

# УПРАВЉАЊЕ САОБРАЋАЈЕМ НА МРЕЖИ ПУТЕВА И УЛИЦА УЗ ПОМОЋ ИТС-А

Смиљан Вукановић  
Никола Челар

Саобраћајни факултет Универзитета у Београду, Београд, Србија

**Резиме:** Осигуравање потребе за рационалним саобраћајним системом, који је економски ефикасан и еколошки оправдан, захтева нови начин осмишљања и решавања саобраћајних проблема. Спровођење ових захтева изискује потпуно нову философију формирања, функционисања и управљања свим компонентама у оквиру саобраћајног система, кроз ефективнију примену савремених управљачких, рачунарских и комуникационих технологија у саобраћају како при изградњи нових путних праваца тако и при рехабилитацији постојеће путне и уличне мреже. Овај рад настао је као резултат рада на пројекту „Примена интелигентних транспортних система (ИТС) у управљању саобраћајем на мрежи путева и улица“, финансираној од стране Министарства за науку и заштитну животне средине Србије.

**Кључне речи:** ИТС, Управљање саобраћајем, рехабилитација путне мреже,

## ITS APPLICATION TO TRAFFIC MANAGEMENT ON ROADS AND STREETS

**Abstract:** Fulfillment of the need for more rational transport system, which is economically efficient and environmentally justified, requires a new attitude to and solution of transport issues. Implementation of these requests requires completely new philosophy of formation, functioning and management of all components comprising transport system, through more effective application of up to date management, computer and communication technologies in transport, both within construction of new routes and rehabilitation of already existing road and street network. This paper resulted from the work on the project entitled “Application of Intelligent Transport Systems in Transport Management on Road and Street Network”, financed by the Ministry of Science and Environmental Protection of the Republic of Serbia.

**Key words:** ITS, Traffic management and control, Road rehabilitation

### 1. UVOD

Високи трошкови изградње саобраћајне инфраструктуре, недостатак простора у урбаним срединама, растући критеријуми по питањима очувања квалитета животне средине и прихватљивог нивоа услуге саобраћајног система, наметнули су потребу за бољим искоришћењем постојећег капацитета мреже саобраћајница. Велике могућности за решавање сложеног захтева које корисници и друштво у целини поставља пред саобраћајни систем, налазе се у домену управљања саобраћајем. Иако развој хардвера и софтвера у домену саобраћаја, може обезбедити ефикаснији приступ управљању саобраћајем, постаје јасно да управљање саобраћајем, посматрано као засебна целина, не може да реши све саобраћајне проблеме. Значајна пажња се почиње придавати интеграцији других система у оквиру управљања саобраћајем уз примену савремених технологија. Овакав концепт интеграције допринео је појави и развоју Интелигентних Транспортних Система (ИТС).

Развој у домену ИТС-а представља стратешки неопходну компоненту развоја саобраћајног система неке земље. Многе апликације ИТС-а већ су ушле у оквир националних стратегија развоја будућег, популарно названог е-транспорта, заснованог на високом степену интеграције видова транспорта на бази различитих информационих платформи.

Ставови и мишљења која су изнесена су резултат вишегодишњег рада аутора на овом проблему и представљају његов лични став, а не став куће из које долази.

## 2. ШТА СЕ ПОДРАЗУМЕВА ПОД ПОЈМОМ ИТС ?

Велики број дефиниција је данас присутан у литератури и у пракси (AustRoads, ERTICO, ITS America, VERTIS). Могу се генерално поделити на две основне групе и то:

Хардверски оријентисане где су кључне речи саобраћај, прикупљање података, комуникационе везе, управљачки центар: „ИТС представља примену рачунарских, информационих и комуникационих технологија на мрежи саобраћајница и у транспортним јединицама које врше превоз путника и робе“.

Софтверски оријентисане где су кључне речи саобраћај, корисник (путник, возач), интелигентна оптимизација са циљем повећања ефикасности и безбедности: „Прилагодљива, интелигентна интеграција возила, возача и транспортног система ради ефикаснијег и безбеднијег одвијања саобраћаја“.

Наведене две групе дефиниција не указују на њихову некомпатибилност. Оне указују да се ИТС анализира, истражује и примењује на различитим нивоима и оценама очекиваних ефеката од стране разнородних институција (Индустрија, институти, универзитети, консултантске куће и др). Могло би се уз извесне резерве рећи да су хардверски оријентисане дефиниције па самим тим и прилази више карактеристика моћних индустрија и њихових асоцијација а да су софтверски оријентисане дефиниције и прилази више карактеристика научно истраживачке арене која обухвата широки дијапазон различитих институција.

Чињеница је да је у научно истраживачком делу много пре појаве данашњег ИТС развијене различите оптимизационе процедуре, принципи, алгоритми, модели расподеле саобраћаја на мрежу и др. Примера има много, али као један од најзначајних је Wordropov I и II принцип расподеле саобраћаја на мрежу, или тзв. кориснички и системски критеријум расподеле. Принципи су развијени и публиковани педесетих година прошлог века али је II принцип у пракси постао применљив тек појавом и применом ИТС-а.

## 3. ПОСТОЈЕЋЕ СТАЊЕ НА МРЕЖИ

Мобилност данас разликује свет од света пре стотинак година. Људи данас дневно путују више него што су некада путовали у целом животу. Ефикасност безбедност, поузданост су кључне речи данас за оцену саобраћајно транспортног система.

Повећање мобилности и степена моторизације довели су до дебаланса односно стања већих захтева од капацитета мреже. Резултат су загушења на мрежи за које се данас процењује да односе од 2 до 4% БДП годишње у Европи. Без обзира на прокламоване политике и стратегије овај ће се тренд под условом да не дође до неких непредвидивих ситуација наставити и у будућности.

Услед тога један од императива је боље, квалитетније, безбедније управљање саобраћајем на мрежи постојећих саобраћајница. Досадашњи резултати у примени и процене указују да ће ИТС бити један од основних алата у остваривању квалитетнијих, ефикаснијих, безбеднијих услова у саобраћају на мрежи саобраћајница. Основне користи од увођења ИТС-а су према већини извора:

- Боље искоришћење постојеће инфраструктуре;
- Побољшање услова у саобраћајном току;
- Квалитетнија опслуга у јавном превозу;
- Унапређење безбедности саобраћаја;
- Мањи трошкови транспорта;
- Смањење негативних утицаја на животну средину

Према Garret-у [2] до 2017. године систематско увођење ИТС допринеће:

- Смањењу незгода за 15%
- Смањењу незгода са смртним случајевима за 50%
- Смањење времена путовања за 25%
- Смањење временских губитака возила ЈМПП-а за 50% услед давања приоритета овим возилима

Ове процене су оптимистичке али у сваком случају указују да су потенцијалне користи од увођења ИТС велике.

#### 4. ПРВИ КОРАЦИ У РАЗВОЈУ ИТС-А

Уобичајено је да се у радовима ове врсте да и осврт на досадашњи развој. Намера овог рада није оријентисана у смеру детаљног приказа развоја ИТС-а. Веома је тешко рећи када је технички систем, било који па и саобраћајни, постао интелигентан. Стручњаци различитих профила и под појмом интелигенција не подразумевају увек исто. Оставићемо то за неку другу расправу. За илустрацију наводе се само на појаву два система која указују у ком правцу се и када је почео да се развија ИТС.

Прва контрола приступа на аутопутеве (Ramp metering) је уведена раних шездесетих прошлог века (May, 1964, Everall, 1972) и била је базирана на фиксним програмима рада светлосних сигнала помоћу којих је вршена контрола приступа на аутопут. Основни циљ тог система је био повећање ефикасности одвијања саобраћаја, односно нивоа услуге на аутопуту. Каснијим развојем осталих компоненти које чине ИТС и циљеви су се изменили. Данас поред ефикасности саобраћаја екологија и безбедност такође постали доминантни циљеви.

У Немачкој први систем управљана саобраћајем по саобраћајним тракама (LCS) је уведен 1965. године на 30км дугачкој деоници у зони Минхена. Контрола је рађена мануелно на основу информација са видео камера. Фази приступ у оптимизацији, који је данас веома распрострањен и базиран је на лингвистичким ставовима је вероватно и тада у неком почетном облику био основа у доношењу управљачких одлука.

## 5. ИТС РЕШЕЊА У ПРАКСИ

Данашња примена ИТС је веома широка и тешко ју је у потпуности систематизовати. Једна од подела у литератури на основне програме ИТС-а који су у комерцијалној употреби данас у друмском саобраћају је:

- Адаптибилни системи за управљање саобраћајем путем светлосних сигнала (Аустралија)
- Аутоматска контрола возила (РАТН Пројект)
- Аутоматска наплата путарине (Италија, Словенија, Немачка)
- Аутоматска наплата коришћења градских саобраћајница (Сингапур)
- Системи информисања возача у току вожње или пре почетка вожње (Атина)
- Управљање инцидентним ситуацијама (Немачка)
- Информације за путнике јавног превоза (Енглеска)
- Вођење возила по мрежи (Париз)
- Контрола приступа на аутопутеве (САД, Немачка, Холандија)

У оквиру наведених програма постоји велики број комерцијалних програма који се нуде на тржишту. Довољно је погледати „Freeway management and Operations Handbook“, поглавље 4 из 2003. године и видети колико је различитих програма из области ИТС-а у друмском саобраћају на располагању. Примера ради само у делу Управљање саобраћајем (Traffic management) наведено је 20 различитих комерцијалних програма који се нуде на тржишту САД.

## 6. ИТС НА НАШОЈ МРЕЖИ ПУТЕВА И УЛИЦА

ИТС је нова дисциплина која сигурно обезбеђује ефикасније и безбедније одвијање саобраћаја, боље искоришћење постојеће инфраструктуре, али не увек и елиминацију загушења на мрежи.

Увођење ИТС у друмском саобраћају захтева рад не следећим битним целинама:

- Образовање и обука;
- Стандарди и архитектура ИТС-а;
- Стандарди у односу на инфраструктуру;
- Финансирање ИТС-а;
- Институционалне промене;

### 6.1 Образовање и обука

У образовању на високошколским установама потребно је значајно прилагодити постојеће и отворити нове курсеве који одговарају захтевима ИТС-а.

Данас највећи број стручњака који се баве инфраструктуром су грађевински и саобраћајни инжењери који немају велико знање из електронике и телекомуникација. Обзиром да су телекомуникације и информационе технологије значајна компонента ИТС-а инжењери електронике се све више у последње време баве ИТС-ом али најчешће са минималним или никаквим знањем из области као што су систем, инфраструктура, саобраћајни параметри, оптимизација, вредновање. Експлоатација ИТС подразумева далеко већа знања из ових области а то значи да је неопходна перманентна обука на свим нивоима.

Како је ИТС у развоју, за очекивати је да ће у наредних 10 до 15 година ова област бити предмет све већег изучавања на техничким Универзитетима али и на осталим образовним институцијама .

Будући инжењери који ће се бавити управљањем саобраћајем биће вероватно више ИТС систем инжењери него саобраћајни, грађевински или електро инжењери.

## 6.2 Стандарди и архитектура ИТС-а

Не построје. Пројекти који су до сада рађени код нас су се ослањали на немачке и холандске стандарде.

## 6.3 Стандарди у односу на инфраструктуру

Није обухваћена ни у једном сегменту.

## 6.4 Финансирање ИТС-а

Није потпуно јасно ко и шта треба да финансира. Израду стандарда, истраживања, развој појединих компоненти опреме и др.

## 6.5 Институционалне промене

Једино тело које је формирано колико је познато је у оквиру Министарства за капиталне инвестиције . Координација између потенцијалних учесника је слаба и скоро непозната осталима.

## 7. ПОСТОЈЕЋИ КУРСЕВИ НА САОБРАЋАЈНИМ ФАКУЛТЕТИМА/ОДСЕЦИМА И ЗАХТЕВИ ИТС-А

У литератури, а и у комерцијалним програмима, који се нуде на тржишту најчешће је дата груба подела ИТС-а на следеће целине:

- Саобраћајни ток у најширем смислу односно ток који се контролише и којим се управља (захтеви, капацитети, интервали слеђења, време, инциденти, понашање корисника и др.);
- Систем мерења и прикупљања података (саобраћајни параметри, временски параметри);
- Систем комуникација, преноса података до и од управљачког центра;
- Управљачки центар са компонентама неопходним за доношење одлука.

Наведене целине имају своја физичка ограничења и сваки систем ИТС има своје специфичности које зависе и од врсте и начина прикупљања података, структуре система комуникација, управљачких акција које се спроводе на основу успостављених алгоритама управљања. Алгоритми управљања у зависности од система ИТС који се посматра се разликују и могу бити веома једноставни али и веома сложени. Алгоритми за вођење возила по мрежи, оптимизацију рада адаптивних система за управљање саобраћајем, детекцију инцидентних ситуација припадају скупу сложених алгоритама (неуро фази, генетски), док су алгоритми за аутоматску наплату путарине по правилу једноставнији.

Да бисмо лакше разумели и потражили одговор на постављено питање, извршена је подела ИТС-а на наредне целине:

- Систем, односно инфраструктура;
- Саобраћајне карактеристике или параметри који укључују и понашање корисника;
- Апликације –могуће примене;
- Комуникације и спољашња опрема;
- Оптимизација и симулација;
- Вредновање

Систем односно инфраструктура (мрежа саобраћајница, сложене раскрснице, артерије) се изучавају детаљно на факултетима кроз разне курсеве. Да ли су ти курсеви по знању које нуде довољни у смислу апликације ИТС-а је дискутабилно. ИТС захтева и другачије техничко експлоатационе карактеристике мреже и раскрсница. (зоне накупљања возила, дужина саобраћајних трака, разделна острва која не омогућавају управљање са променљивим бројем трака по смеру, нове статичке прорачуне за портале променљиве сигнализације што утиче и на промену профила пута и др).

Саобраћајне карактеристике се изучавају такође на већини факултета (теорија саобраћајног тока, психологија, анализа капацитета). Поставља се исто питање као и у претходном случају. Одговор је скоро истовестан. Изучавање понашања корисника, прихватање или не информација које му се нуде, прихватљиви интервали слеђења, понашање корисника у стањима загушења, релације време путовања-проток и др. се недовољно са аспекта потреба ИТС изучавају. Истраживања су из наведених области веома скромна па самим тим и резултати. Примера ради релација проток-брзина у функцији карактеристика градске саобраћајнице се најчешће узима из постојећих приручника или упутстава која су рађена у другим условима и у другим временима. У таквим случајевима треба бити опрезан у интерпретацији резултата

Апликације - могуће примене. Тржиште данас, као што је већ наведено, нуди велики број комерцијалних програма ИТС-а са детаљно разрађеним техничким условима, захтевима који се постављају пред спољну и комуникациону опрему и др. Веома често се даје и обимна документација о ефектима који се постижу таквим системима али стварни ефекти нису увек препознатљиви јер методолошки нису довољно разрађени. Кључне речи као што су ефикасност, безбедност, екологија, нижи трошкови одржавања су скоро увек присутне у презентовању појединих ИТС система али одређена сумња остаје када се има у виду структура алгоритама по којима се доносе одређене управљачке одлуке. Остаје питање у појединим случајевима колико је допринело ефикасном и безбедном одвијању саобраћаја промена структуре возног парка, нови материјали у производњи аутомобила а колико сам систем ИТС-а. Чињеница је да и данас већина система управљања саобраћајем светлосним сигнаlima, аутопутским рампама (ramp metering) и др. раде по стратегијама које су биле присутне и пре појаве ИТС-а. Помаци у смислу искоришћења могућности које пружа ИТС су у пракси веома мали. Динамичко управљање саобраћајем се скоро и не примењује у пракси иако је научна и стручна литература пуна радова на ту тему.

Изучавање могућих примена, посебно тамо где је индустрија слаба и не прати развој, је углавном везано за израду одређених финалних радова, а ИНТЕРНЕТ је један од основних извора информација као и комерцијални часописи који се баве ИТС-ом као и одређене тематске изложбе, сајмови.

Комуникације и спољашња опрема. Веома важна компонента ИТС-а која се изучава углавном кроз класичне курсеве као што су Основи телекомуникација, телекомуникације и сл. са недовољним акцентом на нове захтеве које ИТС успоставља. Такође у курсевима из Оптике (углавном кроз део Физике) је аспекту видљивости спољашње опреме дат веома мали значај. Ово је посебно случај на саобраћајним факултетима и грађевинским који са друге стране пледирају да су носиоци развоја и примене ИТС-а на мрежи саобраћајница. Обзиром на комплексност овог дела ИТС-а поставља се и логично питање колико је знања инжењерима, који се баве управљањем и пројектовањем саобраћаја, потребно из ове области.

Оптимизација и симулација. За ову целину се може рећи да је највише и развијена кроз различите курсева на факултетима. Различите оптимизационе процедуре (динамичке оптимизације, стохастичке, хеуристичке, вишекритеријумске, фази, неуро фази, предикција протока и др.) се изучавају најчешће у курсевима из операционих истраживања, саобраћајног моделовања, симулација, оптимизационих процедура. Оне су веома често и основа докторских радова и високоранжираних научноистраживачких пројеката

Знање које се стиче на наведеним курсевима највећим делом покрива захтева ИТС-а али је теоретски аспект многих оптимизационих процедура често сам себи циљ односно пренаглашен и без акцента у смислу могућих примена.

Последњих година појавио се велики број веома ефикасних симулационих софтверских програма који омогућавају анализу различитих сценарија управљања саобраћајем па самим тим и системе ослоњене на ИТС. Софтверски програми за симулацију ослањају се на различите моделе те дају и различите излазне резултате.

Дилема је: а) да ли слушаоцима наведених курсева треба дати онолико знања из оптимизационих процедура да би могли да разумеју и користе веома ефикасне симулационе софтверске пакете или б) обучити га да може сам да развија нове оптимизационе процедуре. У наведеној дилеми аутор је ближи ставу под а).

Када су у питању оптимизационе процедуре треба водити рачуна о констатацији датог за постојеће апликације. Дилема постоји у свету у смислу да ли ће се у примени ИТС и даље развијати корак по корак или је за очекивати снажан преокрет у смислу увођења динамичких комплексних ИТС система управљања саобраћајем.

Веома интересантна и провокативна област оптимизације је наплата коришћења делова урбане мреже и релације између цене коришћења мреже и расподеле саобраћаја на видове и на мрежу и генерисање захтева за паркирањем у зонама у којима не постоји ова врста плаћања надокнаде коришћења мреже.

Вредновање И ова целина је доста обухваћена курсевима али најчешће обухвата функционално вредновање када су у питању делови мреже и на функционално и економско када су у питању значајнији инфраструктурни (у овом случају путеви и објекти високог ранга) објекти. Поједини улазни подаци се често преузимају из других извора, приручника и упутстава (базне вредности засићеног тока, идеалан капацитет и др.) без модификације са резултатима сопствених истраживања. Посебно је тешко утврдити стварне утицаје загушења и вредновати ефекте смањења загушења па се загушења и недовољно моделски дефинишу и недовољно обрађују кроз курсеве.

На већини курсева стичу се знања која су неопходна за развој и примену ИТС-а али та знања нису усмерена најчешће коришћењу ИТС-а. Не постоји систематизовани курсеви из ИТС-а који обједињују знања из појединих области саобраћаја намењених захтевима ИТС-а.

## 8. ЗАКЉУЧАК

Реализација потребе за рационалнијим саобраћајним системом, који је економски ефикасан и еколошки оправдан, захтева нови начин посматрања и решавања саобраћајних проблема. Спровођење ових захтева изискује потпуно нову философију формирања, функционисања и управљања свим компонентама у оквиру саобраћајног система, кроз ефективнију примену савремених управљачких, рачунарских и комуникационих технологија у саобраћају.

Будућност ИТС-а је обећавајућа, нарочито у домену управљања саобраћајем у градовима, где се по природи ствари и генерише највећи број проблема и специфичних захтева који се постављају пред саобраћајни систем. Развој ИТС технологија ће свакако у том домену отворити нове могућности развоја постојећих и формирања нових концепата и стратегија управљања.

Развојем ИТС-а треба да се бави друштво у целини, обзиром да су користи које се остварују његовом применом од вишег друштвеног интереса. У том контексту, ИТС треба да се развија на интегрисан начин, у циљу давања значајног доприноса економији, окружењу, социјалним потребама и циљевима развоја друштва током наредног периода.

На нивоу наше државе, потребно је посебно ставити акценат на неопходност формирања националне стратегије развоја ИТС-а, као једне компоненте повезивања и приближавања европским интеграцијама.

## РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Taylor M. (2001) "Intelligent Transport System"-Handbook of Transport System and Traffic Control", Pergamon Press
- [2] Garrett A., (1998), "Intelligent Transport System-potential benefits and immediate issues", Road and Transport Research 7
- [3] Вукановић С., (1999), "Саобраћајне мреже I", Саобраћајни факултет Београд
- [4] Svetlana Vukanović, F. Busch, R. Kates (2005.) "Ein intelligentes Modell zur Steuerung von Streckenbeeinflussungsanlagen und ein empirisches Verfahren zur Optimierung im praktischen Einsatz", Straßenverkehrstechnik 9/2005, pages 451-458
- [5] Papageorgiou M., (1993), "A Concise Encyclopaedia of Road Traffic", Pergamon Press
- [6] David K. Hale, Ph. D.,(2001.), "Traffic network study tool, TRANSYT 7F", Mc Trans Center, University of Florida,
- [7] Cutling, I., (1993.), "Advanced Technology for Road Transport IVHS and ATT", Artech House ltd.,London.
- [8] ERTICO (1996.), "The Need for a Vision", Home page: [www.ertico-its.eu](http://www.ertico-its.eu)
- [9] Teodorović D., Vukanović S., Obradović K.,(1998), "Experimental analysis of driver behaviour under ATIS and a fuzzy route choice model", Transport planning and technology

- [10] Вукановић С., Обрадовић К.,(1998), “Динамички сисџеми за навођење возила”, Техника, сепарат Саобраћај 3/98
- [11] Милојчић Д., (1996), “Информатика друмској транспортној - ИСО стандарди за транспортне сисџеме следећега века”, Зборник радова Управљање саобраћајем-нове технологије', Едитор: С. Вукановић, Саобраћајни факултет, Београд
- [12] Vukanović S. (2006), “An approach to the introduction of ITS into process of education at technical faculties”, ISEP 2006, Ljubljana
- [13] Vukanović S., Čelar N., Milosavljević S. (2007.) „Estimation of level of service on urban network as input to ITS travel information“, ISEP 2007. Ljubljana
- [14] Stanić B., Osoba M. (2007.), „Application of ITS to the Belgrade inner semi-ring road“, ISEP 2007. Ljubljana