve ostale potrebne informacije.

Popis (katastar) objekata potpuno je prilagođen za prijam podataka s videa, tako da se tijekom pregledavanja trake može bilo kojom točkom ("klikom" miša na ekranu) odabrati objekt za digitalizaciju. Zatim se objekt svrstava u jedan od prethodno određenih tipova objekata i po potrebi se dodaju neke značajke ili komentari. Podaci se potom pohranjuju u sljedeće formate baza podataka op

će namjene: komprimirani videozapis, identifikator trake i broja okvira, položaj, zemljopisna širina i dužina, određeni tipovi objekata uz upisane značajke i ostali podaci o cesti.

Ovi se podaci zatim mogu snimiti na CD-ROM, uvesti u GIS sustav itd. Umjesto videozapisa za sve navedeno može se uporabiti i CD-ROM.

4 Zaključak

Na kraju treba reći da su opisani programi i baza podataka priređeni na osnovi uporabe ARAN-a kompatibilni s velikim brojem raznih sustava gospodarenja. Tako se ARAN-ove baze podataka mogu primijeniti u raznim aplikacijama za gospodarenje infrastrukturom, kao što su:

- Sustavi gospodarenja kolnicima (PMS)
- Geografski i informacijski sustavi (GIS)
- Sustav monitoringa performansa cesta (HPMS)
- Sustavi gospodarenja znakovima (SMS)
- Sustavi gospodarenja mostovima (BMS)
- Istraživanje prometnih nezgoda
- Katastar cesta

Sveobuhvatni sustav ARAN posebno je projektiran za prilagodbu svim poznatim sustavima, koji se danas primjenjuju u gospodarenju cestama, kao što su:

- HDM-Highway Development and Management (World Bank)
- Deighton Associates – dROAD, dTIMs
- Hansen Information Technologies
- ERES
- Braun/Intertec
- UMA Engineering
- Micro Paver
- San Francisco Bay Area MTC
- PCS/Law Engineering
- Stantec (bivši ITX Stanley)
- CarteGraph
- ESRI
- Intergraph

Mjerni uređaj opisanih mogućnosti poželjno bi bilo imati na raspolaganju za potrebe analize tehničkog stanja i prognoze ponašanja cestovne infrastrukture Hrvatske. Praktična primjena ARAN-a svakako bi pridonijela i bržem razvoju sustavnog održavanja i gospodarenja cestama u nas.

LITERATURA

[1] Sršen, M.: *Uvođenje suvremenih mjernih uređaja u ocjenjivanje stanja cesta – hrvatska i međunarodna iskustva*, Građevinski godišnjak '99, Hrvatski savez građevinskih inženjera, Zagreb, 1999., 397.-428.

[2] Highway Products International Inc.: *Automatic Road Analyzer, Mobile Data Acquisition Vehicle*, Product Bulletin, Paris, Ontario, Canada, 1985.

[3] <http://www.roadware.com/aran.htm>