

## **ITS I NJIHOVA INTEGRACIJA U SLUŽBI BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA NA PUTEVIMA: IZAZOVI PRI PROJEKTOVANJU I INTEGRACIJI**

Rade Sekulić, Miroslav Gordanić, Dejan Kukulj, Milan Grujović  
KBV Datacom d.o.o,  
rade.sekulic@kbv.rs, miroslav.gordanic@kbv.rs,  
dejan.kukulj@kbv.rs, milan.grujovic@kbv.rs

**Rezime:** *Inteligentni transportni sistemi (ITS) značajno unapređuju bezbednost saobraćaja na putevima, time što omogućuju praćenje i upravljanje saobraćajem putem prikupljanja i analize podataka u realnom vremenu. ITS sistemi koriste različite tehnologije, kao što su brojači saobraćaja, AID kamere, VMS znaci, meteorološke stanice, sistem V2X, čime omogućavaju pravovremene intervencije i smanjenje rizika od nezgoda. Integracija ovih sistema zahteva detaljnu analizu i planiranje, posebno na projektima poput Moravskog koridora, koji je prvi "digitalni" autoput u Srbiji. Svi navedeni sistemi su povezani optičkom mrežom prstenaste strukture, koja obezbeđuje visok nivo pouzdanosti i sigurnosti. Upravljanje ITS sistemima odvija se kroz više nivoa – lokalni, regionalni i nacionalni – čime se postiže efikasna reakcija u slučaju incidenta ili prekida komunikacije.*

**Ključne reči:** *ITS integracija, bezbednost saobraćaja, upravljanje saobraćajem, AID kamere, V2X.*

### **1. Uvod**

Inteligentni transportni sistemi (ITS) su od ključnog značaja za unapređenje bezbednosti saobraćaja kroz integraciju tehnologije koja omogućava praćenje, upravljanje i optimizaciju saobraćajne mreže. ITS omogućava prikupljanje podataka u realnom vremenu iz vozila, saobraćajne infrastrukture i senzora u okruženju, čime se obezbeđuje proaktivno upravljanje saobraćajem i brzo reagovanje na incidente. Ovakav pristup zasnovan na podacima pomaže u smanjenju rizika od nezgoda rešavanjem problema kao što su gužve, upravljanje brzinom i vidljivosti u nepovoljnim vremenskim uslovima.

ITS sistemi podrazumevaju upotrebu opreme, kao što su semafori, znaci sa promenljivim sadržajem (VMS), brojači saobraćaja, kamere za detekciju incidenata i napredni sistemi za upozorenje, koji pružaju dragocene informacije i vozačima i operaterima. Ovi sistemi mogu upozoravati vozače na opasnosti, podržavati bezbednu vožnju i pomoći u kontroli toka saobraćaja, što sveukupno smanjuje broj nezgoda i

vreme reakcije hitnih službi. Pored toga, ITS igra ključnu ulogu u podršci strategijama bezbednosti saobraćaja na putevima kroz analizu podataka i prediktivno modelovanje, što je od suštinskog značaja za identifikaciju visokorizičnih područja i razvoj ciljanih mera bezbednosti saobraćaja.

Prema izveštaju Svetske banke [1] procenjeno je da u svetu svake godine 1,25 miliona ljudi izgubi život u saobraćaju, a 20 do 50 miliona ljudi pretrpi teške telesne povrede. Pored ličnog gubitka, ovo ima i velike ekonomske posledice. Procena je da ovi troškovi iznose od 1-3% bruto domaćeg proizvoda, a u zemljama u razvoju je ovaj procenat značajno veći. Bezbedna sredina ne podrazumeva samo da putevi budu građevinski dobro projektovani sa osnovnim saobraćajnim elementima, kao što su bezbedna trajektorija, dovoljan broj saobraćajnih traka, zaštitne ograde i adekvatna saobraćajna oprema, već oni takođe uključuju primenu inteligentnih saobraćajnih sistema koji prikupljaju podatke i aktivno utiču na saobraćaj kako bi se bezbednost saobraćaja podigla na viši nivo.

U radu se daje prvo pregled uobičajeno projektovanih ITS podsistema u tunelima kao posebnim funkcionalnim celinama i ITS podsistema na otvorenim deonicama autoputeva. Zatim se daje kratak opis operativnih planova, kao dokumenta koji definiše operativne scenarije i kojim se praktično reguliše rad ITS-a. Nakon toga se daje konkretan primer projektovanja ITS-a na otvorenoj deonici Moravskog koridora sa detaljima, opisani su svi izazovi koji su se javili pri projektovanju i integraciji predloženih sistema, a na kraju rada su dati zaključci i buduće smernice.

## **2. ITS sistemi u tunelima i na otvorenim deonicama autoputa**

Pri projektovanju ITS sistema postoje izvesne razlike u pristupu kod tunelskih deonica u odnosu na otvorene deonice autoputa. Tuneli su, s obzirom na specifičnost odvijanja saobraćaja, opremljeni sa sistemima i instalacijama koje su neophodne za visok nivo bezbednosti. Najveći broj predviđenih sistema i instalacija se tretiraju kao sistemi čija se funkcionalnost mora obezbediti, kako u normalnim okolnostima, tako i u svim vanrednim situacijama od kojih je pojava požara najvažnija.

U tunelima se projektuju sledeći ITS sistemi:

- Sistem SOS telefona i interfona,
- Sistem brojača saobraćaja,
- Sistem javnog razglasa,
- Digitalni video sistem sa AID (Automatic Incident Detection) funkcionalnošću,
- Sistem detekcije provale i kontrole pristupa,
- Sistem za prikupljanje meteoroloških podataka,
- Sistem kontrole kvaliteta vazduha i ventilacije,
- Sistem znakova sa promenljivim sadržajem (VMS),
- Mreža elektronskih komunikacija sa računarskom mrežom i telefonskim sistemom,
- Tunelski radio sistem.

Na otvorenim deonicama autoputa projektuju se sledeći ITS sistemi:

- Digitalni video sistem sa AID funkcionalnošću,
- Sistem brojača saobraćaja,

- Sistem detekcije provale i kontrole pristupa na ormanima na trasi i trafostanicama,
- Sistem za prikupljanje meteoroloških podataka,
- Mreža elektronskih komunikacija,
- Sistem za nadzor prekida na transportnoj telekomunikacionoj mreži,
- V2X sistem.

Koncept postavke ITS elemenata se razlikuje u tunelu i na otvorenoj deonici. U tunelima je oprema znatno gušće postavljena i upravljanje se vrši iz tunelskog operativnog centra (TOC), tako da je tunel sam za sebe funkcionalna celina, dok se oprema na otvorenoj deonici postavlja na većoj međusobnoj udaljenosti, a upravljanje se vrši preko lokalnih kontrolera koji kontrolišu grupe elemenata i centralno preko glavnog centra za nadzor.

### **3. Operativni planovi na otvorenim deonicama**

Operativni planovi u saobraćaju predstavljaju strateški dokument ili skup procedura koji definišu korake potrebne za efikasno upravljanje, organizaciju i kontrolu saobraćaja, kako bi se obezbedila bezbednost, efikasnost i održivost saobraćajnog sistema. Ovi planovi predstavljaju dokument kojim se jasno definišu procedure i preduslovi za pokretanje nekog od predefinisanih scenarija za upravljanje saobraćajem. Ovo upravljanje se ostvaruje zadavanjem komandi putem SCADA-e kojima se vrše izmene na promenljivoj saobraćajnoj signalizaciji (VMS u daljem tekstu). Scenarija za upravljanje saobraćajem su podeljena u tri grupe: redovan režim rada, incidentni režim rada i režim redovnog održavanja.

### **4. ITS sistemi na otvorenoj deonici: Primer Moravskog koridora**

Pri projektovanju ITS sistema vrlo je važno razmotriti sve moguće probleme pri integraciji pomenutih podsistema. U daljem opisu se daje konkretan primer, a to je autoput Moravski koridor koji je predstavljen kao prvi „digitalni“ autoput u R. Srbiji i koji je projektovan tako da se na njemu integrišu svi pomenuti podsistemi. Osnove za projektovanje su bili projektni zadatak investitora, Koncept razvoja inteligentnih transportnih sistema na mreži državnih puteva Republike Srbije [2], Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji [3], kao i sva relevantna zakonska regulativa, propisi i domaći i međunarodni standardi.

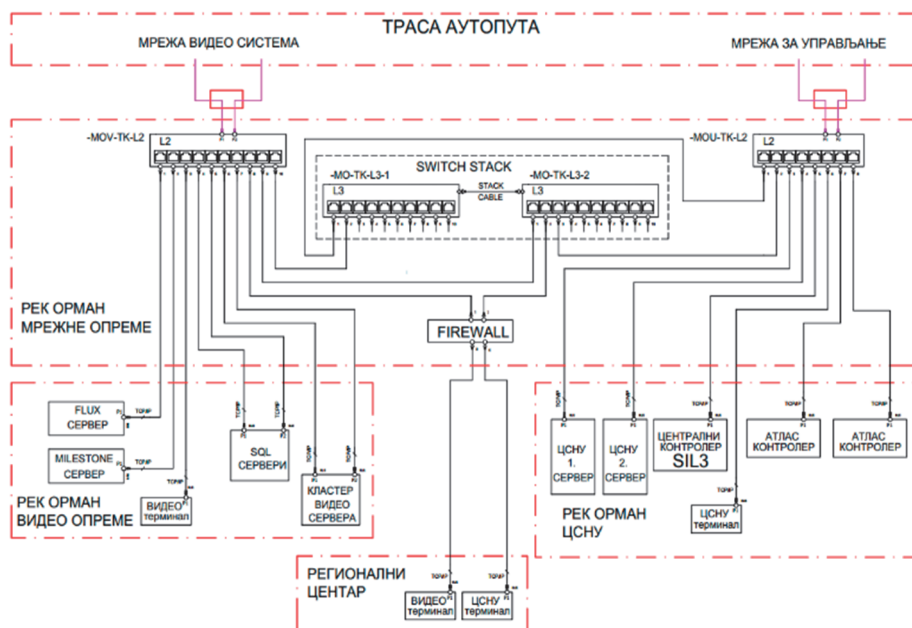
Okosnicu mreže čini telekomunikacioni optički kabl kapaciteta 144 optičkih vlakana. Glavno telekomunikaciono čvorište je objekat kontejnerskog tipa postavljen na petlji Čičevac. Pri projektovanju se ovde pojavilo i pitanje kako konfigurisati mrežu tako da se u budućem periodu čvorište može izmestiti sa ove privremene lokacije na neku buduću stalnu lokaciju. Ovo je rešeno adekvatnim planiranjem kapaciteta u glavnom optičkom kablju.

Od telekomunikacionog čvorišta do razvodnih ormana automatike/ormana telekomunikacija (mesta lokalnih koncentracija) na otvorenoj deonici, postavljen je navedeni optički kabl kapaciteta 144 optičkih vlakana 9/125 $\mu$ m. Na mestima razvodnih ormana automatike planirana je izrada nastavka i izrada privoda optičkim kablom kapaciteta 48 optičkih vlakana.

Komunikaciona mreža u fizičkom smislu je planirana u vidu optičkog prstena na nivou vlakana. Na deonicama autoputa uspostavljena su dva prstena mreže upravljanja, dva prstena video mreže i dva prstena za V2X. Tako je povećana raspoloživost mreže u slučaju nestanka napajanja ormana automatike ili otkaza aktivne telekomunikacione opreme u mreži.

Komunikaciona mreža se u topološkom smislu sastoji od tri mreže: mreže koja je namenjena za rad video nadzora, mreže koja integriše sisteme upravljanja i mreže za V2X tehnologiju. Na lokalnim mestima koncentracije planiran je jedan ethernet switch uređaj industrijskog tipa za upravljanje, a na mestima gde postoji i video nadzor planiran je još jedan ethernet switch, uređaj industrijskog tipa za mrežu video nadzora. Na mestima na trasi sa V2X opremom planiran je namenski switch za V2X tehnologiju. Komunikacija svih elemenata je bazirana na TCP/IP prenosu. Projektom je planiran propusni opseg od 1Gb/s. Fizičkim razdvajanjem mreža za upravljanje i video nadzora rasterećuje se mreža upravljanja i ostvaruje pouzdaniji prenos.

Pored toga, u cilju poboljšanja bezbednosti, projektom je planiran i izveden sistem na nadzor optike, koji detektuje bilo koji prekid na bilo kojem od optičkih vlakana.

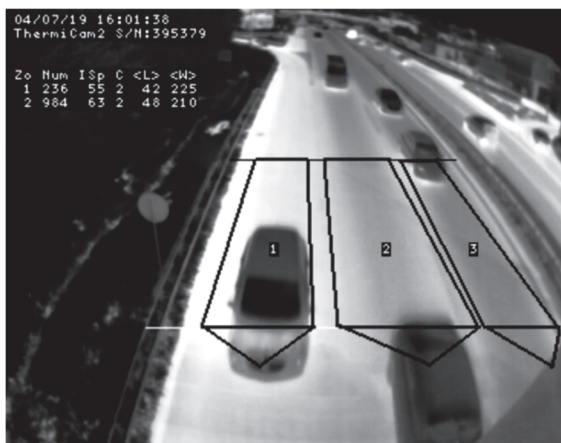


Slika 1. Opšta šema povezivanja aktivne opreme

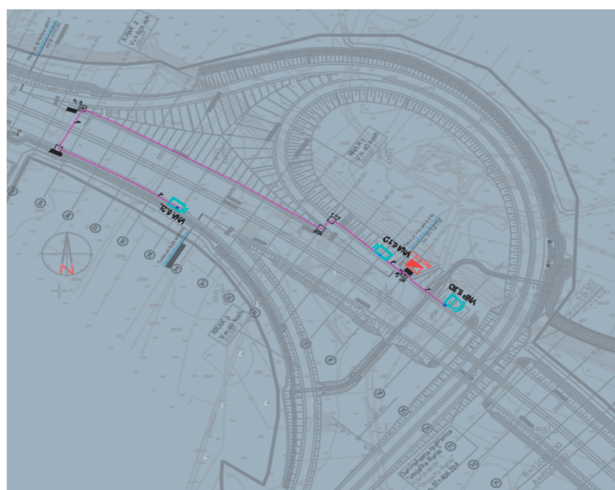
Predviđena je instalacija digitalnog video sistema opšte i posebne namene. Video sistemom opšte namene pokriveni su objekti saobraćajnih petlji, naplate putarine, transformatorskih stanica, odmarališta i sl., a video sistemima posebne namene planirano je automatsko otkrivanje incidenata (AID) na otvorenoj deonici i ANPR kamere (Automatic Number Plate Recognition) koje prepoznaju i ADR oznake na vozilima za transport opasnih materija.

Planirane su AID kamere sa dualnim (optički plus termalni) senzorom koji ima sledeće funkcionalnosti:

- Detekcija zaustavljenog vozila u nekoj od traka na deonici,
- Detekcija jednog ili više pešaka na otvorenoj deonici,
- Detekcija stranog objekta bilo koje vrste koji je nepomičan na otvorenoj deonici,
- Detekcija kretanja vozila u suprotnom smeru na deonici,
- Detekcija blokade jedne ili više traka nezavisno od oblika (prevmuto vozilo, životinja, kutija-kontejner, prikolica...)
- Video signal dostupan za pregled u realnom vremenu,
- Video signal u elektromagnetnom IC spektru dostupan za pregled u realnom vremenu.



Slika 2. Prikaz slike sa AID kamera sa dualnim (optički plus termalni) senzorom



Slika 3. Pozicioniranje AID kamera u cilju detekcije vožnje u suprotnom smeru

Pri odabiru pozicija i optičkih elemenata za AID kamere poseban fokus je stavljen na detekciju vožnje u suprotnom smeru. Kamere su pozicionirane na lokacijama ulazno/izlaznih rampi na glavnom putnom pravcu kako bi se ovaj tip incidenta identifikovao na samom početku. Na slici 3. je ilustrovano pozicioniranje kamere u cilju detekcije vožnje u suprotnom smeru.

Na predmetnom koridoru su planirane i meteorološke stanice na mostovima i nadvožnjacima. Meteorološke stanice su postavljane tako da pored standardnih parametara svaka stanica prati stanje kolovoza na nasipu neposredno pre mosta, kao i na samom mostu. Ovo je rešeno adekvatnim postavljanjem samih stanica kao i kolovoznih sonidi.

Duž celog koridora kontrolom pristupa su štice svi ormani telekomunikacija/automatike, centralno čvorište kao i transformatorske stanice u službi autoputa.

Moravski koridor je jedan od prvih autoputeva u regionu u kojem je omogućena infrastruktura i postavljena oprema za V2X tehnologiju. Regulatorno telo za elektronske komunikacije i poštanske usluge, RATEL, je opredelilo poseban frekvencijski opseg za V2X tehnologiju. Prema Planu namene radio-frekvencijskih opsega [4] i Pravilniku o korišćenju frekvencija po režimu opšteg ovlašćenja [5], radio frekvencijski opsezi 5855-5875 MHz i 5875-5925 MHz se koriste za ITS sisteme.

Duž koridora su postavljene radio V2X antene koje su povezane na okosnicu telekomunikacione mreže čime su omogućuje upotreba V2X tehnologije.

#### **4. Izazovi pri projektovanju i integraciji**

U fazi projektovanja ITS-a od izuzetne važnosti je da se izbegnu svi mogući problemi koji bi eventualno nastali pri izvođenju i kasnijoj eksploataciji ITS sistema. U konkretnom primeru autoputa Moravski koridor, jedan od izazova je bilo privremeno mesto glavnog telekomunikacionog čvorišta i način povezivanja lokalnih koncentracija na glavno čvorište tako da se što jednostavnije glavno TK čvorište sa privremene lokacije može izmestiti na stalnu lokaciju. O ovome se posebno moralo voditi računa pri projektovanju, tako da su adekvatnim planom namene vlakana u glavnom optičkom kablju i odabirom odgovarajućih SFP primopredajnih modula u transportnom sistemu, mreža učinila fleksibilnom za kasnije potencijalno izmeštanje centralne lokacije. Pri planiranju transportne mreže uzeta je u obzir cela deonica dužine od približno 100km, a ostavljena je i odgovarajuća rezerva u kapacitetu optičkog kabla.

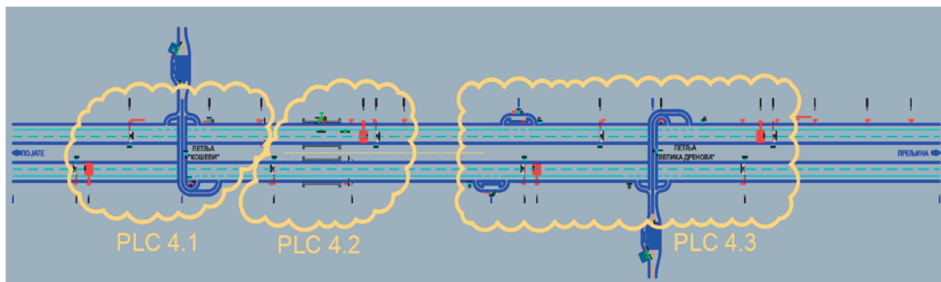
Sledeći izazov je bio kako štititi transportnu mrežu i lokalne uređaje od neovlašćenog pristupa i fizičkih prekida nastalih usled vremenskih neprilika ili delovanja trećih lica. U tom cilju planiran je sistem za nadzor nad optičkim vlaknima koji nadzire status svakog vlakna u glavnom optičkom kablju i alarmira u slučaju prekida. Uređaj za nadzor je postavljen u rek ormanu na mestu glavnog TK čvorišta. Pored toga, u TK čvorištu, na svim ormanima na trasi i transformatorskim stanicama postavljeni su magnetni kontakti kontrole pristupa koji registruju bilo kakvu manipulaciju sa vratima. Kao dodatna mera uveden je video nadzor opšte namene za nadzor transformatorskih stanica duž trase i glavnog TK čvorišta.

Pri planiranju digitalnog video sistema i analizi mesta za AID kamere, na otvorenoj deonici nije bilo moguće pokriti ceo autoput kamerama za automatsku detekciju incidenata kao što je to slučaj sa tunelima, jer bi takva postavka zahtevala

značajna finansijska sredstva. Odlučeno je da se kamere postave na mestima uliva/izliva na autoput i mestima sa povećanom mogućnošću incidenata. Posebno je bilo značajno pratiti i alarmirati u slučaju vožnje u suprotnom smeru na autoputu koja prema izveštaju NTSB [6] izaziva nezgode sa najozbiljnijim posledicama. Za lokacije su odabrana mesta neposredno pre izlazne rampe, gde se vozila često zaustavljaju, vraćaju unazad, ili vrše polukružno okretanje. Kamera na ovoj tački prati pun profil autoputa, tj. može detektovati vozila kako na isključnoj rampi, tako i na voznoj i preticajnoj traci u isto vreme.

Osnovni izazov izrade operativnih planova je definisanje zone uticaja, odnosno definisanje na kojim VMS-ovima treba prikazati odgovarajuće znakove i poruke, u odnosu na moguću pojavu i detekciju alarmnih signala sa putnih senzora (kamere, brojači saobraćaja, meteorološke stanice, itd).

Jedan od izazova u planiranju i izvođenju je bilo uvođenje nivoa upravljanja na samoj otvorenoj deonici. Deonice autoputa su podeljene u grupe poddeonica (slika 4), gde svaka grupa ima svoj lokalni kontroler. U slučaju prekida veze sa centrom ili u bilo kom drugom slučaju, svi uređaji povezani na lokalni kontroler mogu raditi nezavisno od operativnog centra. Drugi nivo upravljanja je upravljanje iz glavnog čvorišta (operativnog centra). Treći nivo bi bilo upravljanje iz regionalnog centra za upravljanje, a četvrti nivo iz Nacionalnog centra za upravljanje.



Slika 4. Grupisanje ITS elemenata u grupe sa lokalnim upravljanjem

## 5. Zaključak

Integracija inteligentnih transportnih sistema (ITS) na državnim putevima, a posebno na kompleksnim objektima kao što su tuneli i otvorene deonice autoputeva, predstavlja ključan korak ka unapređenju bezbednosti i efikasnosti saobraćaja. Kroz uvođenje sistema za nadzor, automatsku detekciju incidenata, kontrolu pristupa, meteorološko praćenje i V2X tehnologiju, ITS omogućava proaktivno upravljanje saobraćajem, brzu reakciju u slučaju nezgoda i pravovremeno informisanje vozača. Implementacija ovih tehnologija, kao što je slučaj sa Moravskim koridorom, podiže nivo bezbednosti i pouzdanosti transportnog sistema. Ovakvi sistemi zahtevaju pažljivo planiranje i koordinaciju na više nivoa upravljanja, uključujući lokalne i nacionalne centre, čime se osigurava nesmetano funkcionisanje i autonomija sistema u slučaju prekida veze. Kroz kontinuirani razvoj i integraciju ITS rešenja, nacionalna saobraćajna infrastruktura postaje otpornija i bezbednija, što ima direktne pozitivne efekte na smanjenje broja nezgoda i ekonomskih gubitaka prouzrokovanih saobraćajnim incidentima. Upravo na predstavljenom primeru Moravskog koridora, dati su praktični

primeri izazova pri projektovanju i izvođenju koji mogu pomoći u budućim integracijama ITS na mrežu autoputeva.

Budući radovi treba da budu usmereni na dodatno usavršavanje i integraciju sistema, kako bi se omogućila lakša koordinacija među različitim nivoima upravljanja. Takođe, istraživanja bi trebalo da obuhvate mogućnosti unapređenja tehnologije, sveobuhvatnu analizu postojećih i prikupljenih podataka iz saobraćaja, kao i razrade operativnih planova u cilju unapređenja bezbednosti saobraćaja.

## Literatura

- [1] Dutta,Sheila; Bose,Dipan; Marquez,Patricio V..The high toll of traffic injuries: unacceptable and preventable (English). Washington, D.C. : World Bank Group.
- [2] „Koncept razvoja inteligentnih transportnih sistema na mreži državnih puteva Republike Srbije“, JP “Putevi Srbije, Beograd 2020.,
- [3] „Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji“, JP „Putevi Srbije“, Beograd 2020.
- [4] Plan namene radio-frekvencijskih opsega („Službeni glasnik RS“, broj 89/20)
- [5] Pravilniku o korišćenju frekvencija po režimu opšteg ovlašćenja („Službeni glasnik RS“, broj 28/13)
- [6] National Transportation Safety Board. 2012. Wrong-Way Driving. Highway Special Investigation Report NTSB/SIR-12/01. Washington, DC

**Abstract:** *Intelligent Transport Systems (ITS) significantly enhance road safety by enabling traffic monitoring and management through real-time data collection and analysis. ITS utilizes various technologies, such as traffic counters, AID cameras, VMS signs, weather stations, and V2X equipment, allowing for timely interventions and reduced accident risk. Integrating these systems requires detailed planning, especially for projects like the Moravian Corridor, Serbia's first "digital" highway. All listed systems are interconnected via an optical ring network, providing high reliability and security. ITS management operates across multiple levels—local, regional, and national—enabling efficient responses to incidents or communication disruptions.*

**Keywords:** *ITS integration, traffic safety, traffic management, AID cameras, V2X*

## ITS AND THEIR INTEGRATION IN SERVICE OF TRAFFIC SAFETY ON ROADS: CHALLENGES IN DESIGN AND INTEGRATION

Rade Sekulić, Miroslav Gordanić, Dejan Kukulj, Milan Grujović