

SISTEM ZA MOBILNO PRIKUPLJANJE PODATAKA MOBILE MAPPING SYSTEM

Miloš Pantelić, Predrag Miladinović, JKP Infostan, Beograd
Vladimir Marković, Tatchka, Belgium

Ključne reči: Mobilno mapiranje, Integracija senzora, GIS, GPS, Fotogrametrija

Sadržaj: Rešenje mobilnog mapiranja, detekcije i prepoznavanja saobraćajne signalizacije poznato je pod skraćenicom SAM što znači "Sistem za mobilno prikupljanje podataka", odnosno "Sistem mobilnog preslikavanja". Ovaj sistem čine jedna ili više digitalnih kamera, GPS, Navigacioni Sistem, svi međusobno povezani na računarski sistem u kome se primenjuju principi fotogrametrije. Sve ove komponente se mogu montirati i primeniti na putu, železnici ili brodovima, kako bi se sačinili popisi postojeće infrastrukture saobraćajnica, vezanih za zemljišta ili rečne tokove. Velike prednosti su: brzina snimanja, preciznost pozicioniranja snimljenih objekata, kreiranje alfanumeričkih atributa vezanih za objekte i banku podataka slika. Rezultat se može eksportovati u bilo koji GIS na tržištu i pri tom obezbeđuje efikasno upravljanje i korišćenje podataka.

Abstract: Mobile mapping solution, Road sign detection and recognition detection known like abbreviation SAM, standing for "Système d'Acquisition Mobile" or "Mobile Mapping System". One or more high resolution digital cameras, GPS, Inertial Navigation System all interfaced to on board computers and photogrammetry principles are applied. All these components can be mounted on road, railroad vehicles or boats to make inventories of existing infrastructure, land or river based. Big advantages are: the recording speed, precision of positioning of recorded objects, creation of alphanumerical attributes related to the objects and an image databank. Results can all be exported to any GIS on the market and allow for efficient data management and use.

1. UVOD

U poslednjih nekoliko godina, postalo je sve značajnije za izvođače javnih radova, na nivou opštinskih i regionalnih samouprava, kao i privatnih organizacija kako u svetu tako i kod nas, kreiranje i vođenje inventara putne mreže, kako bi se efikasnije upravljalo kompletnom putnom infrastrukturom. Postoji nekoliko faktora koji podstiču javne i privatne organizacije da formiraju evidenciju i naprave inventar opreme infrastrukturne mreže. Oni se mogu pojaviti usled zakonodavstva ili su povezani sa aktivnostima vezanih za održavanje, nabavku, saobraćaj, vrednovanja, bezbednosti ili su u vezi sa pitanjima koji zahtevaju hitne odgovore[1].

Geografski informacioni sistemi (GIS), često se koriste da ispune ove ciljeve u mnogim oblastima, uključujući i one za transport, električnu distribuciju, procenu imovine... Menadžeri sredstava putne infrastrukture zainteresovani su da popune svoje GIS aplikacije ili tehnikom konverzije podataka ili prikupljanjem podataka sa terena. U prvom slučaju zahteva se konverzija postojećih podataka u odgovarajući GIS-format. Iako je ova tehnika u širokoj upotrebi, jer je ekonomski opravdana, ona nije apsolutno tačna kao što je to tehnika za prikupljanje podataka sa terena. Za prikupljanje podataka sa terena, ekipa tehničara prikuplja relevantne informacije na terenu i to ili preko Globalnog sistema za pozicioniranje (GPS) risivera u kombinaciji sa podacima sa uređaja za prijavljivanje ili preko ručnih računara opremljenih sa GPS prijemnikom.

Međutim, postupak za prikupljanje inventara infrastrukture mreže tradicionalnim obilaženjem lokacija ili hodogramskim GPS metodama istraživanja mogu da budu zamorne i skupe operacije. Isto tako, ograničenja za neke organizacije mogu se pojaviti nakon prikupljanja podataka u smislu otežanog održavanja ažurnosti.

Racionalizacija upravljanja sredstva i opreme putne infrastrukture, zahteva da se obezbede alati i mehanizmi za postavljanje ciljeva, identifikovanje prioriteta, unapređenje procesa, upoređivanje rezultata radi unapređenja performansi predstavljanja i prikazivanja putne mreže.

Ovaj rad se fokusira na integraciju statičkih senzora i digitalnih kamera, predstavlja novi alat za obradu validne ekstrakcije putne geometrije, putne opreme i stanja putne infrastrukture. Primena sličnih projekata na lokalnom nivou i u okruženju, omogućio bi da se ubrza transfer tehnologija između vladajućih struktura, industrije za očuvanje životne sredine kao i kroz više sektora posredstvom multidisciplinarnih istraživanja.

2. SISTEM ZA PRIKUPLJANJE PODATAKA

Baza podataka puteva treba da se sastoji od dinamičkog inventara geo-referenciranih sredstava i njihovih atributa, opcija geometrije puteva, odnosno informacije o profilu puta. Većina ovih informacija mogu biti prikupljene pomoću različitih tehnika merenja. U poslednjih nekoliko godina, zahtevana tačnost i količina informacija potrebnih za izgradnju i održavanje puteva, drastično se povećala[2].

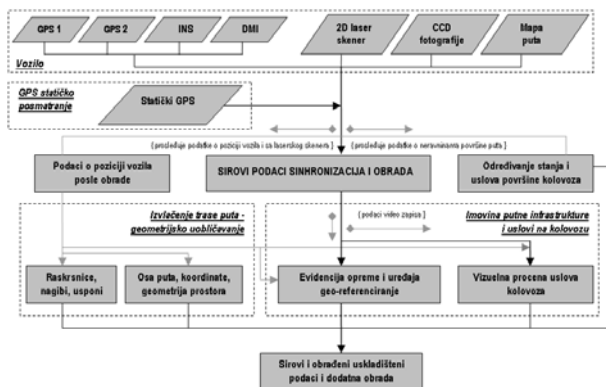
Ovo je prouzrokovalo da se tradicionalne tehnike merenja i metode obrade zamene, što ide u korist primene radikalno novih rešenja. Sistemi mobilnog mapiranja – prikupljanja podataka predstavljaju napredne tehnike za kreiranje dinamičkog inventara putne mreže i svih njihovih karakteristika. Ovi sistemi integrišu napredne navigacione senzore, opremu za digitalno snimanje i moćne procesore za kreiranje digitalnih mapa koji uključuju geometriju puteva i putne logistike.

3. PLATFORMA ZA INTEGRACIJU SENZORA

Šema za prikupljanje podataka formira potpuno prilagodljivi sistem mapiranja koji je realizovan na platformi u mreženom okruženju sa više operativnih senzora. Na slici 1. predstavljaju se interfejsi različitih hardversko – softverskih podsistema. Sinhronizacija senzora i fino podešavanje podsistema se postiže posredstvom softvera.

Šema za prikupljanje podataka formira potpuno prilagodljivi sistem mapiranja koji je realizovan kroz umreženje više platformi operativnih senzora:

- GPS prijemnike sa dve dual frekvencije (L1/L2), antene koje su montirane na posebne lokacije na platformi čvrsto priključene na krovu vozila,
- uređaj inercijalnih merenja visoke tačnosti (INS) smeštene u kabini vozila, i
- precizni Merni Instrument za Udaljenost (DMI) instaliran direktno na desni zadnji točak vozila.



Slika 2. Šematski prikaz prikupljanja, prihvatanja i obrade podataka

4. SOFTVERSKO REŠENJE

Primer dobre prakse daje Trident-3D georeferencirani sistem za snimanje i prikupljanje digitalnih snimaka, projektovan i razvijen od kompanije Geo-3D za svrhu vršenja popisa imovine putne infrastrukture i geometrije puteva. Sistem se zasniva na najsavremenijem snimanju digitalnih fotografija u kombinaciji sa naprednim sistemima za pozicioniranje i fotogrametrijskih algoritama[3].

Ključni element kojim se razlikuje Trident-3D tehnologija od sličnih sistema se ogleda u njegovoj sposobnosti da proizvede opšta i prilagodljiva rešenja, koja se zasnivaju na otvorenoj arhitekturi. Trident-3D nije vezan za određeni brend kamera odnosno sistem za pozicioniranje, tako da korisnici imaju mogućnost da podese sistem po svojim potrebama i budžetu. Isto tako, razni senzori mogu biti integrisani u Trident-3D rešenje, od aplikacije za analizu trotoara do laserskih skenera. Trident-3D krajnji proizvodi su prilagodljivi i mogu se priključiti kao moduli za potrebe drugih softvera.

Trident-3D može da radi sa većinom sistema za pozicioniranje dostupnih na tržištu. POS-LV sistem za navigaciju se sastoji od GPS risivera jednostruke ili dvostruke frekvencije, od antene montirane na odgovarajućem mestu na krovu vozila za snimanje, od uređaja za merenje inercije IMU i od preciznog uređaja za merenje razdaljine DMI. IMU se sastoji od 3 brzinoera i 3 žiroskopa. Podaci iz GPS risivera i IMU se prosleđuju kroz usavršeni Kalman filter algoritam koji obezbeđuje optimalnu kombinaciju rešenja za navigaciju u skladu sa šemom procesiranja. Slike su generisane sa jednom ili više digitalnih CCD kamera, koje nude širok spektar rezolucije u pixelima: od 1280x960 do 2048x2048 i više.

Prečišćavanje GPS podataka sa IMU podacima, obezbeđuje robusnije rešenje za pronosenje sa GPS skica. U skladu sa ovim, potpuni gubitak GPS signala, ili čak mala slabljenja signala, neće dovesti do prekida u pozicioniranju. DMI se takođe koristi od strane 3D tehnologija za slikanje u fixnim daljinama.

Pošto su slike visoke rezolucije moguće je zumirati specifične detalje na slikama. Sistem za prikupljanje podataka omogućava da se održi vizualni kvalitet likova kroz ugrađene kamere i kontrole slika, kao što su blenda kamere i nivo osvetljenja.

Arhitektura sistema

Osnov sistema je klijent server arhitektura zajedno sa višestrukim sensorima (kamerama, laserskim navođenjem, itd). Server aktivira sve kamere sa istim izvorom signala, obezbeđujući na taj način sinhronizovano prikupljanje slika.

GPS risiver je povezan sa serverom, koji služi za proračun GPS vremena neophodnih za aktiviranja digitalnih okvira i slanje ovih informacija svim priključenim korisnicima.

Sinhronizacija podataka

Sinhronizacija podataka je zasnovana na korišćenju (PPS) impulsa u sekundi koju generiše GPS jedinica. Ovo sinhronizuje aktivirane slike i laserski skenirane snimke od 0.1 milisekunde, do rezolucije od 10 mikrosekunde laserskog sata.

Elektronski interfejs se koristi radi slanja aktiviranih signala koji dolaze od servera prema svim instaliranim kamerama.

Ovo obezbeđuje kvalitet signala, smanjenje šuma i ispravne sinhronizacije kamere. Nakon toga se svakoj slici dodaje oznaka GPS pozicije.

Kalibracija kamere

Interna kalibracija parametara: Mehanika kamere obično ne proizvodi slike na osnovu kojih se mogu izvršiti precizna merenja. Zbog toga se mora izvršiti kalibracija kamere da bi se obezbedili interni parametri kamere. Tu spada žižna daljina, pozicija glavne tačke, veličina pixela i praznina, kao i radijalna tangencijalna distorzija sočiva. Kalibraciona kocka sa poznatim ciljem i lokacijama kamere se koristi za kalibraciju. Niz slika kocke je uzeto za svaku poznatu lokaciju kamere. Kada se prikupljanje slika završi, vrši se posmatranje slika da bi se odredile koordinate (x,y) svih vidljivih ciljeva. Na kraju se sva posmatranja i prikupljene informacije slažu u ulazni fajl podataka. Ovaj fajl se koristi od strane softvera same kamere u procesu samo-kalibracije koji je zasnovan na algoritmu "podešavanja snopa". Sledeći opšti model za posmatranje formira matematičke osnove za internu kalibraciju kamere[4].

Eksterna kalibracija parametara: Drugi korak u kalibraciji se usredsređuje na eksterne parametre, čiji rezultat se koristi za prečišćavanje instalacionih parametara vozila. Ovi parametri uključuju orijentaciju kamere, kao i udaljenja od pozicionog sistema (uobičajeno GPS antena, IMU) ili neke druge fiksne tačke kamere, poznate kao referentne tačke ili početak. Skup poznatih ciljnih tačaka je takođe potreban. Ciljne tačke su definisane uz pomoć opšte poznatih metoda istraživanja ili sa GPS risiverom dualne frekvencije sa naknadnom obradom. Posmatranja su urađena na slikama da bi se odredila kordinata slike (X,Y) svih vidljivih ciljeva.

Konačno, sva posmatranja i poznate informacije se skupljaju u ulazni fajl podataka, koji se obrađuje korišćenjem unutrašnjeg kalibracionog alata. Softver kao proizvod na izlazu nudi neophodne eksterne parametre kamere, koje omogućuju optimalno precizno merenje tačaka zemaljskih kordinata.

Analiza i uobličavanje podataka

Za analiziranje i interpretiranje podataka i slika prikupljenih od strane istraživačkog vozila koristi se Trident-3D analitički softver. Korisnički interfejs aplikacije ima mogućnost da se pozicionira na bilo koji vidljiv objekat sa slike i da meri objekte u tri dimenzije. U svrhu ovoga, komplet stereo fotogrametrijskih algoritama se koristi za lociranje objekata koji se pojavljuju kao srodni u dve slike. Očigledno, najveća prednost predloženog metoda je u tome što je samo jedna kamera potrebna za pozicioniranje objekta. Standard je da se za dobijanje stereoskopskog pogleda koriste dve kamere. Stereoskopska baza može se povećati ili smanjiti da bi se optimizovalo merenje uglova, tako što se modifikuje pomeraj između dve slike.

Na taj način je moguće izvesti merenja i pozicioniranje u tri dimenzije za objekte koji su i daleko i blizu od istraživačkog vozila, bez gubljenja preciznosti. Pored toga postoje brojne mogućnosti ovog softvera ko što su alati za uzimanje slika u jednakim intervalima, korišćenje glasovnih komentara, ODBC povezanosti i GIS sloja povezivanja podataka jednog sloja sa drugim slojem, što omogućava bolju enkapsulaciju podataka.

Ekstrakcija geometrije puta

Kao što je već rečeno, obrađeni podaci sa Trident softverom se mogu koristiti u raznim aplikacijama. Predloženo je da se laserski skenirani podaci u kombinaciji sa podacima dobijenih od istraživačkog vozila, mogu koristiti za ekstrakciju geometrije centralne linije puta u formi postavke elemenata crteža (prave linije, linije kružnih lukova...). Za ovu potrebu, prostorne podatke iz oba smera je neophodno sakupiti da bismo dobili lokaciju centralne linije. Algoritam usvojen za geometrijsko modeliranje putnih linija se oslanja na kombinovanom korišćenju dijagrama pravca i horizontalnog poravnanja, ili ravnog crtanja putne linije.

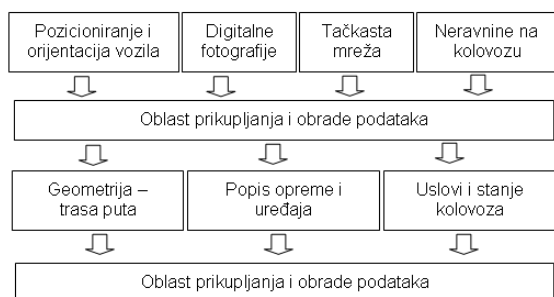
Osnovno korišćenje dijagrama pravca je utvrđivanje tipa i lokacije početnih i krajnjih tačaka susednih geometrijskih elemenata, gde se horizontalna mapa poravnanja koristi za izračunavanje vrednosti parametra crteža, kao što je radijus kruga. U ovu svrhu koristi se iterativno opadajući algoritam koji je zasnovan na uopštenoj metodi najmanjih kvadrata.

Funkcija automatske ekstrakcije

U prošlosti, većina istraživanja i razvoja u industriji mobilnog mapiranja je koncentrisano na tačnosti i pouzdanosti slike georeferenciranja. Pošto je tehnologija sve više rasprostranjena u njenoj primeni, a kako se industrija povećava, to se fokus menja ka efikasnosti i isplativost. Sistemi za mobilno mapiranje i prikupljanje podataka su projektovani sa mnogo mogućnosti tako da mogu da naprave analizu podataka i ekstrakciju jednostavnim i efikasnim procesom, međutim, manuelno – ručno vađenje neizbežno zahteva visok nivo učešća korisnika. Da bi se odgovorilo zahtevima tržišta za efikasnost i ekonomičnost sistema, pravac istraživanja je usmeren na rešenja koja koriste automatizovanu lasersku tehnologiju.

5. OSNOVNI ELEMENTI SISTEMA

Projekat mobilnog prikupljanja podataka uključuje skup podataka o putnoj mreži u željenom regionu ili opštini za koji se želi sprovesti snimanje terena i to u oba smera. Postoji mnogo faktora koje treba uzeti u obzir prilikom ovog posla. Pored ostalog tačnost „u centimetar“ zavisi od pozicioniranja vozila i 3D koordinata objekata koje se mere posredstvom georeferenciranih sekvenci fotografija.



Slika 1. Osnovni elementi sistema mobilnog prikupljanja podataka

Na slici 1. mogu se uočiti tri kategorije informacija neophodnih za kompletan prikaz imovine putne infrastrukture.

Trasa puta podrazumeva da se geometrijski izvuku linije puta na planu, horizontalno i vertikalno određene koordinatama za uobličavanje putanje (pravci, krivine, zavoji, nagibi, usponi). Oprema i uređaji obuhvataju skup infrastrukturne opreme i instalacija (znakova, putokaza, signalizacije, tehničkih sredstava), prenosnih mreža (telekomunikacija, distributivne mreže električne energije) kao i korišćenja zemljišta.

Uslovi i stanje kolovoza predstavljaju kvantitativnu i kvalitativnu procenu uslova i stanja kolovoza uzimajući u obzir glatkost kolovoza, udubljenja i pojave naprslina, udarnih rupa i tipova oštećenja.

6. APLIKACIJE ZA AUTOMATIZACIJU

Prepoznavanje i otkrivanja putnih znakova, automatizovano otkrivanje putnih znakova se postiže kroz korišćenje više prilagodljivih filtera u Trident 3D analitičkom softveru, koji izdvaja znakove iz njihovog okruženja.

Kada se ovo postigne, geografske koordinate se dodeljuju poziciji znaka, kao i visina i širina izmerenog. Laser takođe ima sposobnost da meri refleksiju, koja je izuzetno važna karakteristika vidljivosti znaka. Prepoznavanje putnih znakova se javlja kada sredstva koja su locirana, bilo ručno ili automatski, je uparen sa šablonom slike iz baze podataka. Ovo je polu-automatski proces koji koristi znak iz biblioteke, kao što je uputstvo o uniformnim saobraćajnim kontrolnim uređajima (MUTCD) iz SAD-a. Pošto je ova tehnologija polu-automatska, daje korisniku mogućnost da vrši kontrolu i osiguranje kvaliteta, a u isto vreme potrebno da se identifikuje znak je znatno smanjeno. Pilot projekat je sproveden u Kvebeku, Canada radi procene preciznosti, vremena, otkrivanja i stope tačnost automatizovanih tehnologija u odnosu na sredstva ručne ekstrakcije. Dionica na putu od 37.9 km je prvobitno korišćena, gde je otkriveno 416 znakova, geografski pozicionirano i izmerena visina i širina u samo 90 sekundi koristeći alat za automatizovano prepoznavanje putnih znakova. Od 416 znakova, podskup od 181 znakova je korišćen da se utvrdi preciznost stope otkrivanje vremena

potrebnog za neophodna merenja. Za verifikaciju znaka, pozicije znaka, merenja i dodeljivanja šifre znaka bilo je potrebno 45 minuta za podskup od 181 znakova. Geo-3D automatizovana tehnologija koristi samo delić vremena koje neautomatizovana tehnologija zahteva, dok i dalje održava visok nivo tačnosti i preciznosti.

7. ZAKLJUČAK

U daljem razmatranju su alati koji se istovremeno koriste prilikom prikupljanja podataka iz vazduha (nadzemnih), kao što su videogrametrija, laserski sistem i inercijalni sistem. Ova merenja se dopunjuju sa nizom istraživanja sa zemlje (kontrolne tačke, sedimentno uzorkovanje i Geotehnika). Osnovni cilj daljih razmatranja je istraživanje performansi (relativne i absolutne preciznosti) dve tehnologije (laserske i videogrametrije). Ovo istraživanje bi takođe je imalo za cilj razvoja nove klase spojenih podataka i integraciju aplikacija. Sistemi za mobilno mapiranje predstavljaju zanimljivu alternativu tradicionalnim metodama za prikupljanje, analizu i ekstrakciju podataka putnog inventara za različite aplikacije. Sistemi kao što su Trident-3D se sve više koriste u oblasti transporta, opštinskog i civilnog inženjstva, građevinarstva, komunalnih usluga, kao što su elektro distribucije i telekomunikacija, i za javne radove.

Osim toga, više odeljenja kroz jednu organizaciju imaju mogućnost da koriste isti georeferencirane slike za njihove specifične potrebe. Laseri i integracija automatizovanih tehnologija eksponencijalno smanjuje vreme i ekonomske resurse neophodnih za infrastrukturni inventar. Ova tehnologija predstavlja mogućnost korišćenja mobilnog mapiranja za prikupljanje podataka o elementima koji su prethodno samo prikupljeni korišćenjem tradicionalnih metoda, kao što je vertikalni gabarit. Prednosti kao što su ove pokazuju da mobilni mapiranje predstavlja put ka budućnosti za infrastrukturni inventar i infrastrukturno održavanje.

LITERATURA

- [1] C. Laflamme, J. Lorange, A. Silva and J. Dion, Inventory of Roadside Infrastructure Assets - New Approaches in 3-D Mobile Mapping and Videography, C. Laflamme, J. Lorange, A. Silva and J. Dion. GeoInformatiks, February 2004.
- [2] T. Kingston, V. Gikas, C. Laflamme, C. Larouche, An integrated mobile mapping system for data acquisition and automated asset extraction, GEO-3D Inc, 2006.
- [3] Laflamme, C., Kingston T., McCuaig, R., 2006. Automated Mobile Mapping for Asset Managers. XXIII International FIG Congress, Munich, 8-13 October.
- [4] Slama, C., Manual of Photogrammetry, 4th edition, American Society of Photogrammetry, Fall Church, Virginia, USA, 1980.