

## **INTELIGENTNI TRANSPORTNI SISTEMI – NEZAOBILAZNI U TRANSPORTNIM SISTEMIMA BUDUĆNOSTI**

**SAŽETAK:** U svijetu ekspanzije i primjene informacionih tehnologija, inteligentni transportni sistemi se sve češće koriste u svim vidovima transporta. Ovi sistemi su našli široku primjenu u drumskom saobraćaju (aktivna i pasivna bezbjednost vozila, automatsko praćenje vozila, naplata putarina...). Sveprisutni pristup mobilnoj i internetskoj tehnologiji utjecao je na značajno povećanje količina podataka koje korporacije, tako i pojedinci proizvode, prenose i pohranjuju kod korisnika. Mišljenje predstavljeno u ovom radu u naznakama obrazlaže arhitektonski okvir za pribavljanje, skladištenje, manipuliranje i integriranje podataka i informacija u gradskom prijevozu i okruženju za optimizaciju poslovanja u realnom vremenu. Ugrađena arhitektura temelji se na integraciji niza tehnologija i algoritama koji će omogućiti budući razvoj Inteligentnih transportnih sistema (ITSa).

**KLJUČNE RIJEČI:** informacioni transportni sistemi, aktivna, bezbjednost saobraćaja, kontekst, stvarno vrijeme, arhitektura, algoritmi.

### **Uvod**

Postojeće stanje zagušenosti saobraćajnica svih vidova saobraćaja te rast zahtjeva za transportom potaknulo je krajem 20. vijeka razvoj novih pristupa i načina rješavanja problema mobilnosti i organiziranosti saobraćaja. Razvila se nova naučna disciplina koja se primjenjuje u praksi i nazvana je Inteligentni transportni sistemi, skraćeno ITS.

Inteligentni transportni sistemi omogućuju transparentnost informacija, bolje upravljanje te poboljšan odziv saobraćajnog sistema čime on dobiva attribute inteligentnog (Opsenica, 2010). Atributi „inteligentni“ označava sposobnost adaptivnog djelovanja u promjenjivoj okolini pri čemu je potrebno prikupiti dovoljno podataka i obraditi ih u realnom vremenu. Prije ulaska ITS-a (u daljem tekstu Inteligentni transportni sistemi) u stručni riječnik, korišteni su nazivi kao što su drumska transportna telematika i inteligentni sistemi saobraćajnica. Nakon prvog svjetskog ITS kongresa, održanog u Parizu 1994. godine, ITS je uvršten u naučni i stručni riječnik saobraćajnih i transportnih inženjera.

Zadnje četiri decenije obilježio je nagli porast broja i složenosti elektroničkih sistema u automobilima. Učešće elektronike u današnjim automobilima čini čak 25% ukupne proizvodne cijene. Analitičari procjenjuju da je više od 80% inovacija u automobilskoj industriji zasnovano na elektroničkim sistemima. Kao što LAN-om možemo povezivati računare tako kontrolne mreže povezuju elektroničku opremu u vozilu. Tim mrežama se izmjenjuju podaci između raznih elektroničkih sistema i aplikacija koje se u njima nalaze.

Međutim, za sistemsko istraživanje bezbjednosti saobraćaja najvažnije je dobro razumjevanje složenih interakcija između čovjeka, vozila i puta (saobraćajnice, odnosno okoline). Interakcije čovjek–vozilo–put (okolina) vrlo su važne kako za bezbjednost i upravljanje saobraćajem tako i za dizajniranje saobraćajnica. Ugrožavanje bezbjednosti saobraćaja i pojava saobraćajnih nezgoda slijedi iz pogrešnog ponašanja učesnika, odnosno podsistema saobraćaja kao kompleksnog sociotehničkog sistema. Proučavanje ponašanja vozila i vozača na putu moguće je temeljiti na polaznom modelu: „vozač–vozilo–okolina“.

Spajajući ideje informacionih tehnologija sa načinom upravljanja bezbjednošću saobraćaja stvaraju se informacioni transportni sistemi koji služe za interakciju između izvršnih elemenata na automobilu (senzori, mehanički elementi, sklopovi, ...) i glavne upravljačke jedinice (Central Processing Unit), koja reguliše odnosno koriguje greške nastale po raznim osnovama tokom kretanja vozila. Inteligentni transportni sistemi se kao naučna disciplina razvijaju u okviru saobraćajnih nauka te predstavljaju dio naučnog polja tehnologije saobraćaja i transporta.

## 1. Motivacija

Industrijska revolucija se fokusirala na razvoj tehnologije za stvaranje efikasnih vozila, poput vlakova na paru i automobila s unutrašnjim sagorijevanjem. Brz rast tehnologije i njeno integracija s ogromnom putnom, željezničkom i vodnom infrastrukturom, pomogla je u efikasnom i funkcionalnom razvoju usluga mobilnog prevoza. Razvoj efikasnih transportnih usluga prošao je kroz evolucijski proces usvajanja pitanja zaštite okoliša i sigurnosti u dizajnu politike i političkih odluka. Centri za inovacije u tehnologiji radili su na razvoju uređaja koji bi mogli pomoći u prikupljanju informacija sa vozila za prepoznavanje utjecaja rasta u prometnoj industriji na okruženje. Stvaranjem računarske i informatičke tehnologije, to je omogućilo inovativni izumi koji će se neizmjereno integrirati čineći vozila svjesnim informacijama, omogućavajući vozilima da dijele ove informacije sa vanjskim sistemima. Ta svijest i donošenje odluka na temelju zajedničkih informacija upotpunilo je ciljeve učinkovitosti: sigurnost, integracija informacionih tehnologija, prilagodljiva inteligencija, potrošnja energije i uticaj okoline. Javni prevoz služi za povećanje mobilnosti ljudi, i to je ključni dio futurističkog koncepta pametnih gradova i povezanog digitalnog ekosustava. Sigurniji i bolji može se osigurati, da se za prevozne usluge obezbjedi pouzdana mobilnost za putnike, razvoj i upotreba podataka zasnovanih na podacima ugrađenim u inteligentne transportne sisteme (ITS).

ITS-ovi pokrivaju širi domen prometnih usluga uključujući javni prijevoz, komercijalna vozila za teretni i logistički promet, privatne automobile i usluge kao što su taksi. Na primjer, Uber i Lyft, bilježe korisne podatke o njihovom radu, okruženju, prometu i stanju na putevima i gustini ostalih vozila na geografskom položaju. Mnoge druge usluge kočenja automobila podržavaju ideju odvajanja privatnih vozila tako da se manje vozila koristi za vrijeme putovanja. Te usluge mogu biti olakšane ako se podaci zabilježe s tih vozila i zatim distribuiraju putem integriranih platformi, kako bi se mogle osmisliti različite usluge prijevoza. Ovi podaci sadrže podatke o trenutnom položaju svakog vozila, područje ili zonu u koju vozilo putuje i odredište kao krajnji cilj.

Sveobuhvatne informacije o vozilima i okruženju u interakciji, definiraju njegov kontekst, omogućavajući nam stvaranje definicije vozila kao informativni entitet. Posljedično, od opsežnog rasta tehnologije, količina podataka koja se stvara svaki dan bez presedana i dalje se povećava s napretkom u internetskoj tehnologiji, porastu potrošnje pametnih uređaja, dostupnost velike propusnosti i eksponencijalni rast fenomena društvenih medija. Opsežne količine nesigurnih podataka senzora takođe dolaze od senzora i pametnih uređaja ugrađenih u infrastrukturu, koja se koristi u inteligentnom prijevozu sistema upravljanja (Delalandre, McCarthy, Mechant, Muller, Ysebaert). Ova raznolikost izvora podataka otvara nove mogućnosti za testiranje valjanost informacija iz više izvora, što rezultira savremenijim transportnim uslugama (Costa-Montenegro, Quinoy-Garcia, Gonzalez-Castano, Gil-Castineira, 2012: 73–79).

Učinkovita analiza ovih obrazaca može pomoći u poboljšanju usluga poput javnog prijevoza i njegovih sustava (Artikis, Sergot, Palioura, 2012; Cugola, Margara, 2012: 15). Postoji mnogo naslijeđenih sistema u kojima se podaci prikupljaju, ali se nikada ne koriste. Transportni sistemi nisu izuzetak. Jedine informacije koje se generalno dijele sa vanjskim agencijama su lokacije vozila. To rezultira ograničenom podrškom vanjskih agencija i sistemskog nedostatka dostupnih informacija koje bi mogle pomoći u donošenju odluka. Rast tehnologija zahtijeva da sustavi javnog prijevoza primijene platforme za analizu podataka, sami ili se integrišu sa eksternim sistemima kako bi vozila imala informacije, što može pomoći u pouzdanosti pružanja usluga. Razvoj arhitektura za tu namjenu daje osnovu za inteligentnu obradu informacija i stvaranje efikasnih i efektivnih baza podataka.

Parametri za odluke su vrlo važni za efikasan i pouzdan javni prijevoz. Iako postoje mnoge arhitekture visokog nivoa u različitim dijelovima svijeta, u operativnoj situaciji različitih ruta koje zagovaraju autobusni prijevoznici koji pružaju osnovne usluge

implementacijske arhitekture. Te bi arhitekture trebale odražavati uključivanje podataka iz sustava, na koji se primjenjuju za potencijalno tačno rješenje problema i njihovo predlaganje.

Inteligentna arhitektura, koja pruža implementacijski nacrt za razvoj sistema javnog prevoza malih do većih razmjera, gdje su, na primjer, autobusi snabdjeveni informacijama i razmjena informacija, vrši se u realnom vremenu. Razgovara se o potpunom životnom ciklusu podataka i primjenjuju se analitičke tehnike na kratkoročna i dugoročna predviđanja za precizno planiranje dolazaka autobusa. Ta arhitektura se može lako integrirati s postojećim sistemima i pružiti on-the-fly analizu u obliku korisnih vizualizacija za olakšavanje produktivnog odlučivanja.

## 2. Pozadina promijena

U toku je evolutivni kurs konvergencije komunikacija i računanja za pametne potrošačke uređaje i donošenje interoperabilnosti iskorištavanja usluga i funkcija u svim industrijama (Amft, Lukowicz, 2009; Roussos, Marsh, Maglavera, 2005: 20–27). Napredak u pametnim uređajima je rezultirao stvaranjem više senzorskih rješenja koja mogu dati informacije ne samo o uređaju nego i o njegovom radnom okruženju. Ugradnja ovih senzora na vozila povećava količinu informacija o stanju vozila, njihovoj lokaciji i okruženju u kojem se nalaze. Pametni uređaji pružaju integrirane usluge u komunikaciji računara i mobilnih sektora, uključujući govornu komunikaciju, razmjenu poruka, upravljanje ličnim informacijama, aplikacije i mogućnosti bežične komunikacije (Achkar, Haidar, Pharaoun, Rokaya, Ahmar, 2012; 379–384; Mitchener, 2008: 74; Nageba, Rubel, Fayn, 2012).

Razvoj senzora je pomogao u izgradnji mnogih pametnih uređaja koji se mogu koristiti na pokretnim objektima poput vozila i u prikupljanju korisnih informacija. Ovi pametni uređaji su opremljeni mogućnostima za pomoć u navigaciji, ugrađenim kamerama, reprodukcije audio/video zapisa, snimanja temperature i svjetlosti i još mnogo toga (Dunn, Galletta, Hypolite, Puri, Raghuwanshi, 2013). Njihova rasprostranjenost ukazuje na činjenicu da su pametni uređaji u početku bili namijenjeni kompanijama, ali su sada postali uobičajen izbor i individualnih potrošača (Mogg, 2013).

Povećanje upotrebe pametnih uređaja od strane potrošača i preduzeća, kao što su autobuske kompanije, generira potražnju za razvojem inteligentnih transportnih sistema gdje potrošači mogu pristupiti podacima o preferencijama putovanja koje imaju. Očekuje se da se usvajanjem smartfona nastavi brza putanja implementacije i na naše prostore u autobusne kompanije, da razviju sisteme koji integrišu senzore u autobuse u pružanju usluga interfejsa za mobilne korisnike. Sve se to može iskoristiti za efikasne i pouzdane informacije.

Kao što je spomenuto ranije, informacije o voznoj jedinici karakteriziraju situaciju u istoj (npr. vozilo, putnik, vozač, ruta, vrijeme) u kontekstu jedinice (Amft, Lukowicz, 2009; Dey, 2001: 4–7).

Informacije se prenose korištenjem različitih protokola i datoteka, poput XML, JSON i sirovih formata bez šeme (Figueiredo, Jesus, Machado, Ferreira, De Carvalho, 2001; Cruz, Xiao, Hsu, 2004). Kontekst ovih sistema obezbjeđuje relevantnost informacija za učesnike u sustavu kao i ostale korisnike sustava (Engstrom, Victor, 2001; Fuller, 1984: 1139–1155; Laurence, Nick, 2000).

Međutim, ITS-i nisu samo kontekstualni sustavi već se kroz njih prikupljaju i podaci koji se obrađuju u stvarnom vremenu, jer se vozila kreću različitim putevima, pa se tako i informacije sa senzora neprestano mijenjaju.

Međutim, rukovanje podacima koji dolaze iz raznih senzora postaje izazov zbog raznolike strukture i atributa podataka iz tih izvora. Studije o arhitekturi, pitanjima privatnosti, rukovanju podacima, platformi i prikupljanju podataka s pametnih uređaja predstavljaju slučaj za donošenje podataka (Jeon, 2012; Delalandre, McCarthy, Mechant, Muller, Ysebaert, 2012; Costa-Montenegro, Quinoy-Garcia, Gonzalez-Castano, Gil-Castineira, 2012: 73–79; Achkar, Haidar, Pharaoun, Rokaya, Ahmar, 2012: 379–384; Mitchener, 2008: 74). Postoji potreba za obradom podataka prikupljenih sa pametnih uređaja gdje su dostupne detaljne analitike potrebne za donošenje odluka zasnovanih na podacima. Učinkovita analitika podataka otkriva detaljne informacije o tim podacima. Mogu se utvrditi obrasci koji odražavaju ponašanje sistema, stvarajući tako podatke koji olakšavaju njihovu integraciju u sisteme za vizualizaciju i strateško odlučivanje.

Analiza podataka obuhvata upotrebu naprednih tehnika. Značajan broj ovih tehnika se oslanja na komercijalne alate kao što su relacijski DBMS, skladištenje podataka, ETL, OLAP i alati za poslovnu analizu.

Tehnike vađenja podataka mogu pomoći u otkrivanju obrazaca u podacima i pravljenje platforme za praćenje na osnovu predviđanja koja može olakšati stjecanje, pohranu i obradu prikupljenih podataka za strateško odlučivanje (Jeffery, Garofalakis, Franklin, 2006; Kowalski, Sergot, 1989: 23–55). Ove tehnike, u kombinaciji s podacima proizvedenim iz pametnih senzora u vozilima, mogu automatizirati procese dinamičkog razvoja inteligencije u transportnom sistemu budućnosti.

### 3. Neka istraživačka pitanja

Istraživačka pitanja koja proizlaze iz pitanja izloženih u prethodno izloženom tekstu proizilaze iz sledećih problematičnih područja:

- prikupljanje i obrada podataka u stvarnom vremenu pomoću pametnih senzorskih uređaja i namjenskih podataka;
- sistemska arhitektura za spremanje, upravljanje i dinamičko prikazivanje informacija, sa aplikacijom u transportnom domenu;
- iskopavanje podataka, korišćenjem inteligentne tehnike iskopavanja podataka;
- podataka preuzetih iz okruženja gradskog prevoza – na automatizovan način i u realnom vremenu. Ovo uključuje neravne unose iz vozila, kao što su autobusi i trendovi dobiveni na putovanju i ponašanju koja senzori sustava mogu uhvatiti;
- integraciju informacija i predviđanje u stvarnom vremenu – automatski odabir relevantnih podataka i informacija iz raznih dijelova sustava i sa senzora, kao što je GPS akcelerometar, i integrirajući ga s podacima koji dolaze od vanjskih dobavljača podataka s trenutnim dinamički sastavljenim kratkoročnim i dugoročnim predviđanjima vremena vožnje;
- ITS arhitektura – predstavljanje nove arhitekture koje mogu pomoći u implementaciji inteligentnih transportnih sistema velikih razmjera, kao i malih prilagođenih ITS-ovi, s naglaskom na attribute kvalitete usluge i pružanje pouzdane i kredibilne usluge predviđanja.

Prediktivno praćenje, provedba sveobuhvatnog prediktivnog praćenja u realnom vremenu, jeste sistem integrisan sa detaljnom vizualizacijom trenutne i projektovane situacije u javnom transportnom sistemu, primenjivom na autobuse, vozove i tramvaje, sada i u budućnosti.

### Zaključna razmatranja

Saobraćaj, odnosno njegov porast i uticaj na okolinu, osnovni je problem savremenog društva. Samim time potreba za boljom kontrolom i organizacijom saobraćaja potakla je i potrebu za novim tehnologijama koje bi bile učinkovita u tome. ITS je osmišljen u cilju pomoći dosadašnjem klasičnom saobraćajnom sistemu u ostvarivanju bolje koordinacije, sigurnosti i efikasnosti.

Primjena ITS-a ne eliminiše klasične načine kontrole, policijskih službi i sl., ne umanjuje aktivnosti tih službi koje vrše redovne kontrole saobraćaja, ali svakako im pomaže u otkrivanju lokacija nesreće i mogućnosti odlaska na teren kako bi se pomoglo pri rješavanju

nastalih situacija. Brzina i ažurnost prenošenja podataka ITS sistema jednostavno je nužna sastavnica u svakom većem i razvijenijem saobraćajnom središtu.

Dakle, glavni cilj inteligentnog transparentnog sistema jeste integracija sistema radi poboljšanja kretanja ljudi, robe i informacija. Uz taj glavni cilj koji je ostvaren u državama u kojima je uveden, ali isto tako se usavršava u manje razvijenim sredinama, potakao je ostvarivanje dodatnih poželjnih ciljeva. Povećala se radna učinkovitost i kapacitet transportnog sistema, mobilnosti, te se smanjila stopa nesreća i šteta uzrokovanih transportom kao i potrošnja energije. Također je omogućena bolja kontrola utjecaja na ekološki sistem, odnosno zaštite okoliša. Sve navedeno govori u prilog zaključku da su inteligentni transportni sistemi u transportnom sistemu budućnosti.

## LITERATURA

- [1] Amft, Oliver, and Paul Lukowicz (2009). "From backpacks to smartphones: Past, present, and future of wearable computers." *IEEE Pervasive Computing* 8.3.
- [2] Artikis, Alexander, Marek Sergot, and Georgios Paliouras (2012). "Run-time composite event recognition." *Proceedings of the 6th ACM International Conference on Distributed Event-Based Systems*. ACM.
- [3] Delalandre, G., McCarthy, J., Mechant, P., Muller, R., & Ysebaert, G. (2012). "Supporting and enhancing a sense of community in smart cities through big data." *European Institute of Innovation and Technology (EIT) Foundation's Annual Innovation Forum*. EITF.
- [4] Dorn, Lisa, ed. (2008). *Driver behaviour and training*. Vol. 3. Ashgate Publishing, Ltd.
- [5] Cruz, I. R., Huiyong Xiao, and Feihong Hsu (2004). "An ontology-based framework for XML semantic integration." *Database Engineering and Applications Symposium, 2004. IDEAS'04. Proceedings*. International. IEEE.
- [6] Cugola, Gianpaolo, and Alessandro Margara (2012). "Processing flows of information: From data stream to complex event processing." *ACM Computing Surveys (CSUR)* 44.3: 15.
- [7] Delalandre, G., McCarthy, J., Mechant, P., Muller, R., i Ysebaert, G. "Podrška i unapređenje osjećaja zajedništva u pametnim gradovima putem velikih podataka". *Europski institut za inovacije i tehnologiju, Brisel*.
- [8] Dey, Anind K. (2001). "Understanding and using context." *Personal and ubiquitous computing* 5.1: 4–7.
- [9] Dunn, B. K., Galletta, D. F., Hypolite, D., Puri, A., & Raghuwanshi, S. (2013). "Development of smart phone usability benchmarking tasks." *System Sciences (HICSS), 2013 46th Hawaii International Conference on*. IEEE.
- [10] E. Costa-Montenegro, F. Quinoy-Garcia, F. J. Gonzalez-castano and F. Gil-Castineira (2012) "Vehicular Entertainment Systems: Mobile Application Enhancement in Networked Infrastructures," in *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. 7, no. 3, pp. 73–79, Sept. 2012.
- [11] Engstrom, J., and T. Victor (2001). "Real-time recognition of large-scale driving patterns." *Intelligent Transportation Systems, 2001. Proceedings*. 2001, IEEE.
- [12] Fuller, Ray (1984). "A conceptualization of driving behaviour as threat avoidance." *Ergonomics* 27.11 (1984): 1139–1155.
- [13] Jeffery, Shawn R., Minos Garofalakis, and Michael J. Franklin (2006). "Adaptive cleaning for RFID data streams." *Proceedings of the 32nd international conference on Very large data bases*. VLDB Endowment.
- [14] Jeon, Paul Barom (2012). "Context Aware Intelligent Mobile Platform for Local Service Utilization." *Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT), 2012 IEEE/WIC/ACM International Conferences on*. Vol. 1. IEEE.

- [15] Kowalski, Robert, and Marek Sergot (1989). "A logic-based calculus of events." *Foundations of knowledge base management*. Springer Berlin Heidelberg: 23–55.
- [16] Laurence, H., & Nick, M. (2000). "Review of fatigue detection and prediction technologies." National Road Transport Commission.
- [17] Mitchener, Jonathan (2008). "What we'll wear-[comms futures]." *Engineering & Technology* 3.18: 74.
- [18] Mogg, Trevor (2013). "Smartphone sales exceed those of PCs for first time, Apple smashes record." Retrieved August 6 (2012).
- [19] Mgueiredo, L., Jesus, I., Machado, J. T., Ferreira, J. R., & De Carvalho, J. M. (2001). "Towards the development of intelligent transportation systems." *Intelligent Transportation Systems, 2001. Proceedings. 2001 IEEE*.
- [20] Nageba, Ebrahim, Paul Rubel, and Jocelyne Fayn (2012). "Context-aware mobile services adaptation to dynamic resources. Application to mHealth." *Mobile and Wireless Networking (iCOST), 2012. International Conference on Selected Topics in. IEEE, 2012*.
- [21] Opsenica, M. (2010). *Saobraćajni sistemi*. Niš: Visoka škola strukovnih studija za menadžment u saobraćaju.
- [22] Roussos, George, Andy J. Marsh, and Stavroula Maglavera (2005). "Enabling pervasive computing with smart phones." *IEEE Pervasive Computing* 4.2: 20–27.
- [23] R. Achkar, G. A. Haidar, R. Pharaoun, A. Rokaya and M. A. Ahmar, "i-Display Using Smart Phone Application," 2012 Sixth UKSim/AMSS European Symposium on Computer Modeling and Simulation, Valetta, 2012, pp. 379–384.
- [24] R. Achkar, G. A. Haidar, R. Pharaoun, A. Rokaya and M. A. Ahmar (2012). "i-Display Using Smart Phone Application," 2012 Sixth UKSim/AMSS European Symposium on Computer Modeling and Simulation, Valetta, pp. 379–384.
- [25] Sotirović, V., Adamović, Ž. (2005). *Metodologija naučnoistraživačkog rada*, 2. dopunjeno izdanje. Zrenjanin: Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Univerzitet u Novom Sadu.
- [26] Sotirović, V., Egić, B., Nurić, Š., Bilić, S., Muminović, M. (2019). *Metodologija naučnih istraživanja*. Internacionalni univerzitet Brčko, Bosna i Hercegovina.

**Ramo Mulahusejnović, M.Sc.**

**Davor Ivanovic, M.Sc.**

## INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS – UNAVOIDABLE IN THE TRANSPORT SYSTEMS OF THE FUTURE

### *Summary*

In a world of expansion and application of information technology, intelligent transport systems are increasingly being used in all types of transport. These systems are widely used in road transport (active and passive safety of vehicles, automatic vehicle tracking, tolls, ...). Ubiquitous access to mobile and Internet technologies contributed to the significant increase in the amount of data that corporations and individuals producing, transporting and stored with the user. Opinion presented in this paper to explain indications architectural framework for the acquisition, storage, handling and integrating data and information in urban transportation and environment to optimize the business in real time. Built-in architecture is based on the integration of a range of technologies and algorithms that will enable the future development of Intelligent Transport System (ITS).

**Key words:** Information handling systems, active, traffic safety, context, real time, architecture, algorithms.