

## Trendovi u razvoju i integraciji ITS sistema

Gordana Radivojević<sup>a,b\*</sup>, Gorana Šormaz<sup>b</sup>, Bratislav Lazić<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Saobraćajni Fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija

<sup>b</sup> Institut Mihajlo Pupin, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija

### PODACI O RADU

DOI: 10.31075/PIS.66.03.05

Stručni rad

Primljen: 04.06.2020

Prihvaćen: 22.09.2020

Koresponding autor:

g.radivojevic@sf.bg.ac.rs

*Ključne reči:*

Inteligentni transportni sistemi

Internet of Things

Big Data analitika

Inteligentne transportne usluge

### REZIME

ITS aplikacije se koriste u različitim segmentima saobraćaja i transporta i omogućavaju automatizaciju procesa, prikupljanje i obradu velikog skupa podataka, nadzor i upravljanje u realnom vremenu, pružanje usluga korisnicima i dr. Osnovni ciljevi za uvođenje ITS-a su poboljšanje funkcionisanja saobraćajno-transportnog sistema i kvaliteta usluge koja se pruža korisnicima. Razvoj ICT je omogućio primenu velikog broja pametnih uređaja koji mogu da generišu različite karakteristike fizičkih objekata i razmenjuju podatke sa drugim uređajima i sistemima. Ovo je dovelo do IoT koncepta u kome je moguće inteligentno upravljanje fizičkim objektima, na osnovu obrade i analize velikih količina podataka. Cilj ovoga rada je prikaz najnovijih trendova u razvoju ITS sistema u kontekstu novih tehnologija, društvenih promena i zahteva korisnika. U radu su opisani ITS, IoT i Big Data analitika koji omogućavaju pružanje inteligentnih transportnih usluga korisnicima.

## 1. Uvod

Razvoj i primena Inteligentnih transportnih sistema (engl. Intelligent Transportation Systems – ITS) su velikoj ekspanziji u celom svetu. ITS aplikacije se koriste u različitim segmentima saobraćaja i transporta i omogućavaju automatizaciju procesa, prikupljanje i obradu velikog skupa podataka, nadzor i upravljanje u realnom vremenu, pružanje usluga korisnicima i dr. Osnovni ciljevi za uvođenje ITS-a su poboljšanje funkcionisanja saobraćajno-transportnog sistema i kvaliteta usluge koja se pruža korisnicima. Razvoj informacionih i komunikacionih tehnologija (engl. Information and Communications Technology – ICT) je omogućio primenu velikog broja pametnih uređaja koji mogu da generišu različite karakteristike fizičkih objekata i razmenjuju podatke sa drugim uređajima i sistemima. Ovo je dovelo do IoT (engl. Internet of Things – IoT) koncepta u kome je moguće inteligentno upravljanje fizičkim objektima, na osnovu obrade velikih količina podataka koji se od njih prikupljaju.

Cilj ovoga rada je prikaz najnovijih trendova u razvoju ITS sistema u kontekstu novih tehnologija, društvenih promena i zahteva korisnika. Rad obuhvata pet celina. U prvom delu su opisani ITS sistemi i savremeni trendovi u primeni. Drugi deo obuhvata prikaz IoT koncepta i njegovu primenu sa ITS. Treći deo rada se odnosi na značaj i primenu Big Data u ITS, a četvrti deo obuhvata opis i pregled inteligentnih transportnih usluga. U petom delu su data zaključna razmatranja.

## 2. Inteligentni transportni sistemi

Inteligentni transportni sistemi obuhvataju primenu ICT u različitim segmentima saobraćaja i transporta. ITS omogućavaju prikupljanje, čuvanje, organizaciju, analiziranje i distribuciju informacija o transportnim sistemima. U savremenim uslovima ove mogućnosti su od ključnog značaja za efikasno funkcionisanje i upravljanje saobraćajem.

Razvoj ICT je doveo do pojave velikog skupa inteligentne opreme koja obezbeđuje evidentiranje, prikupljanje i čuvanje različitih podataka o funkcionisanju saobraćaja. Inteligentna oprema obuhvata različite uređaje koji su deo saobraćajne infrastrukture i sistema koji se koriste za upravljanje i regulisanje saobraćaja, nadzor i upravljanje infrastrukturnim objektima, praćenje karakteristika okruženja, itd. Sa druge strane, ICT obezbeđuju primenu novih tehnologija pri projektovanju i proizvodnji vozila u cilju poboljšanja bezbednosti i dodatne podrške vozačima u toku vožnje. Savremeni pravci razvoja ITS-a se odnose na povezivanje svih elemenata inteligentne opreme i bežičnu komunikaciju između infrastrukture i vozila u cilju poboljšanja bezbednosti.

Danas je u svetu ekspanzija ITS-a, koji obuhvataju veliki skup pojedinačnih ITS aplikacija namenjenih rešavanju različitih problema u saobraćaju i transportu. Prema međunarodnoj standardizaciji (ISO 14813-1, 2015) ITS obuhvata 11 oblasti:

1. Informisanje putnika,
2. Upravljanje saobraćajem,
3. Usluge vozilima,
4. Transport robe,
5. Javni prevoz,
6. Hitne službe,
7. Elektronska plaćanja,
8. Lična bezbednost u drumskom saobraćaju,
9. Nadzor vremenskih uslova i okoline,
10. Upravljanje odzivom na velike nezgode i koordinacija i
11. Nacionalna bezbednost.

ITS aplikacije omogućavaju informisanje putnika i učesnika u saobraćaju, upravljanje saobraćajem na različitim nivoima, upravljanje zahtevima za prevozom, upravljanje izgradnjom, održavanjem i eksploatacijom puteva, pomoć vozačima i vozilima u vožnji, elektronska plaćanja, upravljanje komercijalnim vozilima, praćenje robnih tokova, pravovremeno reagovanje u vanrednim okolnostima, i dr. U početku su se razvijale pojedinačne aplikacije za primenu u određenim segmentima ili za rešavanje određenih saobraćajnih problema. Sa napretkom ICT tehnologija, skup aplikacija se širio i danas ITS obuhvata različite aplikacije koje se integrišu u jedinstvene inteligentne sisteme za upravljanje saobraćajem na nacionalnom nivou (Radivojević, 2016).

Savremeni trendovi u razvoju i implementaciji ITS aplikacija i sistema su posledica novih tehnologija identifikacije i komunikacije, savremenih zahteva korisnika i promena u poslovnom i socijalnom okruženju. Moderni trendovi u ITS-u obuhvataju (Krueger, 2015):

- Povećanje potražnje za ITS aplikacijama,
- Razvoj i primena novih ICT,
- Integracija ITS usluga različitih provajdera u realnom vremenu,
- Sve veći značaj saradnje između privatnih učesnika i javnih službi,
- Veća potražnja za intermodalnim uslugama i složeniji zahtevi za upravljanje saobraćajem,
- Povećanje usluga od vrata do vrata (engl. Door2Door),
- Korišćenje personalnih uređaja i društvenih mreža za prikupljanje podataka i distribuciju informacija,
- Potreba za obradom velikih količina podataka i dobijanje novih informacija i znanja – podaci su gorivo 21. veka,
- Dostupnost podataka i informacija o svim objektima u realnom vremenu (IoT, Big Data, Data Analytics, Cloud Computing),
- Primena novih IT koje omogućavaju obradu heterogenih podataka u realnom vremenu,
- Razvoj novih usluga u skladu sa trendovima okruženja (urbanizacija, prostorna disperzija, promena demografske strukture),

- Potreba za personalizacijom ITS usluga u skladu sa konkretnim potrebama pojedinačnih korisnika,
- Mobilnost kao usluga (mladi više žele da koriste prevozna sredstva nego da ih poseduju), itd.

Najnovije tehnologije, moderni uređaji, upravljački sistemi i zahtevi okruženja su doveli do novih uslova u kojima funkcionišu saobraćaj i transport. ITS treba omogućiti efikasnu i bezbednu realizaciju saobraćaja i odgovori zahtevima i potrebama svih korisnika. Razvoj ITS sistema se može posmatrati sa tri aspekta:

- Primena inteligentne opreme,
- Obrada velikih količina podataka i
- Pružanje inteligentnih transportnih usluga.

Primena inteligentne opreme u saobraćaju omogućava informaciono povezivanje saobraćajne infrastrukture, upravljačkih sistema i svih korisnika u cilju nadzora, upravljanja i planiranja procesima u realnom vremenu. Ovime se stvaraju uslovi da saobraćaj i transport postanu deo IoT koncepta (engl. Internet of Things). Prikupljanje podataka od inteligentne opreme u realnom vremenu dovodi do velikih količina podataka na različitim upravljačkim nivoima koji zahtevaju primenu savremenih metoda obrade i analize – primenu Big Data analitike. Obradom i analizom podataka o svim saobraćajnim procesima dolazi se do novih informacija i znanja koji se kao inteligentne transportne usluge mogu pružiti korisnicima.

### 3. IoT i ITS

Internet stvari (engl. Internet of Things – IoT) je moderan koncept informacionog povezivanja različitih stvari – objekata iz realnog sveta. IoT se zasniva na najsavremenijim ICT koje omogućavaju obeležavanje, identifikaciju, komunikaciju i inteligentno upravljanje stvarima. Objekti iz realnog sveta su opremljeni IoT uređajima koji omogućavaju njihovu identifikaciju, lociranje, generisanje i primanje informacija. U ovom konceptu objekti iz realnog sveta postaju pametni objekti koji imaju mogućnost identifikacije, komunikacije i interakcije (Radivojević i dr., 2017).

IoT se može posmatrati na tri nova (Miorandi i dr., 2012):

- Na novu pojedinačne komponente IoT je skup pametnih objekata povezanih na Internet mrežu koji imaju fizičko značenje, jedinstveni identifikator, adresu, karakteristike i minimalan skup komunikacionih funkcionalnosti.
- Na sistemskom nivou IoT je dinamičan i distribuiran umrežen sistem, sastavljen od veoma velikog broja pametnih objekata koji su generatori i korisnici informacija.
- Na novou usluga IoT je skup funkcionalnosti koje se ostvaruju prikupljanjem i obradom podataka od pametnih objekata i kao usluga pružaju korisnicima u različitim oblastima.

IoT arhitektura obuhvata sve elemente, međusobne veze, tehnologije, aplikacije i usluge u IoT konceptu. U literaturi postoje predloženi različiti višeslojni modeli arhitektura koji obuhvataju: pametne objekte, identifikaciju, prikupljanje podataka, komunikacione mreže, upravljanje podacima, aplikacije i usluge. Jedan primer IoT arhitekture obuhvata četiri nivoa (Radivojević i dr., 2017):

- Nivo percepcije,
- Mrežni nivo,
- Srednji nivo i
- Nivo aplikacija.

Nivo percepcije obuhvata fizičke objekte opremljene uređajima koji omogućavaju identifikaciju, računarske obrade, slanje i primanje komunikacionih poruka. Uređaji koji objekte čine pametnim mogu biti RFID tagovi i čitači, čitači kartica, pametni senzori, aktuatori,

kamere, detektori, GPS uređaji, i dr. (slika 1). Mrežni nivo omogućava prenos podataka i informacija između pametnih objekata i sistema koji se bave njihovom obradom. Podaci prikupljeni od pametnih objekata se prenose do habova i dalje u oblak (engl. Cloud) gde se čuvaju, obrađuju, analiziraju, prosleđuju drugim sistemima ili vraćaju uređajima. Srednji nivo sadrži softverske sisteme koji obrađuju podatke i informacije i formiraju usluge za korisnike u različitim oblastima. S obzirom da se radi o velikim količinama heterogenih podataka iz različitih izvora, za čuvanje i obradu podata se koriste savremene hardverske i softverske tehnologije koje pripadaju oblasti Big Data. Nivo aplikacija obuhvata skup svih usluga koje se pružaju korisnicima iz različitih oblasti. IoT usluge su rezultat obrade podataka prikupljenih od fizičkih objekata i omogućavaju pravovremeno i kvalitetno odlučivanje u skladu sa trenutnim stanjem objekata, sistema i okruženja.



**Slika 1.** Nivo percepcije IoT koncepta

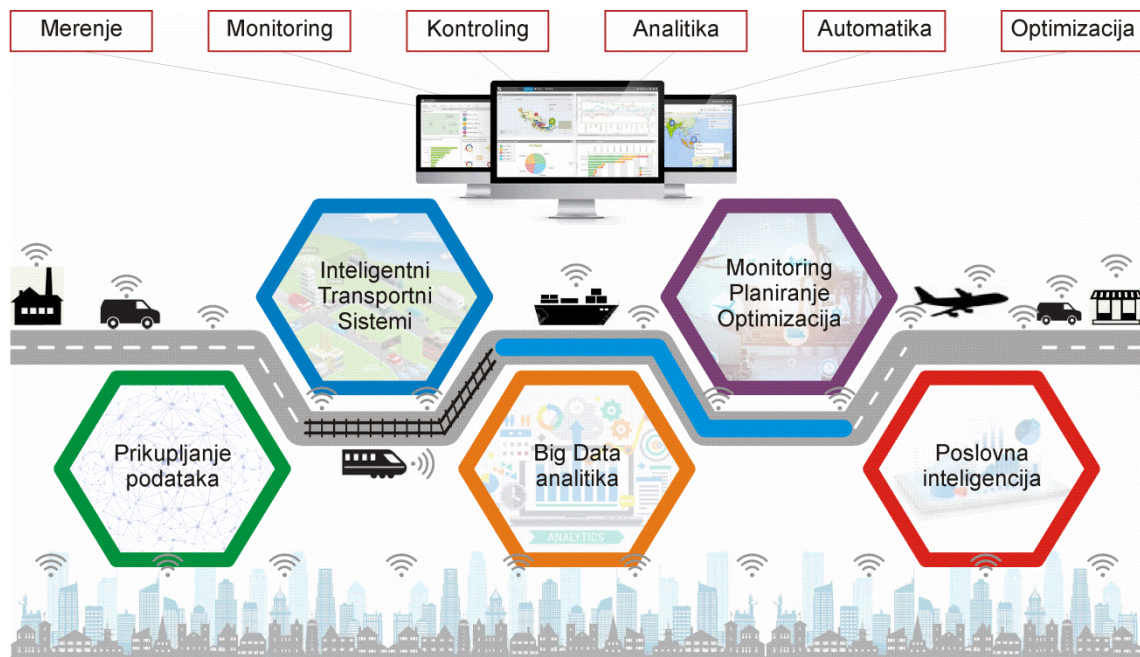
Puna realizacija IoT će omogućiti formiranje virtuelnog modela realnosti, gde će poslovni sistemi biti u mogućnosti da u realnom vremenu upravljaju procesima i aktivnostima na osnovu pravovremnih informacija o trenutnom stanju svojih objekata. Sa aspekta korisnika, IoT će obezbediti veliki broj novih usluga koje će moći da odgovore na sve zahteve i potrebe u različitim oblastima. Korisnik će dobiti uslugu koja odgovara njegovom stanju, fizičkom okruženju i trenutnim uslovima.

Oblast saobraćaja i transporta je jedan od značajnijih segmenta primene IoT koncepta. Mogućnosti i efekti IoT koncepta u ITS su višestruki jer se upravljačke odluke donose na osnovu stanja na transportnoj mreži, kapaciteta transportne mreže i saobraćajne infrastrukture, karakteristika prevoznih i transportnih sredstava, zahteva i potreba neposrednih korisnika, i upravljačkih strategija.

Ciljevi ITS sistema obuhvataju poboljšanje efektivnosti, efikasnosti i bezbednosti procesa i zadovoljstva svih korisnika. ITS aplikacije se zasnivaju na evidentiranju karakteristika saobraćajno-transportnih resursa i zahteva tržišta, i obezbeđuju monitoring i upravljanje u skoro realnom vremenu. IoT koncept obezbeđuje jedinstvenu identifikaciju i praćenje karakteristika

različitih mobilnih i stabilnih objekata koji su opremljeni IoT uređajima. Osnovne karakteristike ovih uređaja su: autonomija rada, bežična razmena podataka, praćenje fizičkih karakteristika, mogućnost prijema signala od drugih uređaja (objekata).

Integracija IoT i ITS stvara novu dimenziju upravljanja jer omogućava praćenje karakteristika svih objekata i inteligentno upravljanje u realnom vremenu. Nivo percepcije IoT koncepta obezbeđuje prikupljanje podataka sa inteligentne opreme. Mrežni nivo prikuplja podatke od svih IoT uređaja i omogućava inteligentnu integraciju transportnog i komunikacionog nivoa ITS-a. Na srednjem nivou IoT koncepta se rade obrade svih podataka za inteligentno upravljanje saobraćajem. Rezultat obrade podataka je i formiranje informacionih usluga – paketa usluga ITS sistema. Ilustracija integracije IoT i ITS-a je prikazana na slici 2. Primena IoT koncepta se odnosi na sve vidove saobraćaja, zahteve za prevozom, transportna sredstva i saobraćajnu infrastrukturu. Koncept IoT povezuje tehnologije identifikacije, ugrađenu inteligenciju, napredne analize velikih količina podataka, softverske aplikacije i sisteme odlučivanja na različitim upravljačkim nivoima.



Slika 2. Integracija IoT i ITS

Potpuni razvoj IoT koncepta omogućice postojanje virtuelnog modela fizičkog sveta u kome ce svi učesnici imati dostupne podatke i informacije u realnom vremenu. Sa primenom IoT, ITS aplikacije ce ostvariti maksimalne efekte jer ce koristiti kvalitetne podatke i informacije o trenutnom stanju objekata na transportnoj mreži. Najveći efekti integracije IoT i ITS-a su (Radivojević i dr., 2017):

- Monitoring realizacije svih transportnih i saobraćajnih procesa u realnom vremenu,
- Merenje performansi resursa i planiranje u skladu sa trenutnim stanjem,
- Kontroling aktivnosti i procesa, reagovanje u uslovima odstupanja i poremećaja, i primena korektivnih akcija,
- Analitika svih podataka i informacija kako bi se analiziralo postojeće stanje i identifikovale mogućnosti za nova poslovna unapređenja,
- Automatizacija svih procesa eliminisanjem manuelnog rada uz poboljšanje kvaliteta i smanjenje troškova, i
- Optimizacija svih resursa, njihova koordinacija i integracija.

#### 4. Big Data i ITS

Primena ITS aplikacija omogućava poslovnim sistemima automatsko generisanje i čuvanje podataka o svim poslovnim transakcijama. Poslednjih decenija u svetu je prepoznata potreba za istraživanjem ovih podataka kako bi se u poslovnom sistemu stvorile nove informacije i znanja koji ce se koristiti kao osnova za donošenje kvalitetnijih odluka i za formiranje novih informacionih servisa zainteresovanim korisnicima. U ITS sistemima se automatski generišu i čuvaju podaci

o saobraćajnim i transportnim tokovima, prevoznim i transportnim resursima, transakcijama u različitim segmentima rada, karakteristikama okruženja, zahtevima tržišta i dr.

Podaci koje prikupljaju ITS sistemi postaju sve složeniji i imaju karakteristike velikih podataka (engl. Big Data). Osnovne karakteristike Big Data su obim, raznolikost i brzina (engl. Volume, Variety, Velocity – 3Vs) (Zhu i dr., 2019). Obim podataka odnosi na količinu podataka koji se generišu u različitim izvorima: infrastrukturna oprema (senzori, detektori, kamere), prevozna i transportna sredstva, sistemi za upravljanje voznim parkovima, sistemi koji generišu zahteve za prevozom/transportom, naplatni sistemi, monitoring životne sredine i meteorologije itd. Raznolikost podataka podrazumeva različite, heterogene podatke koje generišu elementi infrastrukturne opreme, pojedinačna vozila, socijalne mreže, poslovni sistemi i sl. Brzina prenosa podataka je povećana primenom savremenih komunikacionih tehnologija, tako da je u upravljačkim centrima u (skoro)realnom vremenu moguće imati kompletan uvid u stanje saobraćajno-transportnih procesa.

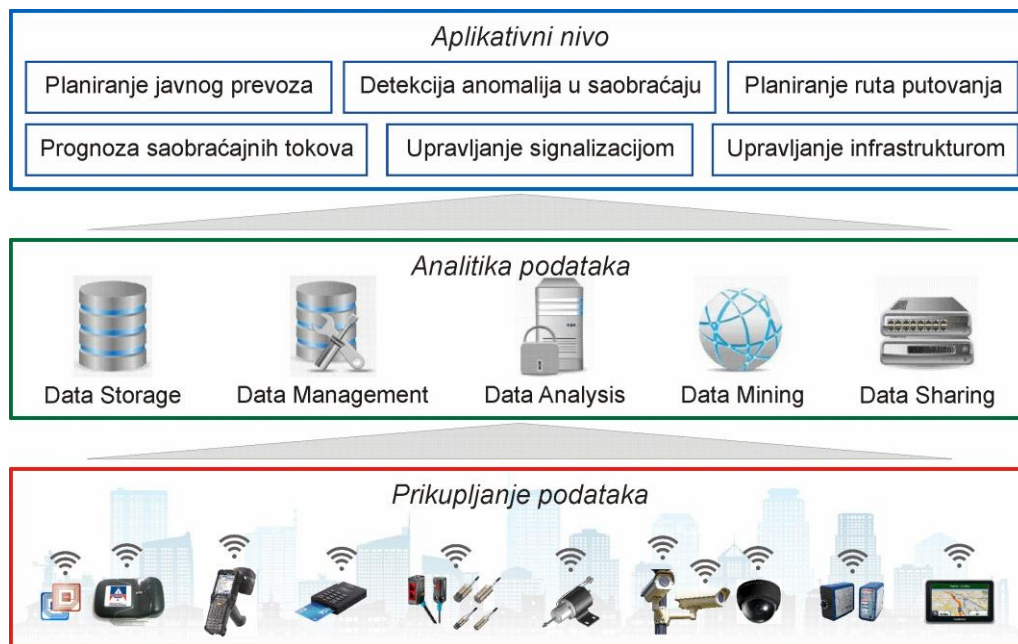
Arhitektura analitike velikih podataka (engl. Big Data Analytics) se može opisati sa tri nivoa (Zhu i dr., 2019):

- Prikupljanje podataka,
- Analitika podataka, i
- Aplikativni nivo.

Arhitektura Big Data analitike je prikazana na slici 3. Na prvom nivou podaci se prikupljaju iz različitih izvora (detektori, video kamere, RFID tagovi i čitači, GPS uređaji, senzori i dr.). Drugi nivo omogućava čuvanje i

obradu svih podataka primenom različitih Data Management disciplina (Data Storage, Data Mining, Data Sharing). Aplikativni nivo obuhvata primenu rezultata obrade podataka u oblastima monitoringa,

upravljanja, prognoziranja, planiranja i optimizacije saobraćajnim i transportnim procesima. Na ovom nivou se formiraju i različite informacije i znanja koji se u formi paketa usluga ITS sistema pružaju korisnicima.



Slika 3. Arhitektura Big Data analitike

Primena Big Data analitike je do sada omogućila velike efekte i unapređenja u ITS sistemima. Međutim, postoje brojni izazovi u konkretnoj primeni analize i obrade velikih količina ITS podataka u realnom vremenu. Neki od izazova su (Zhu i dr., 2019):

- Prikupljanje podataka – Podaci koji se prikupljaju od vozila i učesnika u saobraćaju mogu biti netačni, nepotpuni ili nepouzđani na određenim lokacijama ili u određeno vreme. Nemaju svi objekti i korisnici ugrađene senzore za identifikaciju i evidentiranje različitih karakteristika. Nagli razvoj velikog skupa IoT uređaja značajno povećava mogućnost prikupljanja podataka i povezivanje svih elemenata na transportnoj mreži.
- Privatnost podataka – Podaci koji se prikupljaju u ITS sistemima su vlasništvo pojedinaca i poslovnih sistema. Ranije se smatralo da se podaci o lokacijama vozila, protoku saobraćaja, robnim tokovima i dr., mogu koristiti za različite analize i planiranja. Vremenom su svi prepoznali vrednost i značaj podataka, pa njihovo korišćenje mora da bude u skladu sa zakonskom regulativom uz primenu odgovarajućih procedura zaštite i bezbednosti podataka.
- Čuvanje podataka – Količina podataka koja se neprekidno generiše u ITS sistemima prevazilazi mogućnosti tradicionalnih hardverskih sistema i baza podataka. Tradicionalna infrastruktura za skladištenje podataka ne može da odgovori sve većem obimu i složenosti podataka. Rešenje je u primeni računarstva u oblaku (engl. Cloud

Computing – CC). Danas se koriste različiti načini CC (javni oblak, privatni oblak, hibridni oblak) za skladištenje i obradu podataka.

- Obrada podataka – Obrada i analiza velike količine podataka u realnom vremenu je od presudnog značaja za efikasno funkcionisanje ITS aplikacija i sistema. Klasični algoritmi i procedure obrade podataka nemaju mogućnost brzog i pouzdanog rada u realnom vremenu. Poslednjih godina su se pojavile platforme koje omogućavaju veoma brze obrade velikih količina heterogenih podataka (Apache Storm, Apache Flink, Apache Samza, Apache Spark Streaming i Kafka Streams).

### 5. Inteligentne transportne usluge

ITS sistemi obezbeđuju prikupljanje velikog skupa različitih podataka od inteligentne opreme, poslovnih sistema, iz okruženja, sa društvenih mreža i sl. Inteligentna oprema je instalirana u transportna i prevozna sredstva, saobraćajnu infrastrukturu i nadzorno-upravljačke sisteme. Poslovni sistemi obuhvataju državne službe, ministarstva, javna preduzeća, agencije, službe održavanja, različita preduzeća i kompanije. Podaci iz okruženja su meteorološki uslovi, stanje sa graničnih prelaza i saobraćajnih terminala, saobraćajni tokovi u susednim državama itd. U državama koje imaju razvijene ITS sisteme i aplikacije, podaci se prikupljaju i sa društvenih mreža kako bi se došlo do informacija o zahtevima i potrebama korisnika, njihovim interesovanjima i planiranim putovanjima.

Obrada podataka omogućava dobijanje novih informacija i znanja – formiranje inteligentnih transportnih usluga koje se pružaju korisnicima. Obrada podataka u ITS sistemima se može posmatrati sa dva aspekta:

- Obrada podataka na nivou ITS aplikacije, i
- Integrisana obrada podataka.

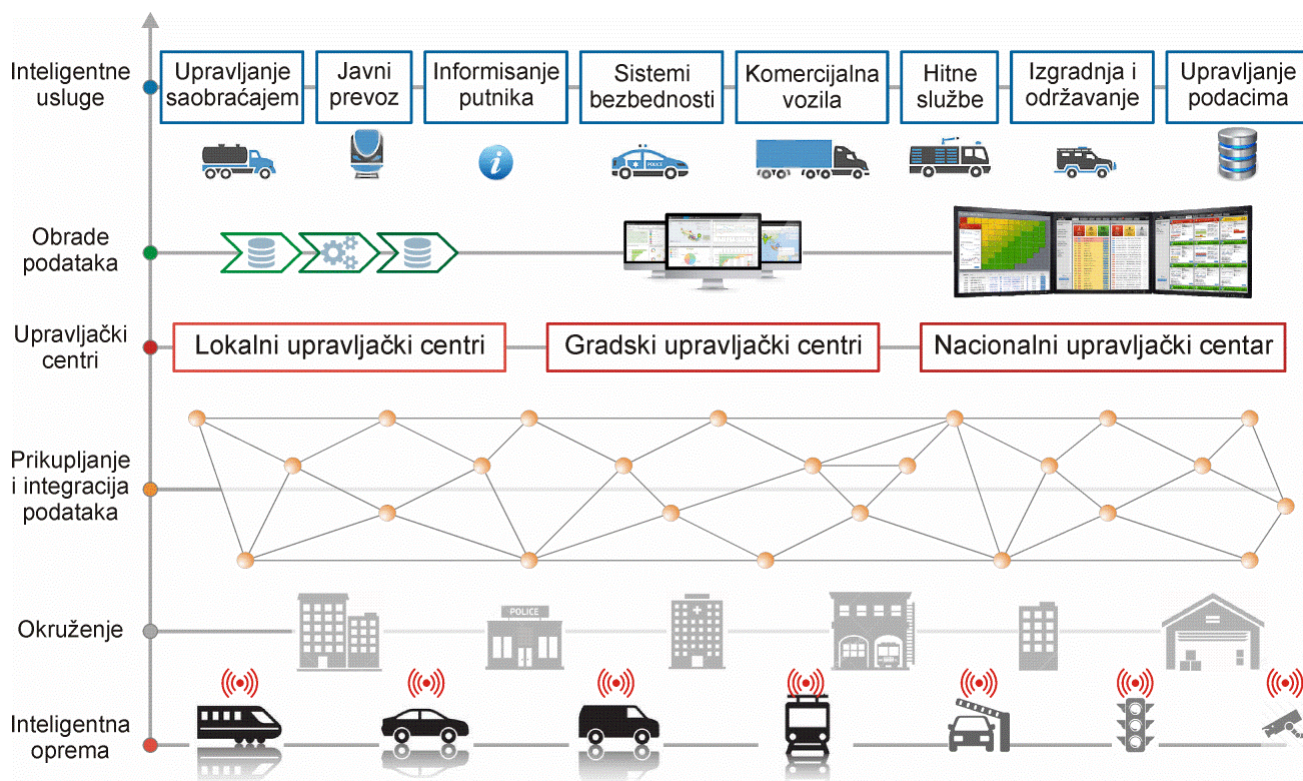
Obrada podataka na nivou ITS aplikacije omogućava dobijanje izveštaja o radu u određenoj oblasti saobraćaja gde se aplikacija primenjuje. Na primer, upravljanje saobraćajnim tokovima u gradu, upravljanje parkiranjem, naplata putarine na autoputu, nadzor meteoroloških uslova, i dr. Ove obrade podataka se zasnivaju na podacima iz konkretnog sistema i skupu eksternih podataka koji su povezani sa ovom oblasti. One obezbeđuju nadzor i upravljanje u realnom vremenu, monitoring procesa i podršku operativnom odlučivanju.

Integrisana obrada podataka podrazumeva prikupljanje podataka od svih ITS aplikacija, eksternih sistema i okruženja. Podaci se različitim komunikacionim tehnologijama prenose do lokalnih, gradskih, regionalnih i nacionalnog upravljačkog centra, gde se rade obrade podataka koje omogućavaju nadzor, monitoring i upravljanje saobraćajem i transportom.

Sistemi integrisane obrade podataka omogućavaju podršku donošenju odluka na taktičkom i strateškom nivou.

Obrada podataka se realizuje primenom tehnologija DWH (engl. Data Warehousing), BI (engl. Business Intelligence), Big Data i Data Analytics. Modeli podataka imaju SOA arhitekturu (engl. Service-Oriented Architecture) koja omogućava razlaganje složenih sistema na aplikacije i komponente. S obzirom na postojanje velikog skupa podataka iz različitih aplikacija, modeli podataka odgovaraju virtuelnim modelima fizičkih procesa i njihovih karakteristika.

Rezultat obrade podataka su nove informacije i znanja koji omogućavaju formiranje paketa inteligentnih transportnih usluga. Paket usluga koristi podatke i informacije iz jedne ili više ITS aplikacija kako bi se obezbedila konkretna usluga korisnicima. Korisnici su viši upravljački nivoi i eksterni sistemi koji obavljaju monitoring, kontrolu, prognoziranje, planiranje i optimizaciju saobraćajnih i transportnih procesa. Ilustracija inteligentnih transportnih usluga u ITS sistemima je prikazana na slici 4.



Slika 4. Ilustracija inteligentnih transportnih usluga u ITS sistemima

Paketi usluga se, prema oblastima na koje se odnose, mogu podeliti u osam grupa (US DOT, 2019):

- Upravljanje saobraćajem – sistemi za upravljanje saobraćajem, voznim parkovima, gradskim prevozom, saobraćajnom signalizacijom, video nadzorom, inteligentnom opremom, saobraćajnim objektima (mostovi i tuneli), bezbednošću, emisijom štetnih gasova, elektronskom naplatom putarine, i dr.
- Javni prevoz – skup operacija i aktivnosti vezanih za tranzitni saobraćaj (praćenje vozila u tranzitu, naplata taksi, definisanje tranzitnih ruta, usmeravanje vozila, davanje informacija vozilima i vozačima, koordinacija intermodalnog prevoza, i dr.).
- Informisanje putnika – različite usluge distribucije informacija putnicima o redovima vožnje, uslovima putovanja, rezervacijama, meteorološkim uslovima, i dr.
- Napredni sistemi bezbednosti – preventivne aktivnosti, nadzor saobraćaja na transportnoj mreži, video detekcija, bezbednost vozila i vozača, inteligentni sistemi bezbednosti u vozilima i dr.
- Operacije sa komercijalnim vozilima – upravljanje voznim parkovima, projektovane ruta vozila, administracija robnog transporta i elektronska dokumenta, upravljanje transportom opasne i specijalne robe, nadzor i upravljanje rutama vozila, prevencija nezgoda i dr.
- Upravljanje hitnim službama – sistemi ranog upozoravanja, automatsko pozivanje hitnih službi u slučaju nezgode, projektovanje ruta vozila hitnih službi, upravljanje saobraćajem u vanrednim okolnostima, zaštita saobraćajne infrastrukture, i dr.
- Operacije izgradnje i održavanja – upravljanje i praćenje opreme i vozila za izgradnju i održavanje saobraćajne infrastrukture, prikupljanje i obrada podataka i distribucija informacija o meteorološkim uslovima na transportnoj mreži, zimsko održavanje saobraćajne infrastrukture, nadzor bezbednosti u zoni radova, koordinacija službi održavanja, itd.
- Upravljanje arhiviranim podacima – upravljanje svim istorijskim podacima u ITS sistemu (ITS data mart, ITS DWH, ITS virtuelni DWH).

## 6. Zaključak

ITS sistemi, pre svega, omogućavaju nadzor i upravljanje saobraćajnim i transportnim procesima u realnom vremenu, povećanje nivoa bezbednosti i bolje iskorišćenje resursa. Sa druge strane, uvođenje i implementacija ITS sistema postavlja brojne zahteve za državne službe, prevozne i transportne kompanije, i sve učesnike u saobraćaju i transportu. Ovi zahtevi se odnose na postojanje odgovarajuće saobraćajne infrastrukture i inteligentne opreme na transportnoj mreži, primenu savremenih tehnologija u upravljanju voznim pravovima, obradu svih podataka o saobraćaju

u realnom vremenu i dr. Generalno posmatrano, negativni efekti ITS sistema ne postoje ali postoje problemi i prepreke u implementaciji koji se pre svega odnose na:

- Neophodnost postojanja jasno definisane nacionalne ITS arhitekture,
- Stalno praćenje i primena najnovijih tehnologija u oblasti ITS-a,
- Usavršavanje stručnih kadrova u skladu sa novim tehnologijama,
- Visoka finansijska ulaganja za sve učesnike u saobraćajnim i transportnim procesima,
- Obezbeđenje zaštite privatnosti i bezbednosti podataka,
- Razvoj i primena novih poslovnih modela koji se zasnivaju na upravljanju u realnom vremenu, itd.

Razvoj i primena ITS sistema, definisanje nacionalne ITS arhitekture i primena IoT koncepta u oblasti saobraćaja i transporta omogućavaju povezivanje svih objekata i učesnika na transportnoj mreži u jedinstven sistem i formiranje virtuelnog modela realnosti. U ovom modelu je moguće definisati pakete inteligentnih transportnih usluga koji će odgovoriti potrebama i zahtevima svih korisnika.

## Trends in Development and Integration of ITS

### Gordana Radivojević, PhD TE

Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, Serbia  
Institute Mihajlo Pupin, University of Belgrade, Serbia

### Gorana Šormaz, M.Sc. EE

Institute Mihajlo Pupin, University of Belgrade, Serbia

### Bratislav Lazić, M. Sc. EE

Institute Mihajlo Pupin, University of Belgrade, Serbia

**Abstract:** ITS applications are used in different traffic and transportation segments and enable processes automatization, acquisition and processing of large amounts of data, real time monitoring and control, providing services to clients etc. The main aims of the ITS introduction are the improvement of the traffic and transportation system functioning and of the provided services for clients. The ICT development has enabled the usage of the large number of smart devices, which can generate different characteristics of physical objects and exchange data with other devices and systems. This has led to the IoT concept in which the intelligent management of physical objects, based on processing and analyse of the large amounts of data, is possible. The aim of this paper is the review of the latest trends in the ITS systems' development in the context of new technologies, social changes and users' requests. In the paper there are described the ITS, the IoT and the Big Data analytics, which enable the intelligent transport services provided to the clients.

**Key words:** Intelligent Transportation System, Internet of Things, Big Data Analytics, Intelligent Transportation Services.

### Literatura

- [1] ISO 14813-1. (2015). Intelligent transport systems – Reference model architecture(s) for the ITS sector – Part 1: ITS service domains, service groups and services. Dostupno na: [www.iso.org](http://www.iso.org). [Pristupano 09.12.2015.]
- [2] Radivojević, G. (2016). Upravljanje informacijama u logistici, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- [3] Krueger, P. (2015). Trends in intelligent transport systems – Overview, Challenges. University of Leeds, Institute for Transport Studies, England.
- [4] Radivojević, G., Bjelić, N., Popović, D. (2017). Internet of Things in Logistics, Proceedings of the 3th Logistics International Conference – LOGIC 2017, pp. 185-190, 25-27 May 2017, Belgrade, Serbia.
- [5] Miorandi D., Sicari S., De Pellegrini F., Chlamtac I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497–1516.
- [6] Zhu, L., Yu, F. R., Wang, Y., Ning, B., Tang, T. (2019). Big data analytics in intelligent transportation systems: A survey, *IEEE Transactions in Intelligent Transportation Systems*, 20(1), pp. 383-398.
- [7] US DOT, (2019). Architecture Reference for Cooperative and Intelligent Transportation – ARC-IT, Dostupno na: [local.iteris.com/arc-it](http://local.iteris.com/arc-it), [Pristupano