

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET U RIJECI
RIJEKA**

KARLA ČURKOVIĆ

**PRIMJENA INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SUSTAVA U
CESTOVNOM PROMETU**

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2013.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET U RIJECI
RIJEKA**

**PRIMJENA INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SUSTAVA U
CESTOVNOM PROMETU**

DIPLOMSKI RAD

Kolegij: Planiranje kopnenih prometnih sustava

Mentor: prof.dr.sc. Hrvoje Baričević

Student: Karla Ćurković

JMBAG: 0112037224

Studij: Tehnologija i organizacija prometa

Rijeka, rujan 2013.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Predmet i cilj istraživanja	1
1.2. Svrha i ciljevi istraživanja	1
1.3. Struktura rada	2
1.4. Gantogram istraživanja.....	2
2. POJAM ITS-a	3
2.1. Osnovna zamisao i definicija.....	3
2.2. Performanse i kvaliteta usluge.....	6
2.3. Normizacija ITS usluga	8
2.4. Usluge unutar pojedinih područja.....	11
3. ZNANSTVENOTEHNOLOŠKI TEMELJI ITS-a	15
3.1. Prometne znanosti i inženjerstvo	15
3.1.1. Odnos prometnog i transportnog inženjerstva	15
3.1.2. Sustavni pristup i sadržaj prometnog inženjerstava	15
3.1.3. Razvoj ITS inženjerstva	17
3.2. Umjetna i ambijentalna inteligencija	18
3.3. Teorija sustava i njegovo vođenje	19
3.4. Senzori	22
3.5. Telekomunikacija	23
4. ARHITEKTURA ITS-a	25
4.1. Pojam i razvoj.....	25
4.2. Koncept i načela	26
4.3. Tipovi i razine.....	27
5. INTELIGENTNA INFRASTRUKTURA I VOZILA	30
5.1. Inteligentne prometnice	30
5.2. Inteligentna vozila	32
6. INTELIGENTNI SUSTAVI INFORMIRANJA	34
6.1. Sustavi informiranja putnika	34
6.2. Sustavi informiranja vozača	35
6.3. Putne informacije o javnom prijevozu i osobne informacijske usluge.....	37
7. INTELIGENTNO UPRAVLJANJE PROMETOM I TRANSPORTOM	38

7.1.	Razvoj i zadaci.....	38
7.2.	Područje upravljanja i zagušenja	38
7.3.	Šok-valovi i virtualni cestovni vlak.....	39
8.	NAVIGACIJSKE I LOKACIJSKE ITS USLUGE	41
8.1.	Rutni vodič i navigacija	41
8.2.	Satelitski pozicijski sustavi.....	42
8.3.	LBS sustavi.....	44
9.	SIGURNOST U PROMETU PRIMJENOM ITS-a.....	46
9.1.	Određivanje, procjena i upravljanje rizikom	46
9.2.	Inteligentna raskrižja	48
9.3.	Incidentne situacije i spašavanje.....	50
10.	ITS U GRADU RIJECI.....	53
10.1.	Automatsko upravljanje prometom.....	54
10.1.1.	Sustav AUP-a	54
10.1.2.	Način rada i operativna primjena sustava AUP	55
10.1.3.	Koristi i uštede	57
10.2.	Razvoj sustava AUP	57
10.3.	SPECTRA – Sustav informacija o prometu.....	58
10.4.	SWOT analiza.....	61
11.	ZAKLJUČAK	62

LITERATURA

POPIS SLIKA

1. UVOD

Sposobnost prilagodbe na nove situacije, razumijevanje i korištenje apstraktnih pojmova i prethodnih znanja za snalaženje u novoj okolini definicija je inteligentnog. Tu inteligenciju posjeduje čovjek kao sastavnica prometnog sustava. No čovjek nije tehnička sastavnica pa tako nije ni dovoljan u sustavu inteligentnog transportnog sustava. Njegova nemogućnosti umrežavanja i korištenja stvarnovremenskih informacija dovela je do osmišljavanja sustav koji prikuplja i obrađuje podatke te adaptivno djeluje u promjenjivim situacijama, nazvan inteligentni transportni sustav - ITS. ITS je nadgradnja klasičnog prometnog sustava kojom se poboljšavaju performanse, efikasnost i sigurnost sustava.

Urbanizacija, sve veći broj stanovnika i vozila, dovela je do zagušenja prometa i smanjene efektivnosti dosadašnje prometne infrastrukture. Veće gužve na prometnicama pa tako i produženo vrijeme putovanja, povećana potrošnja goriva i emisija štetnih ispušnih plinova iz vozila, potaklo je potrebu za boljom organiziranošću cjelokupnog prometnog sustava u inteligentni sustav.

1.1. Predmet i cilj istraživanja

Predmet istraživanja, odnosno tema ovog projektnog rada je bila istražiti područje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu, tj. istražiti usluge koje nam pružaju na prometnicama i u vozilima.

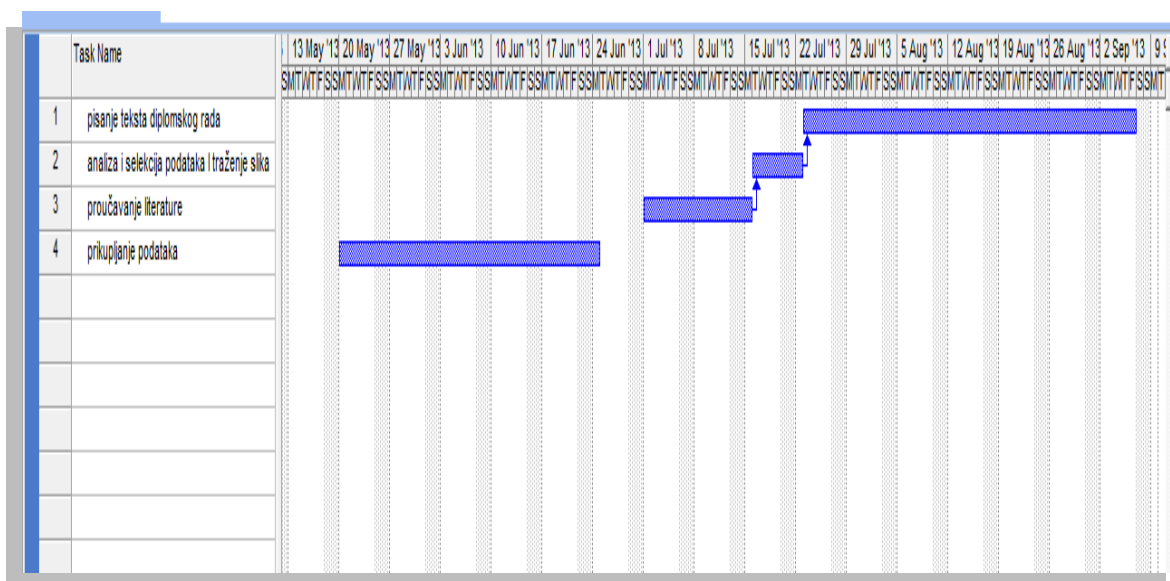
1.2. Svrha i ciljevi istraživanja

Svrha i cilj je objasniti koji su inteligentni transportni sustavi na prometnicama i u vozilu, te kako se koji koristi za usluge poboljšanja sigurnosti, performansa, automatizirane operacije, efikasnost.

1.3. Struktura rada

Ovaj istraživački rad je strukturiran u jedanaest poglavlja od čega su prvo i zadnje jedanaesto poglavlje uvod i zaključak rada, gdje objašnjavamo o čemu se radi u radu. U drugom poglavlju projektnog rada, detaljno je objašnjeno što je inteligentni transportni sustav te njegove značajke. U trećem poglavlju projektnog rada prikazani se znanstvenotehnoški temelji ITS-a dok je u četvrtom prikazana njegova arhitektura. Peto, šesto i sedmo poglavlje bazira se na inteligentnim sastavnicama, kompletnom sustavu i upravljanju. Osmo poglavlje kazuje nam o navigacijskim i lokcijskim uslugama, deveto obrađuje sigurnost u prometu primjenom ITS-a, dok je u desetom poglavlju riječ o automatskom upravljanju prometom u gradu Rijeci.

1.4. Gantogram istraživanja



2. POJAM ITS-a

2.1. Osnovna zamisao i definicija

Postojeće stanje zagušenosti prometnica svih vidova prometa te rast zahtjeva za transportiranjem potaknulo je krajem 20. stoljeća razvoj novih pristupa i načina rješavanja problema mobilnosti i organiziranosti prometa.

Inteligentni transportni sustavi omogućuju transparentnost informacija, bolje upravljanje te poboljšan odziv prometnog sustava čime on dobiva attribute inteligentnoga. Atribut “*inteligentni*” označuje sposobnost adaptivnog djelovanja u promjenjivoj okolini pri čemu je potrebno prikupiti dovoljno podataka i obraditi ih u realnom vremenu. Prije ulaska ITS-a u stručni rječnik, korišteni su nazivi kao što su cestovna transportna telematika i inteligentni sustavi prometnica. Nakon prvog svjetskoga ITS kongresa održanog u Parizu 1994. godine. ITS je uvršten u znanstveni i stručni rječnik prometnih i transportnih inženjera.

ITS se može definirati kao holistička, upravljačka i informacijsko komunikacijska nadgradnja klasičnog sustava prometa i transporta kojom se postiže znatno poboljšanje karakteristika, odvijanje prometa, učinkovitiji transport putnika i roba, povećanje sigurnosti u prometu, udobnosti i zaštite putnika, manje onečišćenja okoliša, itd.¹

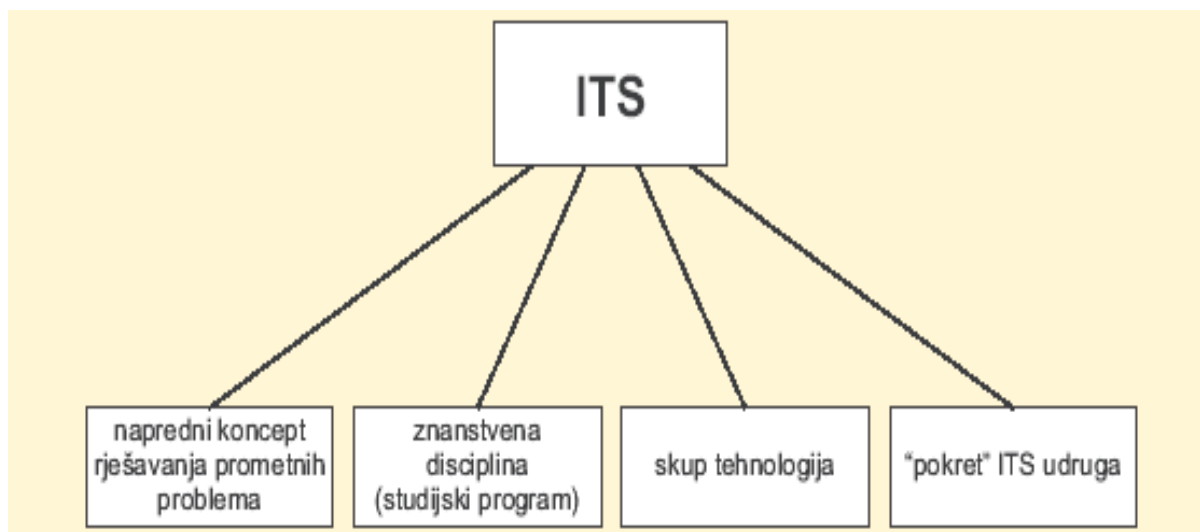
U okviru ITS-a razvijaju se:

- inteligentna vozila,
- inteligentne prometnice,
- bežične “pametne” kartice za plaćanje cestarina,
- dinamički navigacijski sustavi,
- adaptivni sustavi semaforiziranih raskrižja,
- učinkovitiji javni prijevoz,
- brza distribucija pošiljaka podržana internetom,
- automatsko javljanje i pozicioniranje vozila u nesreći,
- biometrijski sustavi zaštite putnika,
- itd.²

¹ Bošnjak, Ivan, INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2006

² Bošnjak, I.:op.cit.,str.2.

Slika 1. Temeljna značenja termina ITS

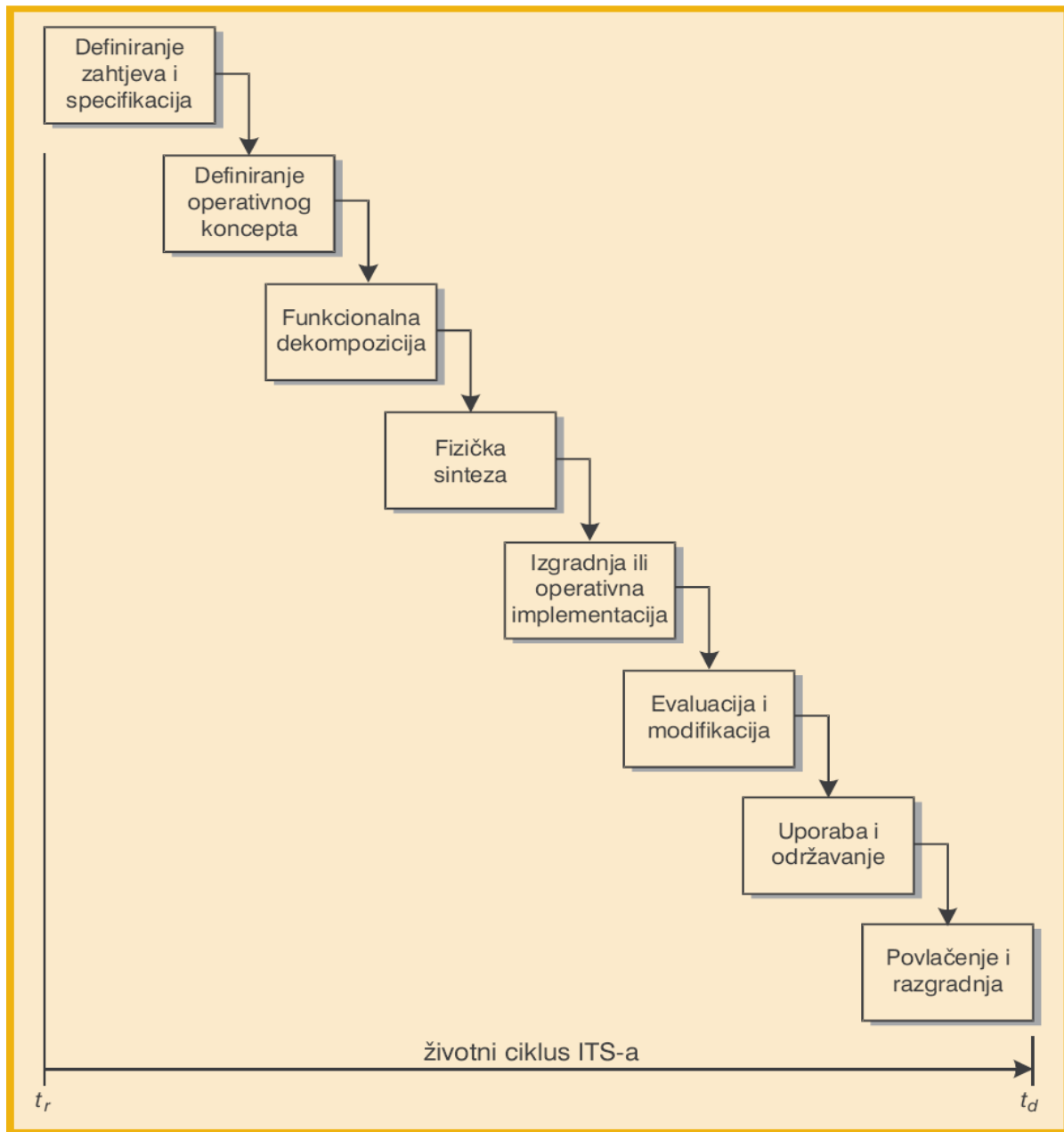


Izvor: Bošnjak, Ivan, *INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1*, str.4

ITS je koncept rješenja koji mijenja pristup i trend razvoja prometne znanosti i tehnologije transporta ljudi i roba. Rješava sve veće probleme zagušenja prometa i onečišćenja okoliša, učinkovitosti prijevoza, sigurnosti i zaštite ljudi i roba koji se ne mogu riješiti "build only" pristupom.

Tretira se kao nadgradnja već postojećih prometnih sustava, točnije kao informacijsko – komunikacijsku nadgradnju klasičnih prometnih sustava. ITS funkcionalnosti nadograđuju se na klasične funkcije transportnog i prometnog sustava tako da se stvaraju nove mogućnosti u rješavanju problema. Novi, suvremeni pristup kod projekata prometne infrastrukture je "build+ITS" pristup umjesto klasičnog "build only" pristupa. Glavne sastavnice ITS-a su senzori, informacijsko-komunikacijske tehnologije te razni algoritmi.

Slika 2. Životni ciklus ITS-a



Izvor: Bošnjak, Ivan, INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1, str.6

Cjelokupan životni ciklus ITS-a prikazan na slici 2. počinje od definiranja zahtjeva i specifikacija te operativnog koncepta gdje se zatim funkcionalnom dekompozicijom i fizičkom sintezom izgrađuje sustav koji se nakon toga evaluira i modificira, upotrebljuje i održava da bi se na kraju povukao i razgradio.

2.2. Performanse i kvaliteta usluge

Performanse inteligentnog prometnog sustava nasuprot performansama klasičnog prometnog sustava veće su i bolje, uz investiranja u sustav. Na takav zaključak vodi i sama logika jer inteligentni prometni sustav je nadgradnja klasičnog prometnog sustava, dakle poboljšani klasični prometni sustav. Naredna formula prikazuje navedenu tvrdnju:

$$\begin{aligned}PI_{ITS} &> PI_{KL} \\ QoS_{ITS} &> QoS_{KL}\end{aligned}$$

gdje je:

PI_{ITS} – indeks performansi inteligentnoga prometnog sustava,

PI_{KL} – indeks performansi klasičnog (pred-ITS) prometnog sustava,

QoS_{ITS} – kvaliteta usluga inteligentnoga prometnog sustava,

QoS_{KL} – kvaliteta usluga klasičnog (pred-ITS) prometnog sustava.

Kriteriji prema kojima se bira moguće ITS rješenje za pojedini sustav su protočnost, sigurnost, učinkovitost, udobnost te ekološka poboljšanja. Definiranjem kriterija izabrano rješenje primjenjuje se na sustav te se provode metode procjene kvalitete usluge i učinkovitosti sustava.

Metode kojima se mjere odnosno procjenjuju učinci primjene ITS-a na pojedino područje su metoda mjerenja fizičkih učinaka, metode analize koristi, analiza troškova i efektivnosti (C/E) te analiza koristi i troškova (B/C). Kategorije u koje se svrstavaju ti učinci su sigurnost, učinkovitost protoka, produktivnost i reduciranje troškova i koristi za okoliš.

Slika 3. ITS područja koristi i mjerljive veličine

Područja koristi	Mjerljive veličine
prijevoz osobnim automobilom	<ul style="list-style-type: none"> ▷ vrijeme putovanja (u minutama ili postocima) ▷ brzina prometnog toka (km/h) ▷ broj nezgoda (brojem i težinom) ▷ razina usluge (LoS) na rutama (A-F) ▷ protok putnika (putnika/sat) ▷ duljina redova čekanja (broj vozila) ▷ prometni stres (subjektivna mjera)
javni prijevoz	<ul style="list-style-type: none"> ▷ broj vožnji mjesečno ili godišnje ▷ iskorištenje kapaciteta vozila ▷ prihodi ▷ povećanje eksploatacijske brzine vožnje ▷ poboljšanje modalne razdiobe
ekonomski razvoj	<ul style="list-style-type: none"> ▷ porast trgovine (€/god.) ▷ broj novih poslova (poslova/god.) ▷ porast zaposlenosti (%/god.)
ekologija	<ul style="list-style-type: none"> ▷ smanjenje buke ▷ emisije polutanata (CO, CO₂, NO_x, SO_x, krute čestice...)
turizam	<ul style="list-style-type: none"> ▷ povećanje broja turista ▷ povećanje prihoda po turistu ▷ mjerenje zadovoljstva turista ▷ popunjenost hotela i objekata uz prometnice

Izvor: Bošnjak, Ivan, INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1, str.10

Mjerenje kvalitete usluge i učinkovitosti ITS sustava prikazano je na slici 3. iznad. Za svako područje koristi prikazane su mjerljive veličine. Tim mjerenjima dolazi se do rezultata i konačnih učinaka sustava na pojedino područje na koje je uveden. Iz rezultata očitavaju se još možebitno neriješeni problemi te se oni rješavaju uz usavršavanje sustava i njegovo poboljšanje.

2.3. Normizacija ITS usluga

ITS usluge normizirane su na međunarodnoj razini. Međunarodna organizacija za standardizaciju ISO (*eng. International Standardization Organization*) početno je normizirao ITS usluge fokusirane na cestovni promet 1990. godine dokumentom *ISO TR 14813-1 - Transport information and control systems — Reference model architecture(s) for the TICS sector*. Njime je definirano osam funkcionalnih područja i trideset i dvije usluge.

Definirana funkcionalna područja su :

- I. informiranje putnika (*Traveller Information*),
- II. upravljanje prometom i operacijama (*Traffic Management and Operations*),
- III. pomoć vozaču i kontrola vozila (*Driver Assistance and Vehicle Control*),
- IV. prijevoz tereta i komercijalne operacije vozila (*Freight Transport and Commercial Vehicle Operations*),
- IV. javni prijevoz (*Public Transport Operations*),
- V. žurne službe (*Emergency Service*) i servisne službe,
- VI. elektronička plaćanja (*Electronic Payment*),
- VIII. osobna sigurnost (*Personal Safety*).

Skup od 32 temeljne usluge (ISO definicija):

1. predputno informiranje (*Pre-trip Information*),
2. putno informiranje vozača (*On-trip Driver Information*),
3. putno informiranje u javnom prijevozu (*On-trip Public Transport Information*),
4. osobne informacijske usluge (*Personal Information Services*),
5. rutni vodič i navigacija (*Route Guidance and Navigation*),
6. podrška planiranju prijevoza (*Transport Planning Support*),
7. vođenje prometnog toka (*Traffic Control*),
8. nadzor i otklanjanje incidenata (*Incident Management*),
9. upravljanje potražnjom (*Demand Management*),
10. nadzor nad kršenjem prometne regulative (*Policing/Enforcing Traffic Regulations*),

11. upravljanje održavanjem infrastrukture (*Infrastructure Maintenance Management*),
12. poboljšanje vidljivosti (*Vision Enhancement*),
13. automatizirane operacije vozila (*Automated Vehicle Operation*),
14. izbjegavanje čelnih sudara (*Longitudinal Collision Avoidance*),
15. izbjegavanje bočnih sudara (*Lateral Collision Avoidance*),
16. sigurnosna pripravnost (*Safety Readiness*),
17. sprječavanje sudara (*Pre-crash Restraint Deployment*),
18. odobrenja za komercijalna vozila (*Commercial Vehicle Pre-Clearance*),
19. administrativni procesi za komercijalna vozila (*Commercial Vehicle Administrative Processes*),
20. automatski nadzor sigurnosti cesta (*Automated Roadside Safety Inspection*),
21. sigurnosni nadzor komercijalnog vozilana instrumentnoj ploči vozila (*Commercial Vehicle On-board Safety Monitoring*),
22. upravljanje komercijalnim voznim parkom (*Commercial Fleet Management*),
23. upravljanje javnim prijevozom (*Public Transport Management*),
24. javni prijevoz na zahtjev (*Demand-Responsive Public Transport*),
25. upravljanje zajedničkim prijevozom (*Shared Transport Management*),
26. žurne objave i zaštita osoba (*Emergency Notification and Personal Security*),
27. upravljanje vozilima žurnih službi (*Emergency Vehicle Management*),
28. obavješćivanje o opasnim teretima (*Hazardous Materials and Incident Information*),
29. elektroničke financijske transakcije (*Electronic Financial Transactions*),
30. zaštita u javnom prijevozu (*Public Travel Security*),
31. povećanje sigurnosti “ranjivih” cestovnih korisnika (*Safety Enhancement for Vulnerable Road Users*),
32. inteligentna čvorišta i dionice (*Intelligent Junctions and Links*).³

³ Ibid., str. 13

Nova klasifikacija dolazi 1999. godine kada su osam usluga dodane još tri usluge. ITS temeljne usluge (*ITS Fundamental Services*):

1. informiranje putnika (Traveler Information),
2. upravljanje prometom i operacijama (Traffic Management and Operations),
3. vozila(vehicles),
4. prijevoz tereta(freight transport),
5. javni prijevoz(public transport),
6. žurne službe(emergency),
7. elektronička plaćanja vezana za transport (Transport Related Electronic Payment),
8. sigurnost osoba u cestovnom prijevozu (Road Transport Related Personal Safety),
9. nadzor vremenskih uvjeta i okoliša (Weather and Environmental Monitoring),
10. upravljanje odzivom na velike nesreće (Disaster Response Management and Coordination),
11. nacionalna sigurnost i zaštita (National Security).⁴

⁴ Ibid.,str.15

2.4. Usluge unutar pojedinih područja

Svako od područja je dovoljno opširno da se svakom treba pristupiti detaljno i u potpunosti. Postoji jedanaest područja. O svakome od njih pojedinačno će se govoriti. Prvo od njih je informiranje putnika (eng. *traveller information*). Usluge unutar ovog područja su statičke i dinamičke informacije o prometnoj mreži, predputno i putno informiranje, podrška službama koje obavljaju prikupljanje, pohranjivanje i upravljanje informacijama za planiranje transportnih aktivnosti.

Usluga predputnog informiranja (eng. *pre-trip information*) omogućuje korisnicima da iz bilo koje lokacije, dom, radno, javno mjesto dođu do potrebnih informacija o raspoloživim modovima, vremenu ili cijenama putovanja. Putno informiranje (eng. *on-trip information*) daje korisnicima stvarnovremenske informacije o putovanju, procjenu vremena putovanja ovisno o postojećim uvjetima, raspoloživosti parkirnih mjesta, prometnim nesrećama i sl. Informacije su dostupne putem terminala na autobusnim i željezničkim postajama, tranzitnim točkama, u vozilima ili prenosivim osobnim uređajima.

Na predputno i putno informiranje odnose se i usluge rutnog vodiča i navigacije, te i na optimalnu rutu do specificirane destinacije. Izbor najbolje rute temelji se na informacijama o prometnoj mreži i javnom prijevozu. Kao primjer tih usluga navode se dinamički rutni vodič u vozilu, integrirani multimodalni putni vodič, pješački ili biciklistički rutni vodič.

U ITS domeni pod nazivom upravljanje prometom i operacijama (eng. *Traffic Management and Operations*) nalazi se nekoliko usluga:

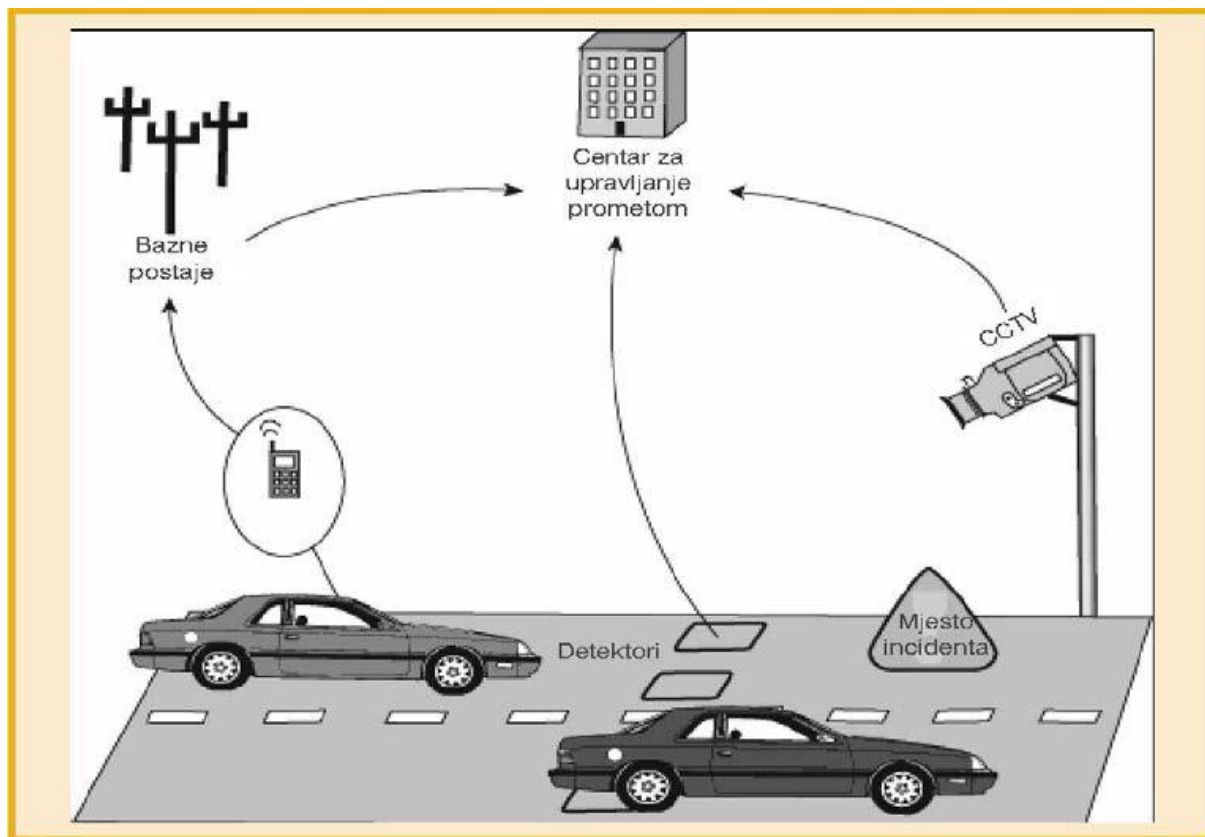
- vođenje prometa,
- upravljanje incidentnim situacijama u prometu,
- upravljanje potražnjom,
- upravljanje i održavanje transportne infrastrukture,
- identifikacija prekršitelja.⁵

Vođenje prometa (eng. *Traffic Control*) odnosi se na upravljanje prometnim tokovima, kako u mreži gradskih prometnica tako i izvan gradova. Te usluge su upravljanje prometnim svjetlima odnosno semaforima, promjenjivim prometnim porukama, kontrola pristupa na autocestu, kontrola brzine, upravljanje parkiranjem, itd.

⁵ Ibid., str. 16

Upravljanje incidentnim situacijama u prometu podrazumijeva nadzor i otklanjanje incidenata na prometnicama, detektiranje, odziv i raščišćivanje incidenata, predviđanje i prevencija nesreća te sprječavanje sekundarnih nesreća.

Slika 4. Sustav detekcije i prevencije incidenata



Izvor: Bošnjak, Ivan, *INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1*, str.18

Centar za upravljanje prometom dobiva podatke o stanju na cesti, incidentu, putem detektora, baznih postaja te CCTV-a, slikovitog prikaza na slici 3.

Upravljanje potražnjom djeluje na razinu potražnje u različitim vremenskim intervalima i na promjenu moda usluge. Te usluge uključuju:

- upravljanje tarifama javnog prijevoza,
- kontrolu pristupa pojedinim gradskim zonama,
- cijene parkiranja,
- naplatu doprinosa zagušenju,
- uvođenje posebnog traka za osobna vozila s više putnika,
- itd.

Upravljanje održavanjem transportne infrastrukture je upravljanje održavanjem cestovnih prometnica, odnosno pripadajuće komunikacijske i informatičke infrastrukture. Identifikacija prekršitelja odnosno nadzor kršenja prometne regulative uključuje automatsko detektiranje tipa vozila, registracijske pločice, prekoračenje brzine.

Područje vozila (eng. *Vehicles*) sadrži više usluga kojima se poboljšava operativna sigurnost vozila. Poboljšanje vidljivosti, asistencija vozaču i automatske radnje vozila, sprječavanje sudara, sigurnosna upozorenja neke su od njih.

Prijevoz tereta (eng. *Freight Transport*) podrazumijeva upotrebu komercijalnih vozila, multimodalnu logistiku te međusobnu koordinaciju prijevoznika i drugih sudionika uključenih u proces prijevoza tereta. Primjeri usluga su upravljanje informacijama o prijevozu tereta, menadžment intermodalnih centara, upravljanje opasnim teretima, automatska provjera dokumenata i težine vozila.

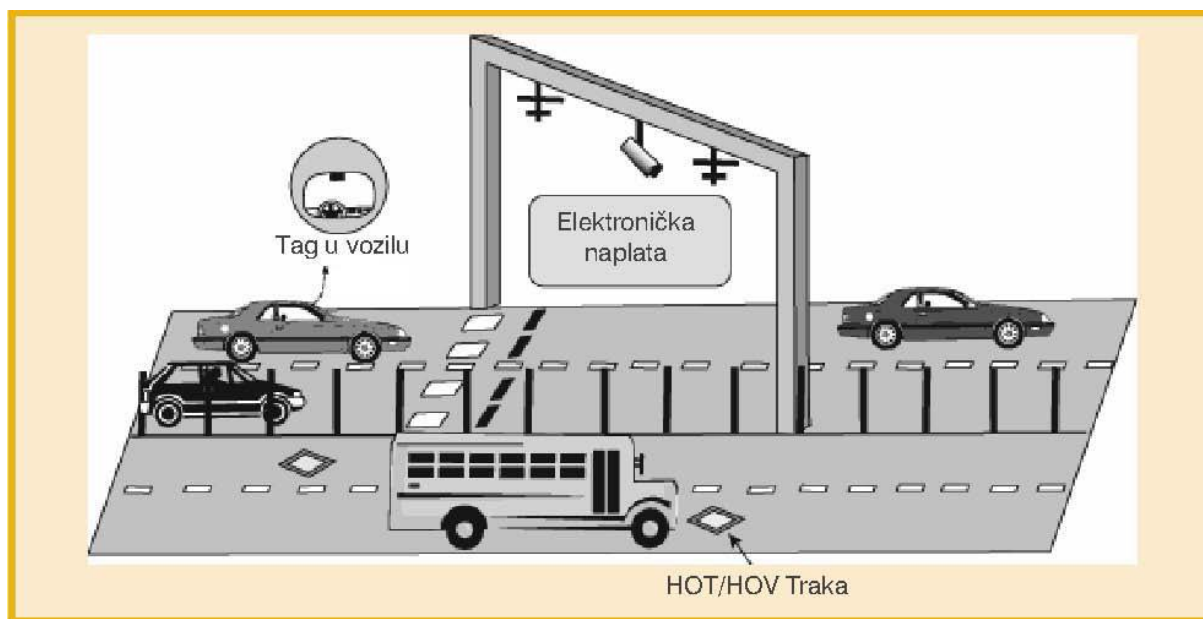
Javni prijevoz (eng. *Public Transport*) skup je više usluga koje omogućuju redovite i učinkovite radnje javnog prijevoza uz pružanje ažurnih informacija korisnicima. Kao primjer tih usluga navest ćemo napredni sustav javnog prijevoza, praćenje voznog parka, napredni sustavi dispečinga, zajednički transport, automatska provjera nesreće, automatski poziv u slučaju nesreće te koordinirano upravljanje vozilima žurnih službi.

Usluge žurnih službi (eng. *Emergency*) objedinjuju procese koji omogućuju brzu i efikasnu intervenciju hitne pomoći, policije, vatrogasaca i drugih žurnih službi. Sve više se integrira s upravljanjem incidentnim situacijama.

Elektronička praćenja vezana za transport (eng. *Transport Related Electronic Payment*) su elektronička naplata javnog prijevoza, elektronička naplata cestarine, elektronička naplata parkiranja te daljinska plaćanja.

Slika 4. prikaz je elektroničke naplate npr. pri izlazu sa autoceste, naplati tunelarine. Vršiti se putem tag-a u vozilu kojeg identificira sustav postavljen na naplatnim postajama.

Slika 5. Prikaz sustava elektroničke naplate



Izvor: Bošnjak, Ivan, *INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1*, str.20

Osobna sigurnost u cestovnom transportu (eng. *Road Transport Related Personal Safety*) su usluge nadzor i zaštita u vozilima javnog prijevoza, kolodvorima i sl., sustav nadzora pješaka, sustav upozorenja o radovima na cesti i itd.

Nadzor vremenskih uvjeta i okoliša (eng. *Weather and Environmental Monitoring*) su usluge nadzora vremenskih prilika na cestama, nadzora onečišćenja, nadzora razine vode ili leda, itd.

Upravljanje odzivom na velike nesreće (eng. *Disaster Response Management and Coordination*) povezuje usluge vezane za prirodne nesreće. Usluge koje pruža su jedinstveni pozivni broj “112”, upravljanje podacima o velikim nesrećama, koordinacija žurnih službi i sl.

U području nacionalne sigurnosti i zaštite (eng. *National Security*) razvijaju se usluge koje omogućuju identifikaciju opasnih vozila, nadzor kretanja opasnih tvari, nadzor cjevovoda itd. Kao posljedica stvaranja ovog područja najbitniji su razni teroristički napadi kao npr. 11. rujna 2001. Kada je počinjen višestruki teroristički napad otetimanjem putničkih zrakoplova u Sjedinjenim Američkim Državama.

3. ZNANSTVENOTEHNOLOŠKI TEMELJI ITS-a

3.1. Prometne znanosti i inženjerstvo

Inteligentni transportni sustavi se kao znanstvena disciplina razvijaju u okviru prometnih znanosti te predstavljaju dio znanstvenog polja tehnologije prometa i transporta.

3.1.1. Odnos prometnog i transportnog inženjerstva

Promet je sustav kojim se obavlja transport ljudi, roba i informacija u odgovarajućim prometnim entitetima (vozilima) zauzimanjem dijela kapaciteta prometnice prema utvrđenim pravilima i protokolima. Transport predstavlja proces premještanje transportiranih entiteta (ljudi, roba i informacija) koji su adaptirani na prometni entitet. Ukoliko nema prometnog entiteta govorimo o čistom transportu (npr. cjevovodni transport).⁶

ITE (*Institute of Transportation Engineers*) definira prometno inženjerstvo da proučava planiranje, geometrijski dizajn i prometne radnje na autocestama i gradskim ulicama, pripadajuće mreže i terminale te odnose s drugim modovima. Dok ITE definira transportno inženjerstvo kao multidisciplinarno područje koje obuhvaća primjenu tehnologije i znanstvenih načela u planiranju, funkcionalnom dizajnu, tehnološkim operacijama i upravljanju transportnim resursima s ciljem pružanja sigurnog, brzog, udobnog ekonomičnog i ekološki kompatibilnog kretanja ljudi i roba.⁷

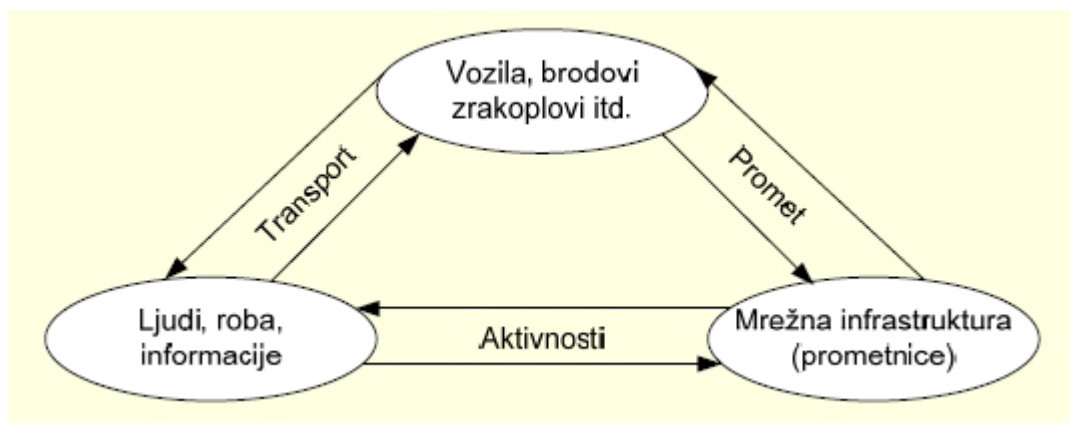
3.1.2. Sustavni pristup i sadržaj prometnog inženjerstava

Promet se odvija različitim tehničkim sredstvima na različitim prometnicama i oni omogućuju obavljanje različitih gospodarskih i društvenih aktivnosti. Dakle vrši se transport ljudi, roba i informacija. Ukratko prometni sustav možemo opisati kao interakciju između mrežne infrastrukture (cestovnih, željezničkih, zračnih, vodnih i drugih prometnica), prometnih entiteta (cestovna vozila, brodovi, zrakoplovi, itd.) te transportiranih entiteta (ljudi, roba i informacije). Slika 5. prikazuje tu interakciju.

⁶ Bošnjak, I., Badanjak, D.: OSNOVE PROMETNOG INŽENJERSTVA, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2005.

⁷ Bošnjak, I.:op.cit.,str.30.

Slika 6. Integracijski model prometa, transporta i sustava aktivnosti



Izvor: Bošnjak, Ivan, INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1, str.31

Prometni problemi odnosno zadaće vezane su za interakciju komponenata prometnog sustava, te se njome određuje struktura i ponašanje promatranoga prometnog sustava. Prometni stručnjaci moraju ovladati sustavnim pristupom i metodama rješavanja prometnih problema. Razlog tome je što se metodologija prometnog inženjerstva razlikuje od klasičnih inženjerskih disciplina zbog kompleksnijih prometnih problema koji uključuju i čovjeka. Osim problema inženjerskog dizajna i razvoja komponenata treba rješavati relacije između komponenata i relacije prema okruženju.

Ponašanje prometnog sustava uključuje složene interakcije brojnih komponenti pri čemu nastaju željeni *outputi* te neželjeni *outputi*, premještanje ljudi, roba i informacija i prometne nesreće, buka, onečišćenje okoliša i sl.

Dijelovi problemskog područja prometnog inženjerstva, odnosno njihov sadržaj od interesa za ITS su planiranje i funkcionalni dizajn prometnica prema transportnoj potražnji, upravljanje preraspodjelom potražnje na modove i rute, funkcionalna adaptacija prometnih entiteta, nadzor i operativno vođenje prometnih tokova, prometna analiza procesa u čvorovima i linkovima, prometno-tehnološko dizajniranje procesa u terminalnim podsustavima, sigurnosno razdvajanje vozila, zrakoplova, brodova, itd., modeliranje propusnosti i razine usluge mrežnih elemenata, upravljanje prometom, proračun sigurnosnog rizika u prometu, preventivno održavanje raspoloživosti, itd.

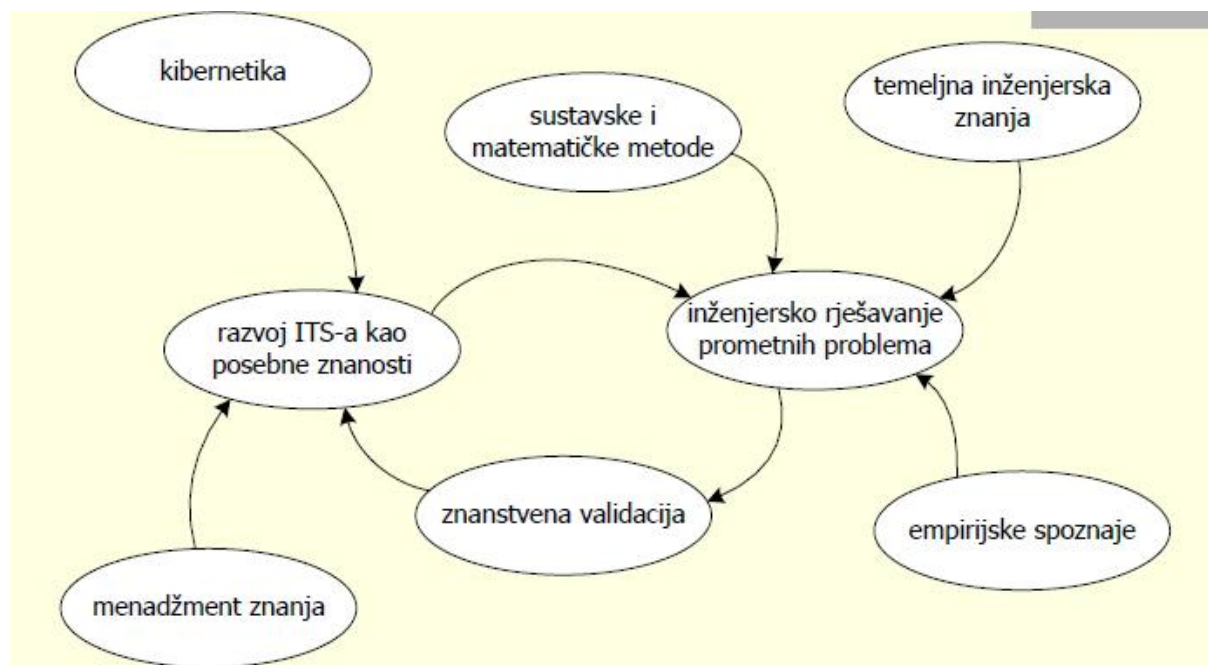
3.1.3. Razvoj ITS inženjerstva

Modeli i metode prometnog inženjerstva značajni su za razvoj ITS inženjerstva. Klasični pristup je rad s prosječnim veličinama za određeno razdoblje promatranja gdje su podaci prikupljeni trajnim mjerenjem ili uzimanjem uzoraka u određenim razmacima, dok u ITS okruženju važno je poznavanje trenutanih vrijednosti prometnih varijabli i djelovanje u realnom vremenu.

Temeljna zadaća ITS-a kao znanstvene discipline je analiza i sinteza. Dakle, analizirati i identificirati prometni sustav, te sintetizirati odnosno razviti i primijeniti rješenja za učinkovit, siguran, ekonomičan, udoban i ekološki prihvatljiv prijevoz i prijenos ljudi, roba i informacija uporabom odgovarajućih tehničkih sredstava, prometnica i sustava cjelovitog upravljanja prometom.

Inženjerski pristup u ITS-u temelji se na općim značajkama inženjerskog pristupa, što znači da podrazumijeva precizno razgraničenje sustava i okruženja, rigoroznost opisa, formalizaciju iskaza, mjerenje relevantnih veličina, primjenu matematičko-statističkih metoda.

Slika 7. Razvojni ciklus prometnog inženjerstva



Izvor: Bošnjak, Ivan, INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1, str.34

Kibernetika, usmjerena na funkcioniranje reguliranih sustava, i menadžment znanja utjecali su na razvoj ITS-a kao posebne znanosti koja se povezala na inženjersko rješavanje prometnih problema. Ona podrazumijevaju sustavske i matematičke metode, temeljnja inženjerska znanja, znanstvenu validaciju te empirijske spoznaje.

3.2. Umjetna i ambijentalna inteligencija

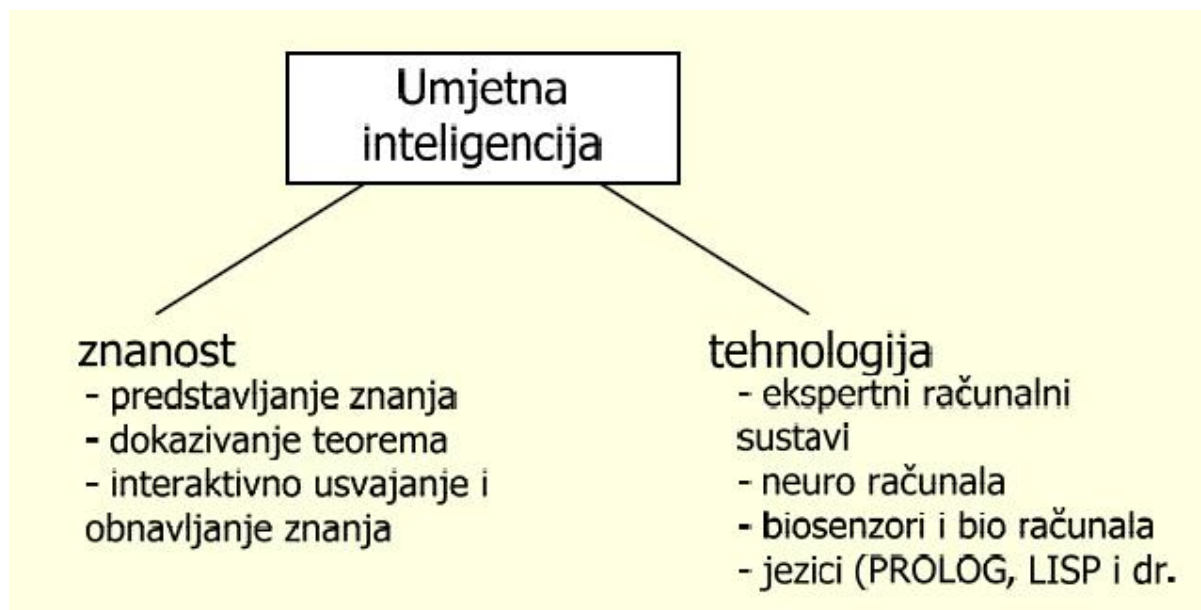
Atribut inteligentni u kontekstu ITS-a odnosi se na sposobnost prikupljanja podataka i obrade tako da se postiže bolje i prilagodljivo ponašanje prometnog odnosno transportnog sustava. Inteligencija se tu odnosi na tehničke komponente sustava, stoga se i naziva umjetna. Počela se primjenjivati sredinom 20.st., no s vremenom se ona razvija i poboljšava.

Umjetna inteligencija je naziv koji pridajemo svakom neživom sustavu koji pokazuje sposobnost snalaženja u novim situacijama. Engleski naziv za umjetnu inteligenciju je *Artificial Intelligence* skraćeno AI. Uobičajeno je da se to ime pridaje računalnim sustavima. Izraz se primjenjuje i na robotske sustave, no njihov sustav ne mora nužno biti inteligentan.

Prema tzv. "povijesnoj definiciji" (Minsky,1985.) umjetna inteligencija je znanost i tehnologija izvedbe strojeva koji sus sposobni za obavljanje aktivnosti koje zahtjevaju ljudsku inteligenciju. Na početku 21.st. stvara se novi koncept s distribuiranim i posvuda prisutnim računalnim i komunikacijskim sustavima tako da se počinje koristiti termin ambijentalna inteligencija *Ambiental Intelligence* AmI. Veza između ITS-a i AmI je vezana za prostore uz prometnice, upravljačke centre, transportne centre, transportne terminale i vozila.⁸

⁸ Bošnjak, I.:op.cit.,str.37.

Slika 8. Umjetna inteligencija kao znanost i tehnologija



Izvor: Bošnjak, Ivan, INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1, str.38

Umjetna inteligencija sa aspekta znanosti predstavlja znanja, dokazivanje teorema i interaktivno usvajanje te obnavljanje znanja. Sa strane tehnologije nalazimo ekspertne računalne sustave, neuro računala, bio senzore i računala te programske jezike.

3.3. Teorija sustava i njegovo vođenje

Teorija sustava odnosno sustavska znanost egzistira već više od pola stoljeća kao akademska domena koja proučava sustav, strukturu, funkcije, procese, vođenje, itd. Uz nju kao uporište za razumijevanje i razvoj ITS-a je i kibernetika. Osnovna razlika između teorije sustava i kibernetike je u tome da sustavska znanost ima jači fokus na strukturu sustava dok je kibernetika više fokusirana na funkcioniranje reguliranih sustava. Dakle teorija sustava je struktura sustava a kibernetika njegove funkcije, te obje djeluju i na strukturu i na funkcije.

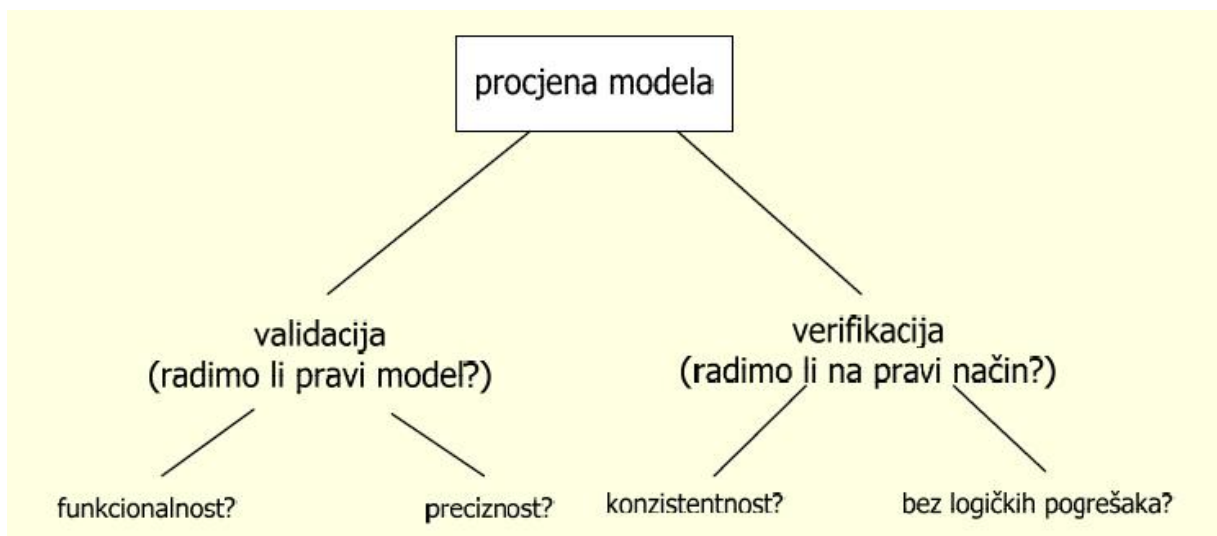
Za razliku od složenih sustava koji se mogu rastaviti na jednostavne komponente i na taj način ih dalje rješavati, kod kompleksnih sustava uvijek postoji još jedan dio koji nije obuhvaćen dekompozicijom. Stupanj kompleksnosti određen je brojem komponenti sustava, brojem i vrstom interakcija, odnosima ciljeva, kompleksnošću vođenja, kompleksnošću znanja i vještina, subjektivnim konotacijama i sl.

Modeli se koriste kako bi opisali pojedini sustav. No, oni ne predstavljaju točan opis sustava već je ključno da model zadovoljava postavljenu svrhu i da je zadovoljavajuće točan.

Najčešće se koristi za određivanje efekata različitih vrijednosti parametara, utvrđivanje posljedica promjene strukture modela dodavanjem i brisanjem varijabli ili promjenom relacija između varijabli, dizajniranje strategije vođenja kojom se eliminiraju nepoželjna ponašanja kao nepreciznost, nestabilnost.

Ispravnost i uporabljivost modela potrebno je procijeniti kroz verifikaciju i validaciju modela. Validacija daje odgovor "da li je građen pravi model" koji zadovoljava postavljenu svrhu i koristan je, funkcionalan i precizan. Dok verifikacija daje odgovor na pitanje "da li je model građen na pravi način", bez logičkih grešaka i konzistentan.

Slika 9. Validacija i verifikacija modela



Izvor: Bošnjak, Ivan, *INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1*, str.47

Vođenje je postupak ostvarivanja svrhe i ostvarivanja konkretnih ciljeva na osnovu prikupljanja i obrade informacija o okruženju, stanju i/ili izlazu objektnog sustava. Za ostvarivanje cilja vođenja potrebne su odgovarajuće informacije i algoritam mijenjanja stanja objekata pri provođenju vođenja.

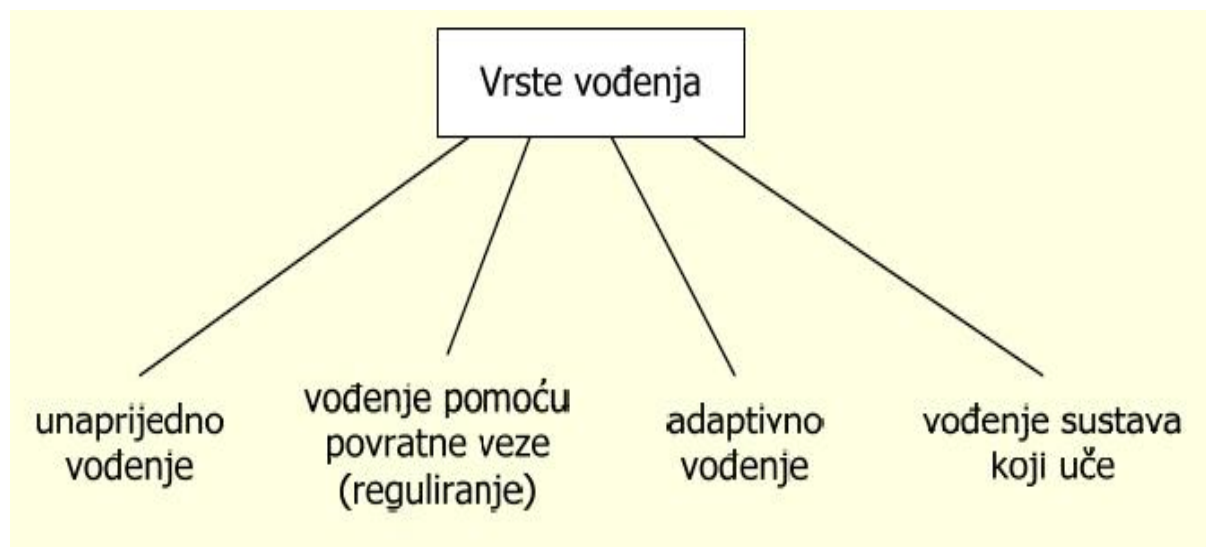
Postupak ili algoritam vođenja određuje se na osnovu sustavskog modela promatranog objekta vođenja koji može biti npr.:

1. cestovno raskrižje,
2. automatizirana autocesta,
3. vozilo (automatski pilot),
4. automat za prodaju karata, itd.⁹

⁹ Ibid.,str. 55.

Slika 10. Prikazuje vrste vođenja. Pa tako imamo unaprijedno vođenje, vođenje pomoću povratne veze (reguliranje), adaptivno vođenje i vođenje sustava koji uče.

Slika 10. Vrste vođenja prometa



Izvor: Bošnjak, Ivan, INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1, str.56

Upravljanje je unaprijedno djelovanje koje se primjenjuje kada je potrebno otkloniti poremećajna djelovanja prije nego što ona pogoršaju ponašanje sustava. Negativno ponašanje može se odmah otkloniti prije nego naštetiti sustavu za razliku od vođenja pomoću povratne veze. Naime, ta vrsta vođenja, odnosno reguliranje djeluje na način da se motrenjem izlazne veličine uočava poremećajno djelovanje te se sačeka da ono obavi negativan utjecaj. Razlikujemo automatski stabilizator, programski regulacijski sustav i slijedni regulacijski sustav, kao podsustave ove vrste vođenja sustava.

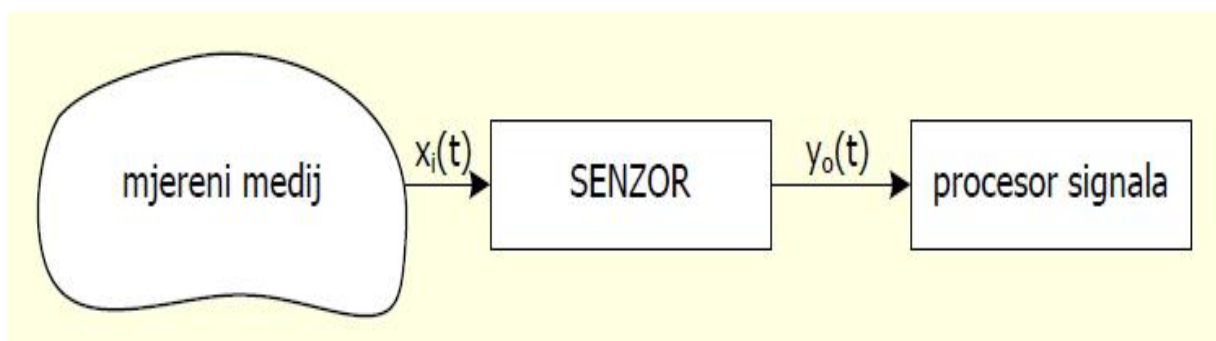
Vođenje prometa predstavlja jedno od ključnih područja prometnog inženjerstva i od posebnog je interesa za ITS aplikacije integriranog vođenja prometom. Inteligentno vođenje uključuje adaptivno vođenje i "sustava koji uči". Adaptivno ili prilagodljivo vođenje znači sposobnost prilagodbe vanjskim utjecajima i promjenama unutar svoje strukture. Primjer adaptivnog upravljanje prometa na raskrižju na dva osnovna načina, uvođenjem fiksnog programa u upravljački uređaj ili upravljanje temeljem informacije o broju dolazaka vozila na raskrižje. Vođenje sustava "koji uči" temelji se na sposobnostima sustava da tijekom vremena poboljšavaju i usavršavaju svoje djelovanje

3.4. Senzori

Inteligentno ponašanje podrazumijeva sposobnost prikupljanja i obrade podataka o okruženju u kojem se inteligentni sustav nalazi. Za to su zaslužni senzori i detektori koji su ključne komponente ITS-a.

Senzor možemo definirati kao *input-output* sustav koji može reagirati na svjetlo, toplinu, pritisak, električno ili magnetsko polje, koncentraciju plinova, itd., proizvodeći pritom određeni električni signal o stanju medija gdje se nalazi. Na izlazu je najčešće električni signal koji se dalje obrađuje i prenosi u upravljačkog dijela sustava. Shematski prikaz senzora dan je na slici 11.¹⁰

Slika 11. Input-output model senzora



Izvor: Bošnjak, Ivan, *INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1*, str.61

Klasifikacija senzora može se izvršiti na više načina pa ih se tako, između ostalih, može podijeliti na:

- strujni i naponski senzori,
- magnetski senzori,
- akustički senzori,
- temperaturni ili toplinski senzori,
- svjetlosni (elektromagnetski) senzori,
- kemijski senzori,
- biologijski senzori,
- mehanički senzori.

¹⁰ Ibid.,str. 61.

Pored klasičnih senzora i detektora za inteligentne transportne sustave su od posebnog značenja inteligentni senzori nastali razvojem mikroelektronike i nanotehnologije. Koriste se naziv "mekani" i mikroelektromehanički senzori.

Inteligentni senzor sadrži sklopovska osjetila i mikroprocesor koji obrađuje podatke prikupljene od velikog broja naprava i kombinira ih tako da stvara procjenu parametara od interesa za promatranje. Inteligentni senzori na tržištu se pojavljuju kao:

- akcelerometri,
- biosenzori,
- optički senzori,
- magnetski senzori,
- kemijski senzori,
- inteligentni sustavi prikaza,
- neuronski procesori, itd.

No, postoje još i induktivna petlja, radarski sustavi, infracrveni, akustični, magnetski, pneumatska cijev, piezoelektrični, optoelektrični, videosustavi te primopredajnici u vozilu.

Pojedini od inteligentnih senzora proizvode se sa neuronskim mrežama i drugim sofisticiranim inteligentnim tehnikama. Za "pametne" senzore relevantan je dio postojećih standarda koji se odnose na otvorene komunikacijske sustave i razmjenu podataka između umreženih sustava, žično ili bežično.

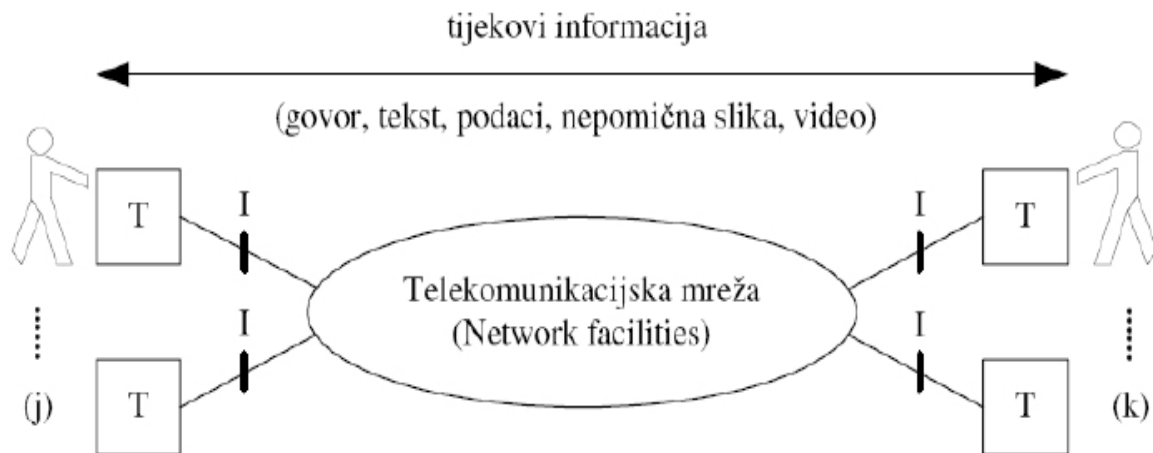
Dakle, kada se govori o sensorima u ITS-u najčešće se govori o induktivnim petljama, radarskim sustavima, pneumatskim cijevima, video sustavima, primopredajnim sustavima u vozilu, te infracrvenim, akustičkim, magnetskim, piezoelektričkim i optoelektričkim detektorima.

3.5. Telekomunikacija

Telekomunikacija je način prijenosa informacija na daljinu elektromehaničkim uređajima. Telekomunikacijski promet nastaje prijenosom različitih oblika tih informacija putem žičnih ili bežičnih mreža koje funkcioniraju prema određenim protokolima.

Osnovna podjela ITS telekomunikacijskih sustava je na žične sustave, bežične i mobilne ćelijske sustave, internet i intranet.

Slika 12. Osnovni model telekomunikacijske mreže i terminala



Izvor: Bošnjak, Ivan, *INTELISTENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1*, str.65

Povezivanje fizičkih podsustava ITS-a, prometnica, centara, vozila, transportno-logističkih terminala, vozača, putnika i dr., realizira se putem navedenih telekomunikacijskih sustava. Žični sustavi izvode se svjetlovodima, raznim kabelima dok bežični sustavi omogućuju komunikaciju u pokretu putem zemaljskih ili satelitskih veza. Za potrebe lokacije i navigacije vozila koriste se različite generacije satelitskih sustava: GPS, DGPS i GNSS. U svakodnevnoj uporabi mogu se pronaći različite izvedbe, od skromnih GPS prijamnika do profesionalnih uređaja visoke preciznosti.

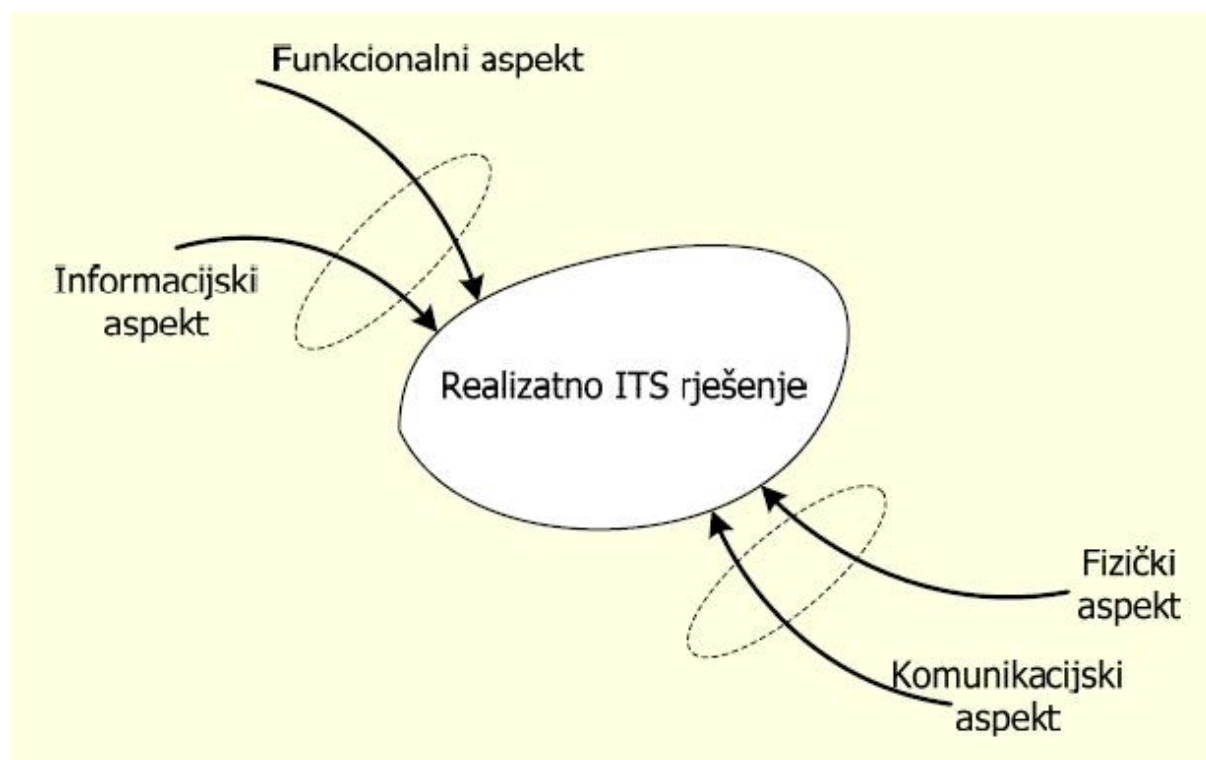
4. ARHITEKTURA ITS-a

4.1. Pojam i razvoj

Arhitektura predstavlja temeljnu organizaciju sustava koja sadrži ključne komponente, njihove odnose i veze prema okolini te načela njihova dizajniranja i razvoja promatrajući cijeli životni ciklus sustava. "Architecton" (grčki) znači "glavni zidar" ili "glavni graditelj", odnosno označava stil gradnje pri čemu konkretne izvedbe mogu biti različite.¹¹

Prvi korak u razvoju ITS arhitekture je konkretno, jasno i jednoznačno definiranje zahtjeva korisnika odnosno interesnih skupina. Zatim slijedi proučavanje i istraživanje funkcionalnih aspekata kojim se definiraju funkcije potrebne za zadovoljenje zahtjeva i ostvarenje veze s vanjskim svijetom preko sudionika. Sagledajući sve aspekte od funkcionalnog, informacijskog preko fizičkog do komunikacijskog dolazi se do realizatnog ITS rješenja.

Slika 13. Aspekti arhitekture ITS-a



Izvor: Bošnjak, Ivan, *INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1*, str.128

¹¹ Ibid.,str. 127.

Fizička ITS arhitektura definira i opisuje dijelove funkcionalne arhitekture koji mogu biti povezani tako da formiraju fizičke entitete. Logička ITS arhitektura definira unutarnju logiku odnosa pojedinih entiteta. Logička arhitektura je predstavljena nazivom temeljne funkcije s informacijskim izvorima i odredištima. Komunikacijska ITS arhitektura definira oblike komuniciranja među entitetima, npr. definira oblike protoka podataka.

ITS arhitektura daje opći predložak prema kojemu se planiraju, dizajniraju i postavljaju integrirani sustavi u određenom prostorno vremenskom obuhvatu. Uspješan razvoj i gradnja kompleksnih sustava ne može se temeljiti na klasičnom razvojnom ciklusu koji pretpostavlja da su ulazni zahtjevi dobro definirani i da se tehnologija neće bitno promijeniti tijekom razvojnog ciklusa. Razvoj ITS-a je višegodišnji proces tijekom kojeg dolazi do značajnih promjena u početnim zahtjevima korisnika, raspoloživim tehničko-tehnološkim rješenjima te organizacijskom i pravnom okruženju.

Svrha arhitekture sustava ITS-a je da pruži stabilan i otvoren okvir za razvoj sustava (podsustava) niže razine koji će biti konzistentni, kompatibilni i interoperabilni.

4.2. Koncept i načela

Koncept arhitekture korišten je uz dizajn građevina koji prethodi detaljno građevinskoinženjerskom dizajnu ili projektiranju. Arhitekt vidi rješenje globalno fokusirajući se na djelove koji su bitni za potrebe korisnika i okolinu. Pritom treba uvažavati tehničko-tehnološke mogućnosti i ekonomska ograničenja te načela. Postoji ih nekoliko.

Načela "dobre arhitekture" su:

1. konzistentnost,
2. ortogonalnost,
3. umjesnost,
4. transparentnost,
5. općenitost,
6. otvorenost,
7. kompletnost.¹²

Konzistentnost podrazumijeva da je uz djelomično poznavanje sustava moguće predvidjeti ostali dio sustava, dok ortogonalnost međusobno neovisne funkcije drži odvojene u specifikaciji. Umjesnost znači da dobra arhitektura ne sadrži uporabne funkcije, transparentnost da su funkcije jasne korisnicima a općenitost da se funkcije mogu višestruko koristiti. Otvorenost je mogućnost drugačijega korištenja a kompletnost visoka razina zadovoljenja potreba korisnika.

¹² Ibid., str. 131.

4.3. Tipovi i razine

Nastankom i korištenjem ITS-a nastala je i arhitektura pa i s vremenom njezini tipovi i razine. Unazad desetak godina u nekoliko zemalja razvijeno je nekoliko arhitektura koji usmjeravaju razvoj ITS rješenja. Općenito postoje tri osnovna tipa arhitektura, to su okvirna, obvezna i servisna ITS arhitekture.

Okvirna ITS arhitektura odnosi se na iskazivanje zahtjeva i potreba korisnika te funkcionalno gledište. Primjerena je za nacionalnu razinu i može se koristiti za kreiranje drugih dvaju osnovnih tipova ITS arhitektura. Obvezna ITS arhitektura uključuje fizičke, logičke i komunikacijske aspekte te analizu troškova i koristi, sljedivosti, analizu rizika i dr. Servisna ITS arhitektura slična je obveznoj arhitekturi, ali podržava pojedine usluge kao što su informiranje putnika, upravljanje incidentnim situacijama, elektroničko plaćanje cestarine, itd.

Američka nacionalna ITS arhitektura prva je razvijena i prezentirana 1996. godine s težištem na fizičkom gledištu. Dokumenti obuhvaćaju:

- viziju ITS-a,
- teoriju operativnog djelovanja,
- logičku i fizičku arhitekturu,
- analizu troškova i koristi,
- analizu rizika,
- strategiju implementacije.¹³

U Europi je težište na potrebama korisnika i funkcionalnom gledištu. Osnovni dokumenti su:

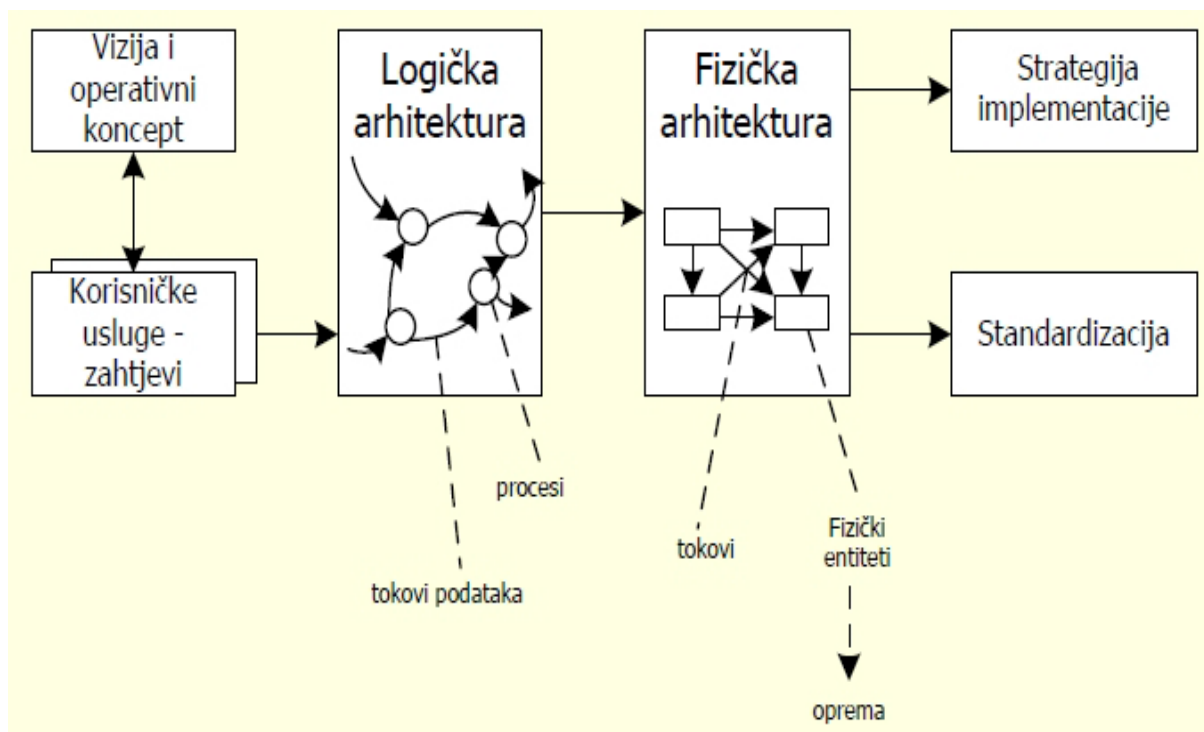
- europska ITS funkcionalna arhitektura,
- europska ITS fizička arhitektura,
- europska ITS komunikacijska arhitektura,
- europska ITS *cost – benefit* analiza,
- europska ITS studija implementacije,
- modeli za ITS implementaciju.¹⁴

Japanska nacionalna ITS arhitektura (1999.) ima bitnu razliku u metodološkom pristupu, umjesto metode strukturne analize primjenjuje objektivno orijentiran metodološki pristup. U RH razvijen je metodološki predložak za razvoj ITS rješenja s težištem na međumodalnim sučeljima.

¹³ Bošnjak, Ivan, INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2006.

¹⁴ Bošnjak, I.:op.cit.,str.132.

Slika 14. Tok razvoja arhitekture



Izvor: Bošnjak, Ivan, *INTELIĞENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1*, str.133

Logička ili funkcijska arhitektura prikazuje potrebne funkcijske procese i tokove podataka koji su potrebni da se zadovolje zahtjevi korisnika odnosno usluge iz kojih proizlazi vizija i operativno koncept. Neovisna je o tehničko-tehnološkoj implementaciji, te je osnova za definiranje fizičke arhitekture. Informacijska arhitektura (kao dio logičke) opisuje podatke potrebne za ITS funkcije.

Fizička arhitektura pokazuje gdje će se funkcijski procesi smjestiti i prikazuje važne ITS veze između glavnih komponenata sustava (centri, vozač/putnik, vozilo, prometnica, itd.). Žične i bežične komunikacijske mreže omogućuju komunikaciju između komponenata, fizičkih entiteta. Sadržaj fizičke arhitekture je fiksiran i limitira opseg izvedbenih opcija. Komunikacijska arhitektura predstavlja dio fizičke arhitekture ITS-a.

Projekt CONVERGE definirao je četiri razine ITS arhitekture prikazane na slici 15. Razina 0 zapravo nije dio arhitekture jer se odnosi na dizajn komponenata i ovisi o izabranoj tehnologiji. Tipično se odnosi na dobavljače koji razvijaju pojedine komponente ili podsustave prema fiksiranim ciljevima i standardnim razvojnim procedurama. Na razini 1 definira strukturu sustava te relacije između podsustava. Obično se sastoji od nekoliko posebnih arhitektura:

- logičke ili funkcionalne arhitekture koja opisuje funkcije ITS-a, tokove podataka između njih i glavne baze podataka,
- fizičke arhitekture koja opisuje grupiranja funkcija i podfunkcija u fizičke jedinice te komunikacijske veze između njih,
- komunikacijske arhitekture koja opisuje tokove podataka i zahtjevne karakteristike prijenosnih medija (propusnost).¹⁵

Razina 2 definira svojstva i integraciju sustava koji djeluju unutar organizacije. Na razini 3 uvažavaju se realna ograničenja i djelovanje prema dugim organizacijama.

Slika 15. Višerazinski model za analizu ITS-a

3	Međuorganizacijska razina
2	Razina jedne organizacije
1	Tehnologijska razina
0	Razina tehničkih komponenata

Izvor: Bošnjak, Ivan, *INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1*, str.138

¹⁵ Ibid.,str. 138.

5. INTELIGENTNA INFRASTRUKTURA I VOZILA

5.1. Inteligentne prometnice

Klasične prometnice podrazumijevaju cestu na kojoj se obavlja promet uz osnovne fizičke funkcije, sa svim potrebnim oznakama i znakovima. Njihovom nadogradnjom, kibernetikom i informatičkom, "stvaraju" se inteligentne prometnice. Dakle, inteligentne prometnice predstavljaju nadogradnju klasičnih prometnica koje uz osnovne funkcije ostvaruju bolje informiranje vozača, vođenje prometa, sigurnost i sl..

Djelovi ITS-a prometnica:

1. Senzorsko-izvršni sustav (prikuplja informacije o stanju na prometnici, brojači prometa, meteo situacija, praćenje incidenata i dr. te izvršni elementi semafori, prometna signalizacija rampe i dr.),
2. Telekomunikacijski sustav (omogućuje razmjenu podataka, govora ili videoinformacija između korisnika (izdvojenih jedinica) i centralnih jedinica),
3. Upravljački sustav (temeljem prikupljenih informacija i ugrađenog ekspertnoga prometnoga znanja donosi odluke vezane za dinamičko (adaptivno) upravljanje prometom i daje naloge izvršnom sustavu).¹⁶

Automatizirane odnosno inteligentne prometnice uključene u ITS sustav podrazumijevaju funkcije mjerenja prometa i klasifikaciju vozila, analizu prometnog toka, videonadzor i daljinsko upravljanje protočnošću prometnica, naplatu cestarine putem "pametnih" kartica, telekontrolu gabarita (primjenom lasera i optičkih rešetki), poboljšanje vidljivosti u tunelima, telekontrolu pojave dima ili vatre, telemetriju meteoroloških uvjeta (temperatura, vlažnost, brzina vjetra, snijeg, kiša. itd.), upravljanje promjenjivom prometnom signalizacijom, infopanoima, semaforima i radiokomunikacijskim porukama, navigacijske upute o trenutačno optimalnim prometnim smjerovima, uključivanje i regulaciju rasvjete te automatsko uključivanje gašenja požara u tunelu.

Ovisno o opremljenosti prometnice, one se razvijaju prilagođene zahtjevima korisnika. Provedena rješenja se provjeravaju, odnosno njihovi učinci koji se promatraju kroz poboljšanje sigurnosti, udobnosti, zaštićenosti korisnika, protočnosti prometnica, zaštiti okoliša od emisije štetnih ispušnih plinova vozila i dr.

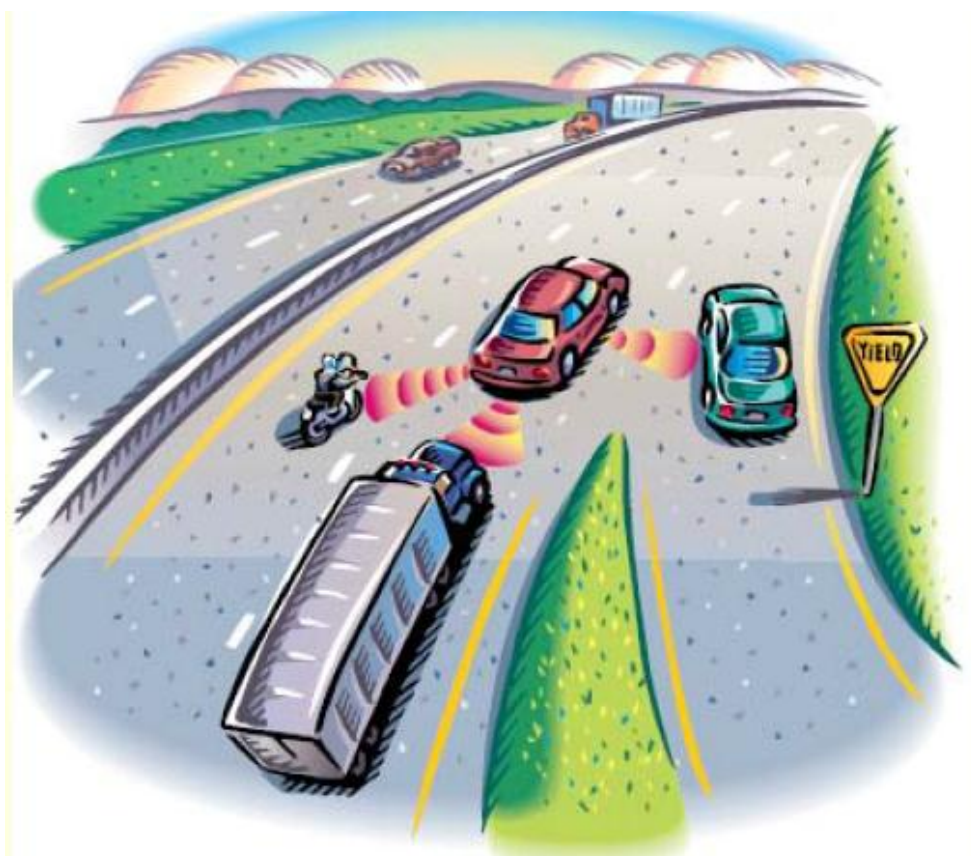
¹⁶ Ibid.,str. 141.

Kod analize propusnosti odnosno protočnosti potrebno je odrediti prometni reprezentant, o kojem se treba voditi računa kod određivanja povećanja razine usluge. Pri određivanju stvarne propusnosti potrebno je uzeti u obzir utjecaje:

1. širine prometnog traka
2. strukture prometa
3. vidljivosti
4. udaljenosti bočnih smetnji, itd.¹⁷

Za korisnike inteligentnih prometnica relevantni su mnogi segmenti koji će im osigurati zadovoljavajuće putovanje. Stoga se razina usluge konstantno povećava i usavršava. Njezinim mjerenjem dobivaju se rezultati relevantni u daljnjoj proizvodnji usluge. Dakle ona se mjeri smanjenjem vremena putovanja, slobodom manevriranja, povećanjem sigurnosti vožnje, povećanjem udobnosti vožnje, smanjenjem prekida prometnog toka te smanjenjem troškova korištenja vozila.

Slika 16. Slijevanje tokova vozila



1. Izvor: Bošnjak, Ivan, *INTELLIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1*, str.145

¹⁷ Ibid.,str. 144.

5.2. Inteligentna vozila

Vozila koja imaju dodane funkcije prikupljanja i obrade podataka iz okoline i automatiziranu prilagodbu kao pomoć ili zamjenu čovjeka nazivaju se inteligentnim vozilima. Takva vozila koja se samostalno mogu kretati cestom van ili unutar urbanih područja postoje i danas, al nisu u širokoj upotrebi. Naime, kao primjer sve veće upotrebe inteligentnih vozila su automobili koji imaju ugrađene dodatke kao senzore i uređaje za samostalno parkiranja koji postaju svakodnevnica. Ona nude znatne mogućnosti za povećanje sigurnosti, operativne učinkovitosti i udobnosti vozača.

Inteligentni sustavi vozila mogu biti autonomni što znači da je inteligencija smještena u samom vozilu ili kooperativni gdje asistencija dolazi od prometnice i/ili drugih vozila. Njihove funkcije se ostvaruju putem telematičke opreme koja se nadograđuje na osnovnu opremu. Sustavi namjenjeni upozoravanju vozača uključuju funkcije upozoravanje na opasnost čelnog sudara, izlijetanja s ceste, opasnosti pri prestrojavanju vozila, detekcije pješaka i dr. Ako vozač neadekvatno reagira na svjetlosna ili zvučna upozorenja, sustavi mogu preuzeti kontrolu nad upravljanjem vozila.

Rješenja inteligentnog vozila uključuju:

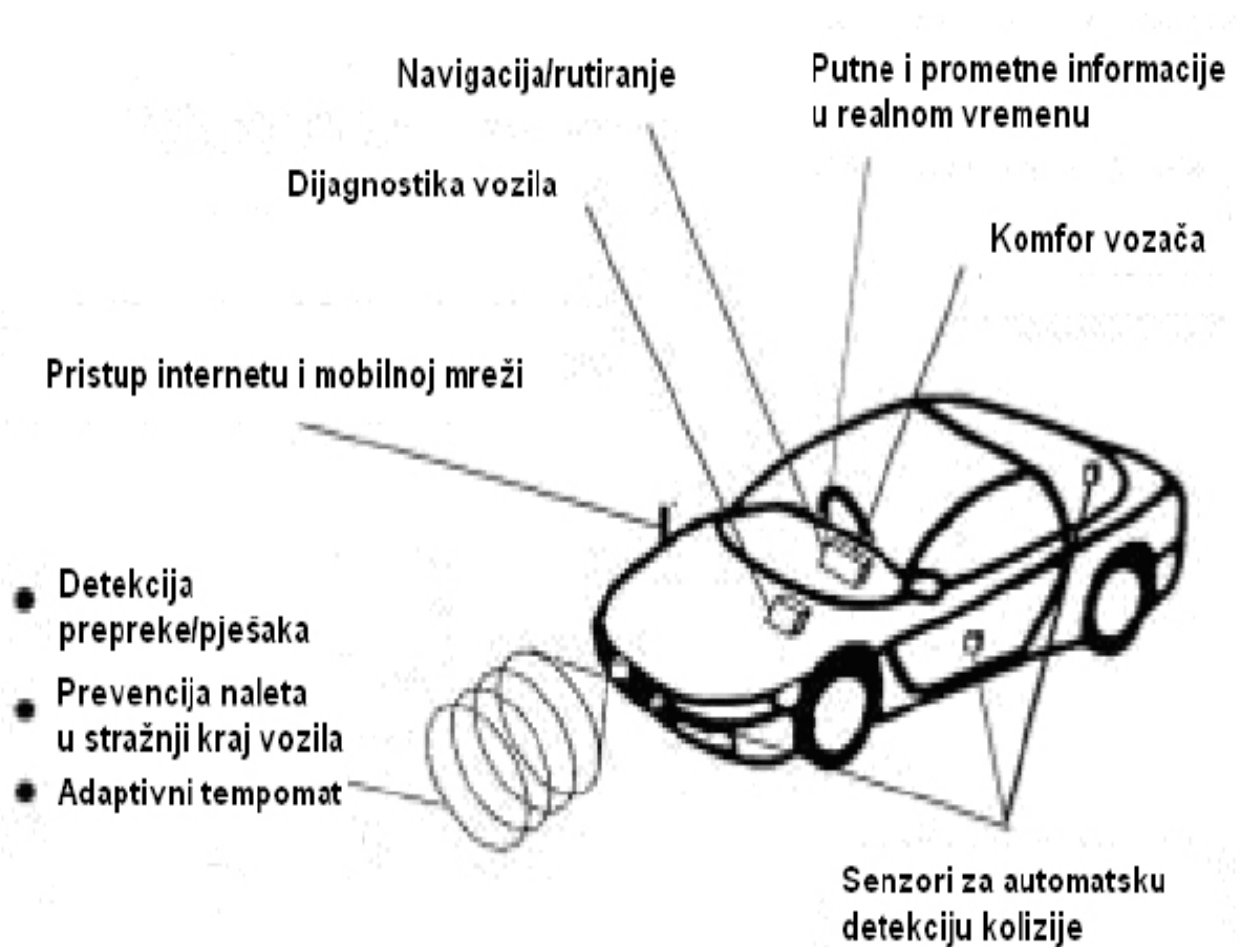
1. automatsko upravljanje vozilom,
2. držanje sigurnog razmaka,
3. elektroničko vođenje autobusa i teretnih vozila posebnim prometnim trakom,

dok ITS prilagodba uključuje:

1. uređaje za upravljanje vozilom,
2. uređaje za zaustavljanje vozila,
3. uređaje za osvijetljavanje ceste,
4. uređaje za davanje svjetlosnih znakova,
5. uređaje za omogućavanje normalne vidljivosti,
6. uređaje za kretanje vozila unatrag,
7. uređaje za kontrolu i ispuštanje ispušnih plinova,
8. uređaje za spajanje vučnog i priključnog vozila,
9. ostale uređaje i opremu vozila.¹⁸

¹⁸ Ibid., str. 149.

Slika 17. Oprema inteligentnog osobnog vozila



Izvor: Bošnjak, Ivan, *INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1*, str.149

Slika prikazuje opremu inteligentnog vozila na kojoj se vidi da su uređaji za navigaciju i dijagnostiku, te uređaji koji pružaju informacije smješteni unutar vozila. Senzori koji detektiraju pješake, druga vozila te ostale prepreke smješteni su na prednjem vanjskom dijelu vozila.

6. INTELIGENTNI SUSTAVI INFORMIRANJA

Napredni sustav informiranja je ITS usluga putne informacije (eng. *Travel Information - TI*). Obuhvaća skup usluga predputnih i putnih informacija, obavještanja u javnom prijevozu te rutiranje i navigacija osobnih vozila na putu do odredišta. Putne informacije u skladu s ISO-TICS specifikacijama čine usluge predputnih informacija, putnih informacija vozaču i putniku, putnih informacija o javnom prijevozu, osobnih informacijskih usluga, izbor rute i navigacija. Usmjerene su na zadovoljenje zahtjeva korisnika cestovnog prometa.

6.1. Sustavi informiranja putnika

Informiranje putnika relevantno je radi dobre organizacije puta. Pruža usluge statičke i dinamičke informacije o prometnoj mreži, predputno i putno informiranje, te podrška službama koje obavljaju prikupljanje, pohranjivanje i upravljanje informacijama za planiranje transportnih aktivnosti.

ITS usluga predputnog informiranja (eng. *Pre-Trip Information - PTI*) napredni je sustav informiranja putnika. Često se integrira s drugim uslugama ali se i realizira kao relativno samostalna. Svrha usluge je pružiti korisnicima kvalitetne informacije prije početka putovanja radi donošenja boljih odluka vezanih o načinu putovanja, modu, ruti, vremenu polaska i sl. Podatke koje korisnik dobiva odnose se na planiranje putovanja, stanju na cestama, vremenskim prilikama, parkirnim mjestima, zabavne i ugostiteljske sadržaje i sl.

Da bi korisnik došao do informacija mora imati neke od telekomunikacijskih terminala, odnosno medija, koji su danas u širokoj upotrebi. Neki od njih su fiksni i mobilni telefoni, radio, televizija, telefaks, računalo s internetom, javni interaktivni kiosk i dr.

Sustav PTI treba podržati interaktivnu real-time vezu između podsustava koji prikuplja podatke i druge podatke sustava. Vrijeme odziva sustava na upit treba biti manje ili jednako od tri sekunde za odmah dostupne informacije te manje od jedne minute za informacije s pretraživanjem. Njegova kvaliteta procjenjuje se vremenom odziva, dok se zadovoljstvo korisnika procjenjuje primljenim informacijama odnosno njihovom uporabljivošću.

Informatičke i telekomunikacijske tehnologije omogućuju realizaciju predputnih informacija. Baze podataka, osobna računala, fiksna i mobilna telefonija, internet i sl. sredstva su tih tehnologija kojima "putuju" informacije. Središnju funkciju u sustavu obavlja centralna baza podataka koja sadrži statičke i dinamičke informacije. Statičke informacije se one koje se ne mijenjaju u određenom vremenskom razdoblju dok se dinamičke ažuriraju u realnom vremenu te tako omogućuju kvalitetnije odluke korisnika. Prometni podaci se prikupljaju u bazu podataka iz raznim prometnih centara, meteoroloških postaja, turističkih centara i dr.

Putem interaktivnog govornog ili tekstualnog upita, pretraživanjem interneta, radijem ili televizijom informacije dolaze korisnicima. Dobra integracija telefona i računala, i današnja razvijena suvremena tehnologija omogućuje im brz dolazak do željenih informacija.

Uvođenje usluge predputnog informiranja pozitivno je utjecalo na cjelokupan sustav informiranja i samo planiranje putovanja. To i kazuju učinci ove usluge kao što su smanjeno trajanje putovanja i čekanja, bolje planiranje putovanja, povećana sigurnost, podrška promjeni moda i korištenju javnog prijevoza, reduciranje stresnih situacija, povećanje osobne mobilnosti turista i posjetitelje, manja potrošnja goriva, smanjenje onečišćenja okoliša.

6.2. Sustavi informiranja vozača

ITS usluga putne informacije vozaču (eng. *On-Trip Driver Information - ODI*) realizira se kao relativno samostalni sustav ili integrira s drugim informacijskim uslugama. Svrha mu je poručiti kvalitetnu informaciju vozaču o prometnim uvjetima prije i nakon kretanja na put. Koristeći te informacije, vozač ili putnik u vozilu može donijeti bolje odluke o ruti ili promjeni načina (moda) tako da ostavi osobni automobil na parkiralištu i nastavi javnim prijevozom.¹⁹

Dio se usluga može odnositi na opasnosti i obavijesti žurnih službi koje se tada prosljeđuju svim vozačima bez posebnih naknada, ili može biti na zahtjev korisnika što se naplaćuje prema određenim tarifama.

Informacije se odnose na uvjete na prometnicama, izvanredne situacije i nesreće, razne promjene vezane za informacije, raspoloživa parkirna mjesta, alternativne rute, atraktivna i turistička zabavna događanja. Realiziraju se uređajima ugrađenim u vozilo, prijenosnim GSM/UMTS uređajima ili prometnim znakovima i ekranima s promjenjivim porukama uz cestu, radijskim podatkovnim sustavom prometnih poruka te mobilnim internetom.

Zahtjevi korisnika su lako razumljive, jasne i nedvosmislene poruke. Stoga su njihovi interesi usluglašeni i vezani za integraciju s postojećim mobilnim telekomunikacijskim sustavima, pružanju usluge na čitavoj ruti putovanja, zaštitu privatnosti, integraciju sa sustavom parkiranja i dr.

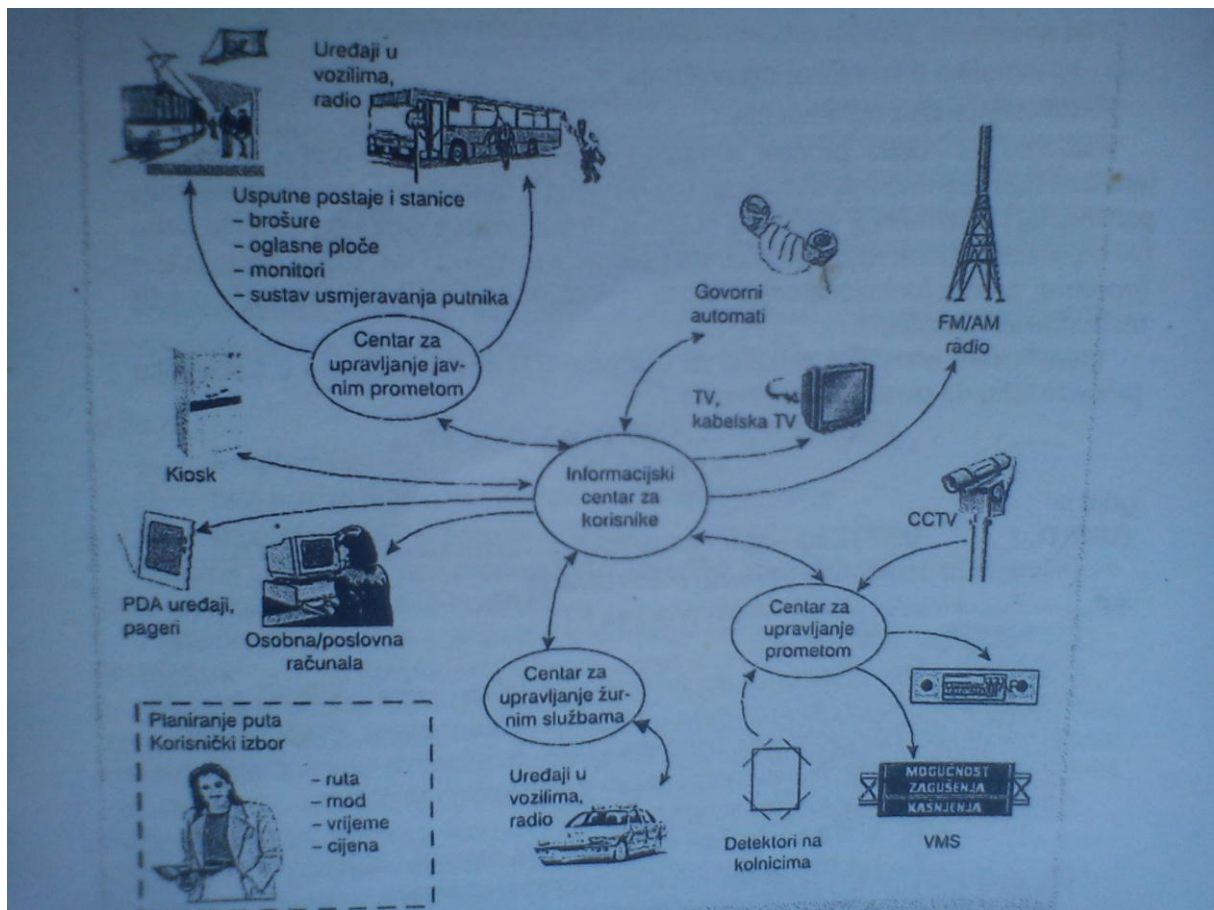
Tehnologije kojima su realizirani postojeći sustavi putnih informacija vozaču u Europi su :

- VMS (promjenjivi znakovi),
- RDS/TMC tehnologija,
- GSM i GPRS (paketni radioprijenos),
- PDA (osobni digitalni pomoćnici) spojeni na mobilnu mrežu.

¹⁹ Ibid., str. 160.

RDS/TMC tehnologija omogućuje vozaču da se informacije emitiraju paralelno s radijskim programom. Korisnik može izabrati jezik bez obzira na zemlju te ih može selektirati prema osobnoj važnosti. Promjenjivi znakovi pokazuju određene poruke koje određuje kontrolni centar.

Slika 18. Operativni koncept sustava informiranja putnika i vozača



Izvor: Bošnjak, Ivan, INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1, str.152

Operativni koncept sustava informiranja putnika i vozača prikazan na slici iznad prikazuje kao glavnu točku poveznicu informacijski centar za korisnike iz kojeg se informacije prosljeđuju dalje putem automata, televizija, radija, osobnih računala i sl. Informacije također idu i u druge centre kao centar za upravljanje javnim prometom, centar za upravljanje žurnim službama te u centar za upravljanje prometom. Iz tih centara informacije teku dalje korisnicima koji pomoću njih planiraju put.

6.3. Putne informacije o javnom prijevozu i osobne informacijske usluge

ITS usluga putne informacije o javnom prijevozu (eng. *On-Trip Public Transport Information- OPI*) se također realizira kao relativno samostalni sustav ili integrirano s drugim informacijskim uslugama. To su informacije o uslugama svih javnih prijevoznika kao autobus, željeznica, metro, tramvaj, taxi i sl. Raspoložive su korisnicima u njihovu domu, ulici, kolodvoru te ih dobivaju putem fiksnog i mobilnog uređaja, osobnog računala, javnih interaktivnih terminala. Na postajama se instaliraju display-i koji prikazuju relevantne informacije.

Zahtjevi korisnika prema ITS uslugom OPI su slični dosadašnjim. Sustav treba omogućiti informiranje putnika o uslugama javnog prijevoza, prikaz općih informacija u vozilu i osobnih sigurnosnih informacija, jasne, razumljive i brzo shvatljive informacije na domaćem jeziku.

Baza podataka koja prikuplja statičke podatke (vozni red, tarifa) i dinamičke (odstupanje od voznog reda, vrijeme čekanja) ima glavnu ulogu sustava. Na nju su žičnim i bežičnim vezama spojeni udaljeni uređaji kao što su osobno računalo, GSM, GPRS i dr. Usluge se mogu pružati bez naknade uz cijenu određenu trajanjem spajanja. Najvažniji zahtjev pri realizaciji sustava OPI su sučelja koja moraju biti dobro prilagođena korisniku te kojim se određuje kvaliteta sustava uz kvalitetu informacijskih sadržaja.

Osobne informacijske usluge (eng. *Personal Information Services - PIS*) definirane su kao posebna temeljna usluga prema ISO TC 204. One su specijalni slučajevi usluga koje se realiziraju drugim sustavima u okviru putnih informacija. Korisničke potrebe i zahtjevi prema PIS uslugama odnose se na pružanje pouzdanih, točnih i lako razumljivih putnih i prometnih informacija. Posebni zahtjevi mogu se odnositi na privatnost, sigurnost i zaštitu korisnika.

7. INTELIGENTNO UPRAVLJANJE PROMETOM I TRANSPORTOM

7.1. Razvoj i zadaci

Vođenje prometnog toka i njegovo integrirano upravljanje u okruženje inteligentnih transportnih sustava razlikuju se u pristupu, sadržaju i razini integracije. Upravljanje prometom (eng. *manage traffic* – MT) određuje razinu usluge kojom se ponuđeni prometni kapacitet može pružiti na određenoj prometnici. Naime, operativni kapacitet prometne mreže određen je razinom investiranja, izgrađenosti temeljne infrastrukture i kvalitetom upravljanja prometom. Bitne operativne zadaće upravljanja prometom u ITS-u su kontrola pristupa na mrežu, ublažavanje posljedica zagušenja na prometnicama i njihovim sučeljima prema drugim modovima, rješavanje uskih grla zbog incidentnih događaja, postizanje zadovoljavajuće razine sigurnosti u prometu, prometna logistika specijalnih sportskih, političkih, vjerskih, zabavnih događaja, kontrola nepovoljnih utjecaja na odvijanje prometnog toka kao što su vremenske neprilike, agresivna vožnja sl., preraspodjela modova prema korištenju učinkovitijih modova javnog prijevoza.

Tijek razvoja inteligentnog sustava upravljanja prometom i transportom počinje potrebama odnosno zahtjevima korisnika. Nakon identifikacije tih potreba stvara se arhitektura sustava MT, razrađuje se detaljan dizajn sustava, testiraju se prototipovi te se implementira.

7.2. Područje upravljanja i zagušenja

U europskoj i američkoj ITS arhitekturi definirano je posebno funkcionalno područje upravljanja prometom. Prema europskoj arhitekturi funkcionalno područje podijeljeno je u pet funkcija. To su:

- vođenje prometnog toka,
- upravljanje incidentnim situacijama,
- upravljanje potražnjom,
- pružanje meteoroloških informacija
- održavanje cesta.

Svaka funkcija vođenja ima i svoje komponente pa tako prva funkcija ima komponente vođenja gradskog prometa, vođenje međugradskog prometa i vođenje prometa na mostovima i tunelima.

Zagušenje na prometnicama nastaje kada je količina vozila znatno veća od propusne moći prometnice, odnosno kada je odnos prometnog volumena i operativnog kapaciteta takav da nastaje znatno smanjenje brzine, a ponekad i potpuni zastoј.

U prometnim analizama razlikuju se dva osnovna tipa zagušenja, ponavljajuće i neponavljajuće, tj. predvidivo i nepredvidivo. Predvidivo zagušenje nastaje u jutarnjim ili popodnevnim vršnim satima, odnosno u predvidivim intervalima vikendima. Ključna upravljačka akcija tada je informiranje i savjetovanje putnika i vozača neposredno prije nastajanja vršnih opterećenja. Nepredvidivo zagušenje nastaje zbog nepredvidivih incidentnih događaja kao što su prometne nesreće, kvarovi vozila te specijalni nenajavljeni ili nedovoljno pripremljeni događaji.

Nastanak i širenje zagušenja te otklanjanje incidentnih situacija i normalizacija stanja detaljno se razrađuje u okviru ITS rješenja za upravljanje incidentnim situacijama. Nepovoljne posljedice zagušenja su produljenje vremena putovanja, povećan rizik od nesreća, povećana potrošnja goriva i onečišćenje okoliša, stres putnika i agresivnost vozača, kašnjenje žurnih službi, povećani promet na sporednim cestama, dulje vrijeme i veći troškovi puovanja.

7.3. Šok-valovi i virtualni cestovni vlak

Ponašanje prometa opisano tokom, brzinom i gustoćom mijenja se u prostoru i vremenu tako da se mogu razlikovati karakteristična stanja koja su međusobno različita. Od posebnog interesa je istražiti šok-valove kojima se fenomen čekanja ili zagušenja širi duž prometnice.²⁰

Polazeći od idealnih karakteristika prometnih tokova i osnovnog dijagrama prometnog toka, kontinuirane promjene koje se događaju u prometnom toku duž prometnice, tj. kontinuirane promjene osnovnih parametara prometnog toka, nošene su tzv. "valovima", koji se kreću duž prometnice u pravcu kretanja prometnog toka, ili suprotno od pravca prometnog toka, ili pak natrag u odnosu na prometnicu. Ove kontinuirane promjene ne moraju izazivati krupnije poremećaje u odvijanju prometa. No, ako se ima na umu realan prometni tok, prije svega realne karakteristike sustava "vozilo-vozač", onda je logično, da u stvarnosti promjena osnovnih parametara prometnog toka uvijek znači i određene poremećaje u uvjetima odvijanja prometa. Duž puta u prometnom toku mogu se pojaviti i skokovite promjene u osnovnim parametrima prometnog toka. Takve promjene uvijek izazivaju nepovoljne

²⁰ Ibid., str. 201.

poremećaje u odvijanju prometa duž prometnice. Slični poremećaji kod protjecanja fluida izazivaju turbulentna kretanja.²¹

Skokovite promjene osnovnih parametara prometnog toka duž prometnice praćene su tzv. “šok valovima” ili “udarnim valovima”, koji se duž prometnice mogu kretati u smjeru prometnog toka, ali češće suprotno od smjera prometnog toka, ili pak natrag i u odnosu na prometnicu. U realnim putnim i prometnim uvjetima promjene osnovnih parametara prometnog toka gotovo su uvijek praćene “udarnim valovima”. Promjene mogu nastati uslijed povećanja priljeva vozila na određenoj dionici ceste i pojave uskog grla na cesti (harmonizacija prometa na cesti). Povećanje priljeva vozila, ako je kontinuirano, ono je praćeno pojavom “vala”, a ako je skokovito onda je praćeno pojavom “šok vala”. Pojava uskog grla na putu, po pravilu je praćena pojavom “šok vala”.²²

Jedno od vrlo aktualnih rješenja automatskog vođenja cestovnih vozila je zajedničko vođenje niza teretnih vozila (kamiona) prema konceptu “trains of truck”.²³

Koriste se za dulja putovanja gdje skupine vozila imaju isto odredište ili im se itinerari podudaraju u nekim određenim djelovima. No, takav princip putovanja međusobnog slijeđenja bez upotrebe automatiziranih pomagala zahtijeva da autoceste imaju poseban rezervni trak. Razlog tomu je neometanje uobičajenog prometa na autocesti.

Učinci sustava automatskog skupnog vođenja teretnih vozila mogu se pratiti putem više pokazatelja: poboljšanje protočnosti izražene u broju vozila ili postotkom, smanjenjem potrošnje goriva i onečišćenja za isti transportni učinak, ušteda aktivnog vremena vozača, povećanje sigurnosti smanjenjem rizika zbog automatskog vođenja.

²¹ Dadić, I., Kos G., TEORIJA I ORGANIZACIJA PROMETNIH TOKOVA, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2007.

²² Ibid.,str 82.

²³ Bošnjak, Ivan, INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2006.

8. NAVIGACIJSKE I LOKACIJSKE ITS USLUGE

8.1. Rutni vodič i navigacija

Jedna od usluga koja pripada skupini putnih informacija je ITS usluga rutni vodič i navigacija (eng. *Route Guidance and Navigation - RGN*). Realizira se u okviru sustava Lokacije i navigacije ili putem relativno samostalnog sustava kao dijela sustava putnih informacija. Praćenje i usmjeravanje vozila i putnika postalo je popularno zbog lake dostupnosti za to namijenjenih sustava. Navigacijski sustavi u vozilima mogu biti zemaljski (npr. GSM) i satelitski (npr. GPS) navigacijski sustavi, koji omogućuju pokrivenost na onim područjima koja zemaljski sustavi ne pokrivaju.

Dosadašnje korištenje autokarti u papirnatom obliku nije omogućavalo izračun optimalne rute puta, davanje uputa vizualno i auditivno. RGN sustav sve to podržava te omogućuje jednostavnije putovanje do ciljanog odredišta. Također uz korištenje digitalne mape sa statičkim informacijama moguće je kombinirati stvarno vremenske informacije radi izbjegavanja ruta koje su neprohodne ili teško prohodne radi raznih čimbenika.

Autonomni rutni vodič (eng. *Autonomous Route Guidance*) izračunava optimalne rute na “on-board” računalnoj opremi u vozilu uz korištenje “on-board” digitalne mape. Dakle, vozač unes konačno odredište puta, računalo odredi najbolju rutu na osnovi trenutne lokacije vozila i digitalne mape. Ako na nekoj dionici puta vozač pogrešno skrene, navigacijska oprema to prepozna i daje novi plan puta.

Centralizirani dinamički rutni vodič (eng. *Centralised Dynamic Route Guidance*) radi na principu obrade zahtjeva u središnjem računalu prometnog informacijskog centra. Centar raspolaže dinamičkim podacima o stanju prometa, te uz njih i dobiven zahtjev vozača izračunava optimalnu rutu i šalje ju natrag vozaču. Kao komunikacijsko sredstvo koristi infracrvene usmjerivače (*infrared beacons*) raspoređene na gradskim raskrižjima.

Dualni mod rutnog vodiča (eng. *Dual Mode Route Guidance*) je kombinacija autonomnog i centraliziranog rutnog vodiča. Omogućuje obradu stvarno vremenskih podataka o prometu.

Slično drugim ITS uslugama zahtjeve korisnika RGN usluga potrebno je specificirati i usuglasiti da se mogu izvesti odgovarajuće funkcijske specifikacije. Bitne koristi imati će individualni korisnici i davatelji usluga. Neki od posebnih zahtjeva korisnika i interesi davatelja usluga vezani su za zaštitu privatnosti, zajedničko financiranje i integraciju s drugim lokacijskim sustavima.

8.2. Satelitski pozicijski sustavi

Kod određivanja pozicije cestovnih vozila koriste se sustavi satelita kao i pri određivanju pozicije broda ili zrakoplova. Vozila imaju satelitski prijemnik kojemu je optička vidljivost usuglašena s barem četiri satelita radi izračunavanja pozicije iz vremena proleta signala.

U upotrebi su tehnologije američkog globalnog pozicijskog sustava GPS (eng. *Global Positioning System*), ruskog sustava GLONASS (eng. *Global Navigation Satellite System*), te europskog satelitskog sustava Galileo koji se nalazi u inicijalnoj fazi implementacije s planiranom operativnošću do 2014. godine.

Objedinjeni naziv tih satelitskih navigacijskih sustava, kao i onih koji će tek biti lansirani, je globalni navigacijski satelitski sustavi GNSS (eng. *Global Navigation Satellite System*). Oni pružaju autonomno geoprostorno pozicioniranje s globalnom pokrivenošću. GNSS omogućuje malim elektroničkim prijamnicima determinaciju njihove lokacije s odmakom od samo nekoliko metara koristeći vremenske signale. Prijamnici računaju precizno vrijeme i poziciju koji se mogu koristiti u znanstvenim eksperimentima. Ako je vozilo u garaži, tunelu ili zaklonjeno zgradama tada se koriste drugi komplementarni načini: žiroskop ili inercijani sustavi, preslikavanje i izračun iz digitalnih karata te pomoću terminal mobilne ćelijske mreže.

Globalni pozicijski sustav GPS (eng. *Global Positioning System*), satelitski je radionavigacijski sustav koji se koristi u različitim ITS aplikacijama vezano za određivanje položaja na površini i u prostoru oko površine. To uključuje određivanje površine i najbliže točke ili vozila, povezivanje GPS antene s navigacijskim sustavom i vođenjem do odredišta, sigurnosne aplikacije i zaštitu vozila i vozača itd. U ITS aplikacijama mogu se koristiti jednostavne izvedbe GPS prijamnika manjih dimenzija i pristupačne cijene. Funkcija prijemnika je da prepozna, prati i mjeri satelitske GPS signale te na osnovi mjerenja izračuna poziciju.

Za ITS aplikaciju moguće je koristiti i precizniji diferencijski GPS sustav. DGPS (eng. *Differential Global Positioning System*) je vrsta relativnog pozicioniranja gdje monitorska stanica prima satelitske signale i izračunava pogreške. Da bi točnije izračunao svoju poziciju korisnik treba posjedovati prijamnik za DGPS poruke uz odgovarajuće programe za njihovu obradu i prezentaciju.

Slika 19. GPS u automobilu



Izvor: <http://rentakombi.com/gps-navigacije>

8.3. LBS sustavi

Položajno vezane usluge (eng. *Location based services* - LBS) definiraju se kao usluge koje integriraju položaj ili poziciju mobilnog uređaja sa ostalim informacijama sa ciljem pružanja korisniku usluge dodane vrijednosti (eng. *Value Added Service* – VAS). Sa brzim razvojem i velikom rasprostranjenosti informatičkih i telekomunikacijskih tehnologija integriranih u mobilne terminalne uređaje, određivanje pozicije u hodu je postala svakodnevna praksa. Tehnologije uključuju geografski informacijski sustav (eng. *Geographical Information System* – GIS), globalni sustav za pozicioniranje (eng. *Global Positioning System* – GPS), identifikaciju radio frekvencije te razne druge tehnologije za određivanje položaja sa višom ili manjom preciznošću, pokrivenosti ili troškova instalacije i održavanja.²⁴

Položajno vezane usluge vezujemo sa aplikacijama koje integriraju geografski položaj sa drugim informacijama. Praćenje i pozicioniranje je vrlo važna funkcija za mnoga područja poput aeronautike, avijacije i robotike. Smisao LBS usluga je mogućnost komuniciranja korisnika dok je u pokretu tj. mobilan.

Mobilno terminalni uređaji, kao gotovo svi današnji mobiteli, imaju jako veliku dostupnost i nalaze se kod velikog broja korisnika. Infrastruktura mobilno terminalnih uređaja pokazala se kao platforma koja je najpogodnija u funkciji primjene LBS-a. Može se instalirati na mnoge postojeće arhitekture mrežnih sustava te omogućava komunikaciju između raznih subjekata, mobilnih ili fiksnih.

Mobilni uređaji adekvatni za kvalitetno odrađivanje LBS usluga moraju sadržavati određene programske i hardware-ske karakteristike, pa takve uređaje obično karakteriziramo kao PDA²⁵, *smartphone*²⁶ itd.

LBS usluge prema nekim analizama i istraživanjima mogu se podijeliti u sljedeće skupine. Najveća razlika je da li su temeljene na osobi, tj. korisniku (eng. *Person-oriented*) ili uređaju (eng. *Device-oriented*):

- *Person-oriented* LBS obuhvaća sve one aplikacije gdje je usluga bazirana na korisniku. Dakle, fokus aplikacija je na korištenju položaja korisnika u smislu poboljšanje i proširenja same usluge. Obično, osoba koja je locirana *može kontrolirati uslugu* (npr. o korisniku ovisi da li želi odrediti vlastiti položaj – *friend finder* aplikacija),

²⁴ Jovović, Ivan, RAZVOJ SUSTAVA ZA PRILAGODBU INFORMACIJA TEMELJENIH NA LOKACIJI KORISNIKA, diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2009.

²⁵ PDA - Personal digital assistant – dlanovnici, uređaji koji se svrstaju između mobilnih uređaja i prijenosnih računala kombinirajući najbolje karakteristike jednih i drugih.

²⁶ Pametni telefoni – najrasprostranjeniji uređaji kojima se kvalitetno mogu koristiti LBS usluge, više nalik PDA uređajima nego običnim telefonima.

- *Device-oriented* LBS aplikacije nisu toliko ovisne o samom korisniku. One također ovise o položaju osobe, objekta (npr. auta). U *device-oriented* aplikacijama, osoba ili objekt koji se lociraju obično *ne kontroliraju uslugu* (npr. lociranje automobila u slučaju krađe).²⁷

No osim ove klasifikacije, mogu se razlikovati još dvije vrste LBS usluga ovisno o načinu projektiranja. Prva je *Push usluge*. One šalju informacije korisniku bez da ih je zatražio, kao rezultat njegovog trenutnog položaja. Informacija može biti poslana sa prethodnim pristankom korisnika ili bez njega. To su inače informacije o određenim opasnostima, reklamne informacije i dr. Druga vrsta su *Pull usluge*. To su najčešće informacije o zabavnim sadržajima, restoranima, muzejima i sl. Njih korisnik dobiva iz aplikacija na uređaju povezanog na internet, te u bilo kojem trenutku može saznati željeni podatak i odrediti daljnji put.

LBS usluge su temeljene na kombinaciji informacija iz različitih izvora. Tako razlikujemo statične i dinamične informacije. Statične informacije su informacije o geografskom okruženju, položaju korisnika na karti, a dinamične o mijenjanju tog okruženja, dakle prometni, vremenski uvjeti i sl.

LBS usluge su s godinama korištenja postale komercijalno isplative. Informacija o položaju je vrijedna i isplativa u paketu sa uslugom zatraženom od strane korisnika. Koristi kod zatraživanja podataka sa internetskih stranica, jer filtrira informacije i daje samo one relevantne korisniku.

Slika 20. Društvena aplikacija temeljena na lokaciji - Google Latitude



Izvor: <http://www.techshout.com/software/2009/05/google-latitude-the-new-feature-in-google-maps>

²⁷ Jovović, Ivan, RAZVOJ SUSTAVA ZA PRILAGODBU INFORMACIJA TEMELJENIH NA LOKACIJI KORISNIKA, diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2009.

9. SIGURNOST U PROMETU PRIMJENOM ITS-a

Smanjenje broja nesreća, broja stradalih, veća sigurnost u odvijanju i brži odziv žurnih službi predstavljaju najveće koristi uvođenja ITS-a. Sigurnosne prednosti inteligentnih vozila i sustava zaštite mogu biti mjereni putem različitih testova. Praćenje broja i težine posljedica nesreća prije i nakon uvođenja ITS-a omogućuje relativno objektivnu kvantifikaciju sigurnosnih prednosti.

Smanjenje vremena odziva žurnih službi bitno utječe na smanjenje smrtno stradalih i sprečavanje dodatno stradalih nakon prometne nesreće. Sustavi upozorenja na autocestama pospješuju percepciju vozača o mjestu nesreće i smanjenju stresa tijekom putovanja. Percepcija sigurnog putovanja nije vezana samo za reduciranje broja nesreća nego i povećanje percepcije osobne sigurnosti i zaštite u prometu.

Prometne nesreće na cestama i drugim prometnicama trebaju se sustavno proučavati tako da se različitim načinima, mjerama i postupcima može djelovati na smanjenje njihova broja i posljedica. U razvijenim zemljama učestalost i posljedica prometnih nesreća su takve da je to jedan od najjačih motivatora za uvođenje ITS-a.²⁸

9.1. Određivanje, procjena i upravljanje rizikom

Različitim problemima upravljanja prometom kada treba pravilno analizirati čimbenike opasnosti, odrediti prihvatljivu razinu rizika i dizajnirati prihvatljiva rješenja s obzirom na vjerovatnost nesreće ili kvara sustava ili komponente te njihovih posljedica, bave se prometni stručnjaci. Realni sustav, a takav je promet, ne može biti potpuno siguran i bez nepoželjnih događaja, nesreća. Stoga je nužno dobro razumjevanje i mogućnost određivanja rizika kako bi se precizno procijenili učinci ITS rješenja.

Pojam rizika usko je vezan za neizvjesnost povezanu s određenim (nepoželjnim) događajima, odnosno izloženosti nesreći ili opasnosti. Inženjerski priručnici definiraju rizik kao potencijalni gubitak ili nagradu koja slijedi iz izlaganja opasnosti ili kao rezultat određenih nepredvidljivih događaja. Rizik se promatra kao multidimenzionalna veličina koja uključuje:

- vjerojatnost pojavljivanja određenog događaja,
- posljedice ili konzekvencije tog događaja,

²⁸ Bošnjak, Ivan, INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2006.

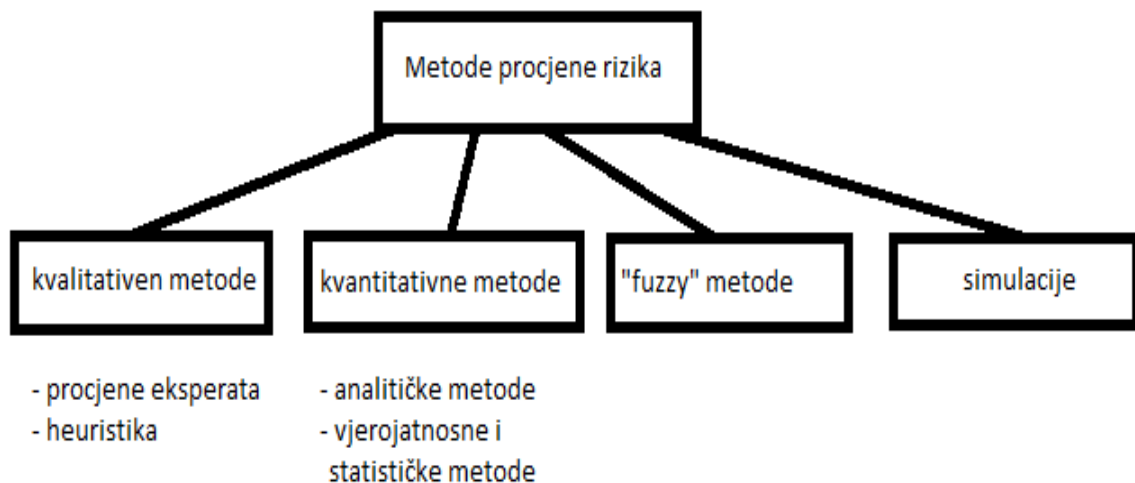
- značenje ili težinu posljedica,
- populaciju izložen riziku.²⁹

Nepoželjna, ponašanja u prometu su svakodnevna i česta, prevelike brzine vožnje, premali razmak slijeđenja vozila, oduzimanje prednosti prolaza i nepoštivanje prometne signalizacije neke su od njih. Prioritete preventivnog sigurnosnog djelovanja treba usmjeriti na smanjivanje takvih pogrešnih ponašanja koja izazivaju najteže posljedice.

Detektiranje, kažnjavanje i veći nadzor, i prekršaja ne može potpuno ukloniti nepoželjna ponašanja. Ljudi, sudionici u prometu, različito prihvaćaju rizik, odnosno imaju različite individualne percepcije sigurnosti. Ocjena sigurnosti usko je vezana za procjenu i prihvaćanje rizika te bitno ovisi o čimbenicima lokacije, vremena, životnog stila, edukacije. Individualna percepcija rizika i sigurnosti snažno je predodređena vlastitim iskustvima i spoznajama. Individualna percepcija rizika često nije osnovana na objektivnim procjenama.

Procjene rizika mogu se temeljiti na različitim metodama analize što ovisi o raspoloživosti podataka i obuhvatu analize, informatičkoj podršci i vremenskim ograničenjima. Slika 21. prikaz je metoda procjene rizika.

Slika 21. Metode procjene rizika



Izvor: Bošnjak, Ivan, *INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1*, str.219.

²⁹ Bošnjak, I.:op.cit.,str. 217.

Kvalitativne metode procjene rizika koriste mišljenja i procjene eksperata koji procjenjuju vjerojatnost rizika terminima kao što su: vrlo veliki, srednji, mali, vrlo mali.

Kvantitativne metode koriste analitičke metode, ali još češće vjerojatnosne i statističke opise rizika za određene situacije. No, kod ovih metoda postoji i bitno ograničenje. Naime, polazne pretpostavke često ne odgovaraju stvarnoj situaciji.

Fuzzy metode omogućuju bolju i realniju procjenu rizika, naspram kvantitativnim metodama. Formalno se izražava funkcijama pripadnosti i uvjerenja. Opravdanost tih metoda slijedi iz ograničenja klasičnim metoda i klasičnih vjerojatnosno – statističkih izračuna.

Metode simulacije koriste se za eksperimentiranje s modelom, na taj način se izvode zaključci o rizicima u ponašanju realnog sustava.

Realni prometni sustav ne može biti potpuno siguran i bez nepoželjnih događaja, odnosno težnja prema potpunoj sigurnosti stvara nedopušteno visoke troškove. U rješavanju tog problema treba primjeniti concept i metode prihvaćanja rizika (risk acceptance), odnosno potrebno je upravljati rizikom. Upravljanje rizikom je proces kojim mrežni operatori, vlasnici, inženjeri/menadžeri donose odluke glede sigurnosti, regulative i strukturiranja sustava uz prihvatljiv rizik.³⁰

9.2. Inteligentna raskrižja

Semafori, električna prometna svjetla, patent je Garrett Morgan iz 1923. godine. Na raskrižjima su uvedena još dvadesetih godina prošloga stoljeća. Svrha im je organiziranje prometa na raskrižjima, odnosno reduciranje prometnih nesreća i smanjenje vremenskih gubitaka, čekanja. Klasični sustavi nemaju mogućnost dinamičkog prilagođavanja trajanja ciklusa, vremenskih planova, prema promjenama prometnog toka te posebnim zahtjevima za propuštanje pojedinih prioriternih vozila. Stoga se uvodi automatizirano upravljanje prometom.

“Inteligentna raskrižja” su napredna rješenja adaptivnog upravljanja prometnim svjetlima na raskrižju tako da se primjenjuju sofisticirani detektori i kontrolni algoritmi s bitno većom učinkovitošću i fleksibilnošću.³¹

Od posebno je važnosti sigurnosni učinak na propuštanje vozila žurnih službi te na raskrižjima gdje su veće brzine vozila. Detektori na raskrižju indentificiraju dolazeće vozilo,

³⁰ Ibid., str. 220.

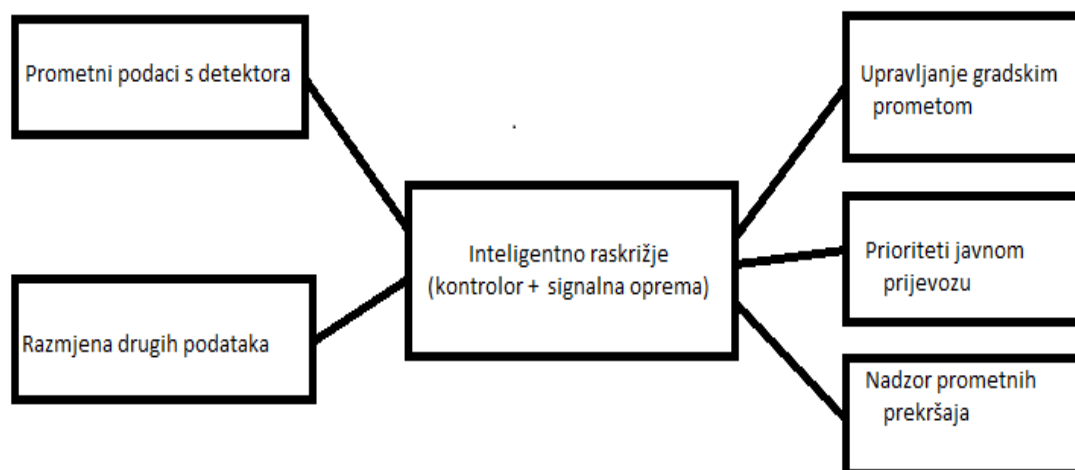
³¹ Ibid., str. 222.

procjenjuju važnost, te upravljački sustav prilagođava promjenu svjetala, odnosno propušta vozila žurnih službi.

Važno je istaknuti da se u svim relevantnim svjetskim studijama u mogućnosti ITS-a u poboljšanju sigurnosti u prometu ukazuje da ITS i pripadne tehnologije nisu zamjena za ljudski mozak i njegove sposobnosti obrade složenih informacija, prosuđivanja i poduzimanja odgovarajućih akcija. Ove tehnologije samo poboljšavaju sposobnost vozača da čini dobre i sigurne odluke.³²

Inteligentna raskrižja predstavljaju dio sustava upravljanja prometom i povezan je s drugim podsustavima inteligentnih transportnih sustava.

Slika 22. Povezanost inteligentnog raskrižja s drugim podsustavima



Izvor: Bošnjak, Ivan, *INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1*, str.223.

³² Regan M., Oxley J., Godley S., Tingvall C.; *Intelligent transport systems: Safety and human factors issues*, RACV, 2001.

Inteligentno raskrižje u fizičkoj izvedbi sustav čini upravljački dio, odnosno kontrolor, sa svojstvim adaptivnosti te signalna oprema. Detektori prikupljaju i šalju podatke o prolazu vozila te brzini vozila koja se približavaju raskrižju. Svi podaci idu u centre za upravljanje gradskim prometom. Prioritet ima javni prijevoz.

9.3. Incidentne situacije i spašavanje

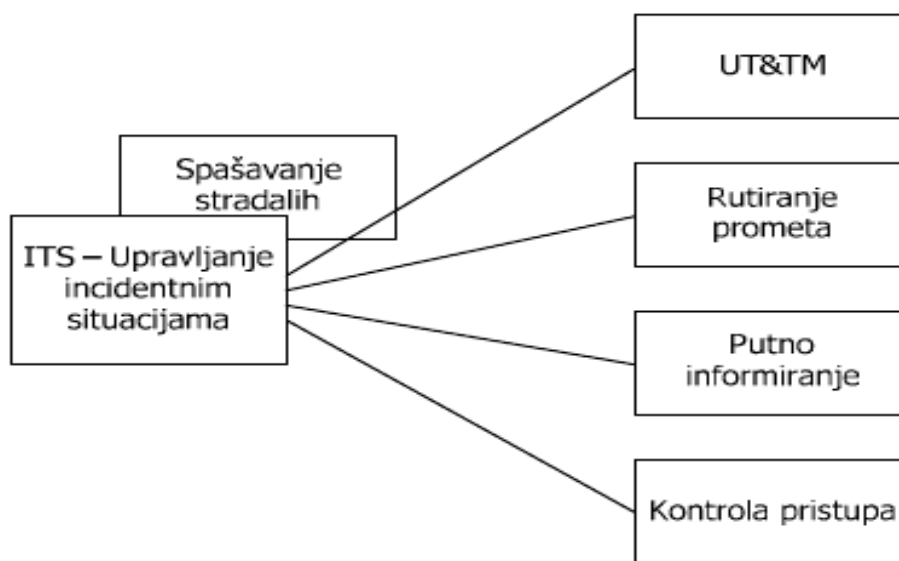
Ne postoji model po kojem se rješavaju problemi incidentnih situacija jer svako područje ima sebi jedinstvene uvjete, i zbog toga je to najsloženija aplikacija sustava za nadzor i upravljanje. Iako ne postoji jedinstven model incidentne situacije se dijele u dva sustava. Prvi sustav je za upravljanje zagušenjima koja nastaju kao posljedica velike opterećenosti prometnica, a sljedeći sustav je onaj za intervencije ukoliko dođe do nesreće ili neke druge nesreće.

Zbog specifičnog karaktera prometnih nesreća sa najtežim posljedicama od posebnog je interesa sustav upravljanja incidentnim situacijama u prometu. Upravljanje incidentnim situacijama je koordinirani skup aktivnosti kojima se pomaže unesrećnima, uklanjaju vozila i normalizira prometni tok nakon nastanka prometne nesreće ili druge incidentne situacije (kvar vozila, guma, itd.).³³

Brzi koordinirani odziv policije i drugih žurnih službi ključni su zahtjevi pri nastanku prometnih nesreća ili drugih incidentnih situacija na prometnicama. Sustav upravljanja incidentnim situacijama (IM) usko je vezan s drugim podsustavima upravljanja prometom u grad, odnosno drugim podsustavima kako je prikazano na slici 23.

³³ Bošnjak, Ivan, INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2006.

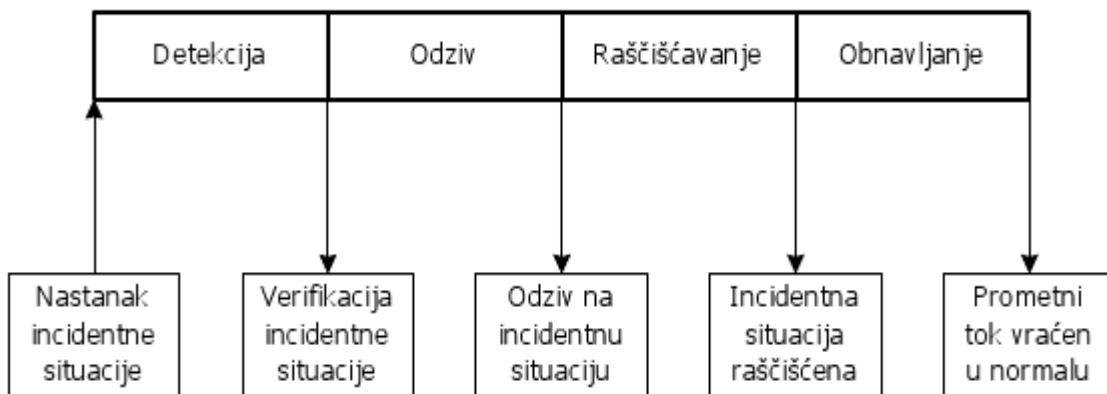
Slika 23. Integracija sustava upravljanja incidentnim situacijama



Izvor: Bošnjak, Ivan, *INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1*, str.224.

Spašavanje stradalih u prometnim nesrećama RSIM (eng. *Rescue Service Incident Management*) predstavlja jednu od bitnih komponenti ITS-a u razvijenim zemljama. Nastankom nesreće iz vozila se aktivira signal, aktiviranjem zračnog jastuka ili ručno, te šalje do RSIM centra. Pozicija vozila se precizno utvrđuje preko globalnih stelitskih pozicijskih sustava, te sustavi automatskog praćenja i davanja prioriteta omogućuju najbližem vozilu da najkraćom rutom dođe do mjesta nesreće. Proces upravljanja incidentnim situacijama ima četiri sekvencijalne faze.

Slika 24. Osnovne faze IM-a



Izvor: Bošnjak, Ivan, *INTELISTENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1*, str.224.

Detekcija je prostorno i vremensko određivanje incidentne situacije, dok je verifikacija određivanje tipa i lokacije. Sve do pojave naprednih ITS rješenja dominantan način detekcije bile su redovite policijske ophodnje. Prometna policija, u pravilu, koordinira aktivnosti do razrješenja situacije.

Brze i precizne aktivnosti IM-a umanjuju negativne posljedice kao što su prometna zgušenja, čekanja i sekundarno izazvane prometne nesreće. Stizanje hitne medicinske pomoći u što kraćem roku odlučujuće je za spašavanje života teško stradalih. GIS tehnologije i ostali sustavi za donošenje odluka uključeni u ITS omogućuju točnu detekciju, brz odziv i bolju koordinaciju različitih organizacija uključenih u IM.

10. ITS U GRADU RIJECI

Rijeka promet d.d tvrtka je koja se bavi djelatnostima organizacije prometa u gradu Rijeci. Djelatnosti koje obavlja su usluge na parkiralištima i garažnim objektima, održavanje nerazvrstanih cesta i javno-prometnih površina, održavanje horizontalne, vertikalne signalizacije i svijetleće prometne signalizacije, prijenos, vuča i premještanje protupravno parkiranih vozila. Sve to obavlja kroz Upravu i četiri sektora:

- Sektor prometa,
- Sektor parkirališta,
- Sektor održavanja prometnica,
- Sektor financijsko-računovodstvenih poslova.

Sektor prometa objedinjava aktivnosti upravljanja prometom, istraživanja prometa i praćenja prometne problematike, održavanja semafora, vertikalne i horizontalne prometne signalizacije, betonskih graničnika i zaštitnih stupića te vođenja investicija i razvojnih projekata iz područja prometa.

Pojam upravljanja prometom podrazumijeva nadzor nad odvijanjem prometa u gradu Rijeci, upravljanje prometom uz pomoć sustava za automatsko upravljanje prometom uz pomoć semaforske signalizacije, koordinaciju sa sustavom javnog gradskog prijevoza i koordinaciju s ostalim učesnicima u upravljanju prometom.

Istraživanje prometa odnosi se na aktivnosti istraživanja i planiranja cestovnog prometa (prikupljanje podataka o prometu, analiza, balansiranje i planiranje mjera za unapređenje prometa) te projektiranje prometnih rješenja.

Kroz aktivnosti praćenja prometne problematike prati se i analizira problematika iz područja cestovne infrastrukture, sustava signalizacije, sustava parkirališta, sustava javnog gradskog prijevoza, cestovnih terminala, željezničke infrastrukture, luke i lučke infrastrukture i zrakoplovne infrastrukture.

Sektor vodi investicije i razvojne projekte od strateške važnosti za tvrtku. Služba prometnog planiranja i projektiranja izrađuje prometna rješenja i projekte regulacije i preregulacije prometa, sustava vođenja i nadzora prometa, sustava parkiranja itd.. Slijedi izrada projektne dokumentacije za 3.b fazu dijela prometne zone 4 projekta Automatskog upravljanja prometom na zapadnom dijelu grada od Mlake do Kantride.³⁴

³⁴ <http://www.rijekapromet.hr/view.asp?idp=5&c=16>, 30.08.2013.

10.1. Automatsko upravljanje prometom

Sustav automatskog upravljanja prometom (AUP) u Gradu Rijeci svojim tehnološkim mogućnostima ima za cilj optimalno vođenje prometa u zadanim uvjetima. Suvremena tehnologija vođenja prometa omogućuje upravljanje svjetlosnom prometnom signalizacijom u ovisnosti o stvarnim, trenutnim, prometnim opterećenjima na prometnoj mreži. Sustav je modularan i može se lako prilagoditi novim prometnim uvjetima kao što je puštanje u promet ceste D-404 i sl.

10.1.1. Sustav AUP-a

Za projektiranje sustava te za nadzor njegove izgradnje odgovoran je Stručni tim sastavljen od predstavnika Grada, Hrvatskih cesta, Županijske uprave za ceste, Fakulteta prometnih znanosti iz Zagreba, Prometne policije i Rijeka prometa. Po zamisli Stručnog tima, cjelokupno područje Grada Rijeke podijeljeno je u pet prometnih zona u kojima je u funkciji 80 semaforiziranih raskrižja. Od njih je u sustav AUP-a danas uključeno 44 raskrižja na širem području Grada koja su opremljena semaforskim uređajima najsuvremenije ITS tehnologije i povezana su sa Gradskim prometnim centrom.

Pojedina područja, prometne zone, izravno su povezana sa Gradskim prometnim centrom, koji je aktivnom vezom spojen sa dežurnom službom prometne policije. Takvo povezivanje omogućava da svi sudionici u nadzoru prometa imaju istu razinu podataka i to u realnom vremenu, što je glavni uvjet za učinkovit nadzor i koordinirano upravljanje.

Izgradnja sustava AUP realizira se sufinanciranjem od strane Hrvatskih cesta (42 %), Županijske uprave za ceste (27 %) i Grada Rijeke (31 %).

Faze izgradnje se realiziraju sljedećom dinamikom :

1. faza : PZ2 i PZ3 (2. prometni koridor), realizacija 2002-2003.g. Obuhvatila je zamjenu semaforске i upravljačke opreme na 16 raskrižja, te uređenje prometnog centra.

2. faza : PZ1 (1. prometni koridor), realizacija 2004-2005. g. Obuhvatila je proširenje sustava AUP zamjenom opreme u 1. prometnoj zoni na 16 raskrižja, spoj na prometni centar i izgradnju uputnog parkirno-garažnog sustava.

3. faza : PZ4 (zapadni dio grada), realizacija 2006-2012.g. Podrazumijeva proširenje sustava

na 4. prometnu zonu i povezivanje sa prometnim centrom, od čega je do danas izgrađen dio koji se odnosi na raskrižja u Osječkoj ulici. Za realizaciju u 4. zoni preostaju prometni pravci Vukovarska-Nova cesta, Zametska ulica i Zvonimirova-Liburnijska ulica.

4. faza : PZ5 (istočni dio grada), realizacija 2012-14.g. Odnosi se na modernizaciju pojedinačnih raskrižja 5. prometne zone i uključenje u sustav AUP-a te optimizaciju sustava kao cjeline, kao i daljnje tehničko-tehnološko unapređivanje sustava.³⁵

U razdoblju 2008-2011. kroz razne investicije od kojih jedan dio nije bio u izravnoj nadležnosti Grada Rijeke ili kroz pojedinačne zahvate na raskrižjima opremljeno je ukupno 8 raskrižja na raznim lokacijama na širem području Grada. Time je u sustav AUP danas ukupno uključeno 44 raskrižja ili 55%, dok je još jedno raskrižje u izgradnji (cesta 5025 Rujevica-Marinići, 2.faza – čvor Hosti, planirano dovršenje Q1/2012).

10.1.2. Način rada i operativna primjena sustava AUP

Prometni sustav komercijalnog naziva «EC Trak» koji je ugrađen u Rijeci, proizvod je poznate Peek korporacije sa sjedištem u Nizozemskoj i ubraja se među najsuvremenija tehnološka dostignuća na području prometne automatizacije. Sustav omogućava najvišu razinu automatskog rada – «prometno ovisno» upravljanje. Sustav upravljanja sastoji se od glavnog prometnog računala u Gradskom prometnom centru te lokalnih upravljačkih uređaja na raskrižjima. Glavno prometno računalo spojeno je komunikacijskom opremom sa mrežom raskrižja, a svako raskrižje opremljeno je detektorima (induktivnim petljama) ugrađenim u kolnik, koji stalno broje protok vozila na svakom privozu raskrižja. Podaci o broju vozila na svim raskrižjima putem lokalnih upravljačkih uređaja stalno priteču u Prometni centar, gdje računalo u 15-minutnim razmacima analizira prispjele podatke, odabire optimalan signalni plan rada semafora te šalje odgovarajuću naredbu lokalnim uređajima. Prometno računalo osigurava i međusobnu koordinaciju svih raskrižja. U slučaju prekida veze sa Prometnim centrom, lokalni upravljački uređaji nastavljaju samostalan rad, a koordinaciju preuzima jedan od uređaja na terenu. Svaki kvar na semaforskim uređajima, lanternama i mreži automatski se događuje Prometnom centru, a automatska GSM poruka šalje se ekipi servisera koji održavaju sustav.

Kao dopuna sustavu nadzora, osmišljen je i izgrađen poseban video sustav sa kamerama postavljenim na 13 ključnih lokacija, što omogućava izravan nadzor operatera u prometnom centru nad odvijanjem prometa. Sve funkcije sustava su u 24-satnom radu, a do danas nisu zabilježeni značajniji kvarovi ili ispadi sustava iz rada.

³⁵ <http://www.rijekapromet.hr/view.asp?idp=5&c=16>, 30.08.2013.

Glavni prometni centar smješten je na lokaciji Fiumara 13. a u svojem sastavu ima tri prometna inženjera i stručno je osposobljen za upravljanje sustavom, ali i za obavljanje poslova prometnog planiranja i projektiranja. Operateri pokrivaju dežurstvom razdoblje od 06:30 do 15:30 sati, dok u poslijepodnevnom i noćnim satima AUP radi samostalno.

Temeljem obrađenih podataka prikupljenih kroz sustav AUP, vrši se praćenje i analiza prometnih opterećenja na gradskoj mreži, a sektor Prometa priprema i izdaje mjesečno izvješće o prometnim opterećenjima kojega dostavlja zainteresiranim službama i institucijama. U funkciji je i centar informacija o prometu koji vrši prikupljanje i distribuciju podataka vezanih za trenutno stanje prometa u gradu, trenutnu popunjenost parkirališta Rijeka prometa te je u tu svrhu uspostavljen i stalni info-telefon.

Na temelju podataka dobivenih brojenjem putem strateških detektora prometa, sustav AUP automatski popunjava bazu podataka o broju i vrstama vozila koja prolaze kroz središte grada.

Slika 25. Prometni centar Rijeka prometa



Izvor: <http://www.rijekapromet.hr/view.asp?idp=5&c=16>

10.1.3. Koristi i uštede

Puštanjem u rad sustava AUP omogućeno je sljedeće : maksimalno iskorištenje postojeće prometne mreže u središtu grada Rijeke, bolja protočnost glavnih uzdužnih smjerova - prometnih koridora, izravni 24-satni nadzor nad odvijanjem prometa u središtu grada, automatsko daljinsko upravljanje semaforiskim sustavom, centralno preprogramiranje semafora ili pojedinih prometnih zona, trenutna dijagnostika kvarova i brži popravak kvarova, automatsko prikupljanje podataka o prometnim opterećenjima, uštede u potrošnji električne energije od oko 51 % u odnosu na stare semaforne laterne.

Uvođenjem distribuiranog upravljačkog sustava AUP, ukupne koristi proračunate su temeljem dva modela: vremenskih ušteda i ušteda u potrošnji goriva. Sustav AUP-RI u potpunosti (u realnom vremenu) iskorištava propusnu moć gradske cestovne mreže. Zbog tog svojstva i kontinuiranog rasta prometa može se izvesti zaključak i o linearnom rastu ušteda – sukladno rastu prometne potražnje. Zato se u odnosu na početnu 1998. godinu rast ušteda ocjenjuje po prosječnoj stopi od 4 % godišnje.

Prema analizi koju su izradili stručnjaci Fakulteta prometnih znanosti 2006. godine, ukupne koristi zbog izgradnje sustava AUP-RI od 2003. godine procjenjuju se na razini 51.595.462,96 kn. Drugim riječima, da nije pokrenut i realiziran projekt sustava AUP-RI koncem 2002. godine, promet u centru Grada na početku 2006. godine pretrpio bi gubitke od oko 51,5 milijuna, a na početku 2008. godine gubitak bi iznosio 55,7 milijuna kuna.³⁶

10.2. Razvoj sustava AUP

U urbanim područjima planiranje prometa javnog prijevoza važno je u smanjivanju zagušenja. Kada bi se poboljšala organizacija javnog prijevoza više ljudi bi izbralo taj način prijevoza i zagušenja bi se smanjila. Ciljevi koji se postavljaju pri rješavanju problema javnog prijevoza su ekonomska ušteda, povećanje razine kvalitete uslugeu javnom prijevozu, povećanje otvorenosti u javnom prijevozu, novi način prijevoza za male interesne skupine.

Sustav AUP omogućuje nadogradnju prometnih podsustava iz raznih područja prometa, od kojih neki imaju za cilj povećanje protočnosti na širem području gradske mreže. Prednost imaju vozila javnog gradskog prijevoza (JGP) na semaforiziranim raskrižjima.

³⁶ <http://www.rijekapromet.hr/view.asp?idp=5&c=16>, 30.08.2013.

Godišnji prirast novih osobnih vozila u gradu može se učinkovito kompenzirati jedino kroz veću atraktivnost JGP. Rijeka promet je razmatrao razne projekte vezane za unapređenje gradskog autobusnog prijevoza, u čemu ima podršku i suradnju KD Autotrolej.

Tijekom 2007.g. proveden je pilot projekt vođenja autobusnog JGP koji je imao za cilj davanje prednosti JGP-u na semaforima, i time povećati njegovu brzinu i točnost. Pilot projekt je obuhvatio dvije točke (raskrižja) na prometnoj mreži koje su odabrane po kriteriju prioriteta. Pokazalo se da je funkcionalnost opreme ispunila očekivanja, no da je glavna prepreka realizaciji projekta masovno nepropisno parkiranje i zaustavljanje osobnih i dostavnih vozila na žutom traku rezerviranom za javni gradski prijevoz. Zato je realizacija ovog projekta do daljnjega odgođena.

10.3. SPECTRA – Sustav informacija o prometu

SPECTRA je krovni gradski prometni informacijski sustav koji integrira sve relevantne prometne informacije, omogućava razmjenu prometnih parametara prikupljenih iz različitih specijalističkih prometnih sustava, njihovu centralnu obradu za potrebe prometnih stručnjaka te davanje kvalitetnih prometnih informacija svim sudionicima u prometu. Omogućeno je kombiniranje funkcijskih modula prema specifičnim zahtjevima korisnika te izgradnja u etapama semaforiziranih križanja.³⁷

Ekspert verzija namjenjena je profesionalnim korisnicima za cjeloviti nadzor i planiranje gradskog prometa. Prometni podaci prikupljeni iz drugih specijalističkih prometnih sustava pohranjuju se u centralnu prometnu bazu čime se omogućava globalni nadzor trenutnog prometa u cijelom gradu, pomoć u svakodnevnom operativnom radu prometnih službi, izrada prometnih statistika, planiranje i optimizacija prometnih sustava i službi na nivou grada.

Javna verzija Spectre namjenjena je svim sudionicima u prometu. Putem Interneta su pravovremeno na raspolaganju korisne informacije za snalaženje u prometu i planiranje putovanja. Na interaktivnoj karti grada su prikazane aktualne informacije o prometnim gužvama, stanju u javnom prijevozu, popunjenosti parkinga i garaža, žive slike sa gradskih prometnica i još mnogo drugih korisnih informacija. Korisničko sučelje prilagođeno je za prikaz na internet pregledniku ili web mobilnom uređaju.

³⁷ <http://www.peek.hr/spectra.htm>, 01.09.2013.

Program imama široku paletu proizvoda za inteligentno upravljanje cestovnim prometom. Osnovnu opremu svakog križanja čine EC-1 semaforski uređaj i semaforske laterne. Za ostvarenje adaptivnog upravljanja križanjem neophodni su detektori kojima se registrira prisutnost, broj i vrsta vozila te pješačka tipkala. Posebna pažnja je posvećena i pješacima u prometu. Pješački displej prikazuje vrijeme čekanja pješaka na zeleno svjetlo, a akustički signali su neophodna pomoć osobama sa oštećenim vidom. Oprema za identifikaciju vozila omogućuje visokopouzdanu jednoznačno prepoznavanje vozila, koje je neophodno za različite namjene, kao što su: kontrola ulaza/izlaza, različite naplate, prioritet javnom prijevozu, hitnoj, policiji... Ovdje posebno ističemo vrlo pouzdanu i robusnu opremu VECOM te napredne tehnike video prepoznavanja.

Osim navedenog, u programu imamo i ostalu standardnu opremu, kao što su: VMS (promjenjivi svjetlosni znakovi), razni display-i, komunikacijska oprema, ... EuroController EC-1 zadovoljava sve relevantne europske standarde.

Rijeka promet radi na projektima širenja sustava informacija dostupnih vozačima i građanima putem Interneta. U travnju 2008.g. je na web stranicama Grada Rijeke i Rijeka prometa u funkciju i probni rad pušten softverski paket Spectra koji na digitaliziranoj karti središta grada prikazuje podatke o prometnim opterećenjima. Iste su godine i prometne kamere na 13 pozicija uključene preko stranica Grada Rijeke na Internet. Ovisno o opterećenju, glavni prometni pravci kroz grad mijenjaju boje, što omogućava da se na brz i pregledan način dobije slika o trenutnom stanju prometa u gradu. Grafička karta je interaktivna i pogodna je za prikaz i drugih korisnih informacija kao što je stanje popunjenosti pojedinih parkirališta i garaža, izravan prijenos slike sa web kamera i sl.

Polovicom 2010.g. u probni rad pušten je paket informiranja vozača o trenutnom stanju popunjenosti parkirališta. S obzirom na postojanje «bežičnog» interneta u središtu Grada, pristup ovim podacima moguć je i izravno iz vozila, a ispituje se i mogućnost informiranja vozača preko putnog računala.

Ostali projekti čije se uvođenje planira u dogledno vrijeme u suradnji sa drugim sudionicima u prometu su:

- širenje sustava video-nadzora nad prometnom mrežom grada,
- informacijski sustav putnika na postajama JGP (sa KD Autotrolej),
- automatizirani sustav naplate u javnom gradskom prijevozu (sa KD Autotrolej),
- nadzor semaforiziranih raskrižja na cesti D-404 (sa Hrvatskim cestama).

Slika 26. Online prikaz trenutnog stanja prometa u gradu Rijeci



Izvor: <http://www.peek.hr/spectra/rijeka.html>

Slika 26. prikaz je digitalizirane karte središta grada sa podacima o prometnim opterećenjima. U gornjem desnom kutu je navigacijski bar pomoću kojeg se može “šetati“ po karti te točno vrijeme i datum odgovarajuć realnom, stvarnom, vremenu, gledanja na karti, sa zaostatom vremena podataka od svega jedne minute. U doljnjem lijevom uglu nalazi se legenda radi boljeg snalaženja na karti.

10.4. SWOT analiza

Kvalitativna analitička metoda kroz četiri čimbenika nastoji prikazati snage, slabosti, prilike i prijetnje, u ovom slučaju ITS-a.

<p><i>Strengths</i> → snaga</p> <ul style="list-style-type: none"> • Povećanje sigurnosti, • bolja protočnost i produktivnost, • reducirani troškovi i vrijeme putovanja, • manja štetnost na okoliš i ušteda goriva, • bolje informiranje putnika, • koncepti i tehnike umjetne inteligencije, geoprometni položaj, • stalni stabilan rast potražnje u cestovnom prometu eu, • poboljšanje kvalitete cestovne infrastrukture, bolja izmjena prometnih informacija, • donošenje odgovarajućih ,upravljačkih odluka u cilju poboljšanja efikasnosti sustava i iskorištenja raspoloživih resursa, • upravljanje u realnom vremenu, te dobivanje izravnog korisnikovog odgovor, • na eventualne promjene dobivaju se trenutačne reakcije. 	<p><i>Weaknesses</i> → slabosti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vjerovatnost nesreće ili kvara sustava ili komponente, • promet ne može biti potpuno siguran i bez nepoželjnih događaja, • ljudi (individualna percepcija rizika), • pogrešna ponašanja u prometu, • niska profitabilnost u cestovnom prometu EU, • visoka cijena nabave komponenata i uređaja sustava, • neodgovarajuć vozni park u RH(dosta su mali te se upravljanje njima može obavljati uz pomoć jednostavnijih sustava za prikupljanje i obradu podataka bez primjene prilično kompleksnih i skupih telematskih sustava), • većina prijevoznika nije dovoljno informirana(mišljenja da primjena ne može opravdati uložena sredstva u njihovu nabavu).
<p><i>Opportunities</i> → prilike</p> <ul style="list-style-type: none"> • Poticaj novim poslovima i zapošljavanju, • podizanje tehnološkog imidža grada i regije, • gospodarski rast, • međunarodna suradnja, • dobar tržišni potencijal i rastuća potražnja u cestovnom prometu, • rast broja turista i njihova potreba za prijevozom u RH, • moguća je nadogradnja telematskih uređaja, 	<p><i>Threats</i> → prijetnje</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ulaganja i investicije pojedinih zemalja u sustav, • dugotrajnost u uvođenju sustava regije, • rastuće cijene goriva i uska grla na tržištu rada u cestovnom prometu EU, • novi gospodarski pad u RH, • prometna dostupnost će ovisiti o brzini prijenosa informacija putem telekomunikacijskih uređaja.

Izvor: Izradio autor

11. ZAKLJUČAK

Promet, odnosno njegov porast i utjecaj na okolinu osnovni je problem suvremenog društva. Samim time potreba za boljom kontrolom i organizacijom prometa potakla je i potrebu za novom tehnologijom koja bi bila učinkovita u tome. Stoga je ITS osmišljen u cilju pomoći dosadašnjem klasičnom prometnom sustavu u ostvarivanju bolje koordinacije, sigurnosti i efektivnosti.

Njegova primjena ne eliminira klasične načine kontrole, policijska služba i sl., ne umanjuje aktivnosti tih službi koje vrše redovite kontrole prometnica, ali svakako im pomaže u otkrivanju lokacija nesreće i mogućnosti odlaska na teren kako bi se pomogla riješiti nastala situacija. Brzina i ažurnosti prenošenja podataka ITS sustava jednostavno je nužna sastavnica u svakom većem i razvijenijem prometnom središtu.

Dakle, glavni cilj inteligentnog transportnog sustava je integracija sustava radi poboljšanja kretanja ljudi, robe i informacija. Uz taj glavni cilj koji je ostvaren u državama u kojima je uveden, ali isto tako se i usavršava, potakao je ostvarivanje dodatnih poželjnih ciljeva. Povećala se radna učinkovitost i kapacitet transportnog sustava, mobilnost, te se smanjila stopa nesreća i šteta uzrokovanih transportom kao i potrošnja energije. Također je omogućena bolja kontrola štetnih utjecaja na ekološki sustav, odnosno zaštita okoliša.

LITERATURA

1. Baričević, H.: TEHNOLOGIJA KOPNENOG PROMETA, Pomorski Fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka 2001.
2. Bošnjak, I., INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2006.
3. Bošnjak, I., Badanjak, D.: OSNOVE PROMETNOG INŽENJERSTVA, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2005.
4. Cerovac, V., TEHNIKA I SIGURNOST PROMETA, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2001.
5. Dadić, I., Kos G., TEORIJA I ORGANIZACIJA PROMETNIH TOKOVA, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2007.
6. Jovović, I., RAZVOJ SUSTAVA ZA PRILAGODBU INFORMACIJA TEMELJENIH NA LOKACIJI KORISNIKA, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2009.
7. Županović, I. TEHNOLOGIJA CESTOVNOG PROMETA, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2005.

Članci:

1. Sršen, M.: „Inteligentni transportni sustavi u upravljanju cestovnom mrežom“, Suvremeni promet, vol: 28, 2008., br: 1/2 ; str. 141-151.
2. Antoliš, K., Strmečki, S., Magušić, F.: „Informacijska sigurnost i inteligentni transportni sustavi“, Suvremeni promet, vol: 28, 2008., br. 5., str. 353-355

Internet izvori:

1. <http://www.fpz.unizg.hr>
2. http://hr.wikipedia.org/wiki/Globalni_navigacijski_satelitski_sustavi
3. <http://www.telecomsys.com/products/location-based-services/default.aspx>
4. http://en.wikipedia.org/wiki/Location-based_service
5. http://www.its-croatia.hr/index.php?option=com_docman&task
6. <http://www.rijekapromet.hr/view.asp?idp=5&c=16>
7. <http://www.mmpi.hr/UserDocsImages/Sadko-Mandzuka-FPZ.pdf>
8. <http://www.peek.hr/spectra.htm>

POPIS SLIKA

Slika 1. Temeljna značenja termina ITS.....	4
Slika 2. Životni ciklus ITS-a.....	5
Slika 3. ITS područja koristi i mjerljive veličine.....	7
Slika 4. Sustav detekcije i prevencije incidenata.....	12
Slika 5. Prikaz sistema elektroničke naplate.....	14
Slika 6. Integracijski model prometa, transporta i sustava aktivnosti.....	16
Slika 7. Razvojni ciklus prometnog inženjerstva.....	17
Slika 8. Umjetna inteligencija kao znanost i tehnologija.....	19
Slika 9. Validacija i verifikacija modela.....	20
Slika 10. Vrste vođenja prometa.....	20
Slika 11. Input-output model senzora.....	22
Slika 12. Osnovni model telekomunikacijske mreže i terminala.....	24
Slika 13. Aspekti arhitekture ITS-a.....	25
Slika 14. Tok razvoja arhitekture.....	28
Slika 15. Višerazinski model za analizu ITS-a.....	29
Slika 16. Slijevanje tokova vozila.....	31
Slika 17. Oprema inteligentnog osobnog vozila.....	33
Slika 18. Operativni koncept sustava informiranja putnika i vozača.....	36
Slika 19. GPS u automobilu.....	43
Slika 20. Društvena aplikacija temeljena na lokaciji - Google Latitude.....	45
Slika 21. Metode procjene rizika.....	47
Slika 22. Povezanost inteligentnog raskrižja s drugim podsustavima.....	49

Slika 23. Integracija sustava upravljanja incidentnim situacijama.....	51
Slika 24. Osnovne faze IM-a.....	52
Slika 27. Prometni centar, Rijeka promet d.d.....	56
Slika 28. Online prikaz trenutnog stanja prometa u gradu Rijeci.....	60