

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET U RIJECI

POSLIJEDIPLOMSKI ZNANSTVENI STUDIJ
„TEHNOLOŠKI SUSTAVI U POMORSKOM PROMETU“

LJUDEVIT KRPAN

**MODELIRANJE UPRAVLJAČKOG SUSTAVA U CESTOVNOM
PROMETU GRADA RIJEKE**

MAGISTARSKI RAD

RIJEKA, SRPANJ 2006.

SADRŽAJ:

SAŽETAK.....	V
SUMMARY.....	VI
1. UVODNA RAZMATRANJA	1
1.1. PROBLEM ISTRAŽIVANJA.....	1
1.2. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA.....	2
1.3. OCJENA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA.....	3
1.4. METODE ISTRAŽIVANJA.....	3
1.5. STRUKTURA RADA.....	4
2. OSNOVE TEORIJE PROMETNOG TOKA	5
2.1. OSNOVNI ELEMENTI PROMETNOG TOKA.....	5
2.2. DEFINIRANJE PROMETNOG TOKA KROZ PRIMJERE IZ CESTOVNOG PROMETA.....	14
2.3. ANALIZA PROPUSNE MOĆI CESTOVNIH PROMETNICA.....	15
2.3.1. ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA PROPUSNU MOĆ RASKRIŽJA SA SEMAFORIMA.....	17
2.3.2. STUPNJEVI PODOBNOSTI RASKRIŽJA	19
2.4. ANALIZA PROPUSNE MOĆI GRADSKIH PROMETNICA PRIMJENOM RAČUNALNIH PROGRAMA.....	20
3. INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI.....	23
3.1. OPĆENITO O ITS SUSTAVIMA.....	23
3.2. PREGLED USLUGA I KORISNIKA ITS SUSTAVA.....	24
3.3. ITS U CESTOVNOM PROMETU	26
4. SUSTAV AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA PROMETOM.....	33
4.1. ARHITEKTURE SUSTAVA AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA PROMETOM	33
4.1.1. PROSTORNO DEFINIRANJE ZONA I PRAVACA	34
4.1.1.1. Definiranje zona i pravaca sa stanovišta postojećeg stanja.....	34
4.1.1.2. Karakteristike i određivanje elemenata koji određuje zonu.....	35
4.1.1.3. Karakteristike i određivanje funkcije cilja koja određuje prometne pravce	35

4.1.2.	<i>CENTRALIZIRANI SUSTAV</i>	36
4.1.3.	<i>DECENTRALIZIRANI SUSTAV</i>	37
4.1.4.	<i>KOMBINIRANI SUSTAV</i>	37
4.1.5.	<i>ZAKLJUČNO O ARHITEKTURAMA SUSTAVA</i>	38
4.2.	<i>UPRAVLJANJE PROMETOM PROMJENLJIVOM SVJETLOSNO SIGNALIZACIJOM (SEMAFORIMA)</i>	39
4.2.1.	<i>TIPOVI SIGNALNIH UREĐAJA</i>	39
4.2.2.	<i>SIGNALI ZA UPRAVLJANJE PROMETOM</i>	40
4.2.3.	<i>DETEKTORI ZA VOZILA</i>	40
4.2.4.	<i>SIGNALI ZA PJEŠAKE</i>	41
4.2.5.	<i>PRORAČUN RADA SVJETLOSNIH SIGNALNIH UREĐAJA (SEMAFORA) NA POJEDINAČNIM (IZOLIRANIM) RASKRIŽJIMA</i>	41
4.2.5.1.	<i>Proračun duljine ciklusa i faza</i>	44
4.2.5.2.	<i>Vremenski gubici vozila na semaforiziranim raskrižjima</i>	45
4.2.5.3.	<i>Koordiniranje svjetlosnih signala</i>	46
4.2.5.4.	<i>Alternativni sustav</i>	47
4.2.5.5.	<i>Simultani sustav</i>	47
4.2.5.6.	<i>Progresivni sustav</i>	47
4.2.5.7.	<i>Fleksibilno progresivni sustav</i>	48
4.2.5.8.	<i>Izrada upravljačke logike</i>	48
4.2.5.9.	<i>Dijagram odvijanja faza</i>	49
4.2.6.	<i>OSNOVNI PARAMETRI ZA DEFINIRANJE ALGORITAMA UPRAVLJANJA SVJETLOSNO PROMETNO SIGNALIZACIJOM</i>	50
4.3.	<i>IZBOR STRATEGIJA UPRAVLJANJA U URBANOM PODRUČJU</i>	52
4.3.1.	<i>PROMETNO OVISAN RAD SUSTAVA</i>	56
4.3.1.1.	<i>Raspodjela ovisno o prometnim tokovima</i>	58
4.3.1.2.	<i>Raspodjela ovisno o zahtjevima posebnih korisnika</i>	59
4.3.1.3.	<i>Raspodjela ovisno o stupnju zasićenja</i>	59
4.3.1.4.	<i>Rasprava o modelu raspodijeljenog sustava</i>	59
4.3.2.	<i>RAD SEMAFORSKOG UREĐAJA NA RASKRIŽJU</i>	60
4.3.2.1.	<i>Signalni programi s fiksnim vremenima</i>	60
4.3.2.2.	<i>Prometno ovisan rad semaforiskog uređaja na raskrižju</i>	61
4.3.2.3.	<i>Posebni oblici primjene stvaranja signalnih programa</i>	65

4.3.3.	<i>ZAKLJUČNO O STRATEGIJAMA UPRAVLJANJA PROMETOM.....</i>	66
5.	SUSTAV AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA PROMETOM U GRADU RIJECI....	67
5.1.	STRUKTURA CESTOVNE PROMETNE MREŽE GRADA RIJEKE	68
5.2.	OSNOVNI GRADSKI PROMETNI PRAVCI.....	70
5.3.	PROMETNE ZONE.....	71
5.4.	PROMETNI VOLUMENI NA PROMETNICAMA GRADA.....	73
5.4.1.	<i>JAVNI GRADSKI PRIJEVOZ.....</i>	75
5.4.2.	<i>UVJETI PARKIRANJA.....</i>	76
5.4.3.	<i>PJEŠAČKI PROMET.....</i>	77
5.4.4.	<i>PUTNIČKI TERMINALI.....</i>	78
5.5.	ANALIZA RADA „STAROG“ SUSTAVA UPRAVLJANJA PROMETOM	80
5.6.	FAZNA IZGRADNJA SUSTAVA AUP-a.....	81
5.7.	IZBOR RJEŠENJA PROMETNOG PROJEKTA I STRATEGIJE UPRAVLJANJA.....	83
5.7.1.	<i>IZBOR METODOLOGIJE (strategije, metode i programski alati).....</i>	83
5.7.2.	<i>OSNOVNI PREDUVJETI ZA IZRADU SIGNALNIH PROGRAMA ZA POJEDINA SEMAFORIZIRANA RASKRIŽJA</i>	85
5.7.2.1.	<i>Određivanje kritičnih raskrižja u zonama.....</i>	85
5.7.3.	<i>IZBOR SIGNALNIH PROGRAMA.....</i>	87
5.7.4.	<i>USKLAĐIVANJE RADA SEMAFORIZIRANIH RASKRIŽJA NA GLAVNIM GRADSKIM PRAVCIMA –KOORDINACIJE.....</i>	89
5.7.4.1.	<i>Jedna prometna zona za cijelo područje – stalno.....</i>	92
5.7.4.2.	<i>Jedna prometna zona za cijelo područje – povremeno.....</i>	93
5.7.4.3.	<i>Više malih prometnih zona za cijelo područje-stalno.....</i>	93
5.7.4.4.	<i>Prometne zone u području – dinamički.....</i>	94
5.7.5.	<i>DEFINIRANJE ALGORITMA I ODREĐIVANJE PROMETNIH PARAMETARA ZA PROMJENU REŽIMA UPRAVLJANJA</i>	94
5.7.6.	<i>UČESTALOST PROMJENE REŽIMA UPRAVLJANJA</i>	97
5.8.	DEFINIRANJE OSNOVNIH PROGRAMSKIH PARAMETARA SUSTAVA	98
5.8.1.	<i>DEFINIRANJE FUNKCIJE CILJA ZA IZBOR BROJA SIGNALNIH PROGRAMA</i>	98
5.9.	OSNOVNE KARAKTERISTIKE INSTALIRANOG SUSTAVA	99
5.9.1.	<i>EUROCONTROLLER EC-1 (mikroprocesorski semaforski uređaj)</i>	104
5.9.2.	<i>EC-Trak PROGRAMSKI PAKET.....</i>	106

5.9.3.	<i>RAZVOJ SUSTAVA AUP (nadogradnja podustava)</i>	109
5.9.4.	<i>ADAPTIVNO UPRAVLJANJE PROMETOM U GRADOVIMA</i>	112
5.10.	ISKUSTVA U PRIMJENI I OPERATIVNI ZAKLJUČCI	117
6.	ZAKLJUČNA RAZMATRANJA	122
LITERATURA		126
POPIS TABLICA		133
POPIS SLIKA		133
POPIS SHEMA		133
POPIS GRAFIKONA		133
PRILOG: POPIS SEMAFORIZIRANIH RASKRIŽJA U GRADU RIJECI		134

SAŽETAK

Nagli rast i razvoj motorizacije te relativno mala sredstva koja se ulažu u unapređenje prometne infrastrukture u gradovima, doveo je do teških problema u pogledu slobodnog kretanja vozila po javno – prometnim površinama. Posljedice toga su: smanjenje propusne moći ulica, smanjenje brzine kretanja, veći troškovi eksploatacije, više prometnih nezgoda i zakrčenost prometnica, a to je upravo ono što nije poželjno, pogotovo u središnjim dijelovima grada.

Implementacija inteligentnih transportnih sustava (ITS), u prvom redu, primjenjuje se u urbanim sredinama u kojima ne postoji mogućnost povećanja kapaciteta prometne mreže izgradnjom, ili dogradnjom nove prometne infrastrukture, te se kao jedino rješenje nameće mogućnost optimiziranja prometne mreže uvođenjem ITS tehnologija. Intelligentni transportni sustavi i usluge predstavljaju spoj informatičkih i telekomunikacijskih tehnologija s transportnim sredstvima i infrastrukturom, a u službi efikasnije mobilnosti ljudi i dobara. Kako bi se sve ove nepoželjne pojave što više ublažile, a u nemogućnosti izgradnje nove prometne infrastrukture (prometnica), potrebno je implementirati ITS tehnologiju u prometne sustave urbanih područja.

Prihvaćajući značaj i ulogu prometa u ukupnom gospodarskom sustavu zemlje, pristupilo se, osobito u gospodarski razvijenim zemljama zapada, intenzivnijoj izgradnji i modernizaciji prometne infrastrukture, stimuliranju modernizacije i povećavanju kapaciteta prometnih sredstava, uvođenju novih oblika organizacije prometa, te uvođenju novih inteligentnih transportnih sustava, što sve rezultira porastom obujma prometa putnika i tereta, odnosno njihovom boljom protočnošću i povećanju kvalitete prometne usluge.

Obzirom na stalno rastući trend povećanja broja registriranih motornih vozila, na području Primorsko-goranske županije povećanje iznosi 7% godišnje, te trend povećanja prometa motornih vozila, u središtu grada Rijeke povećanje iznosi 2-3% godišnje, razvidan je problem nedovoljnog kapaciteta cestovne prometne mreže grada Rijeke. Temeljem broja vozila koja ulaze u najuži centar Grada, lako se zaključuje da je osnovna karakteristika prometnog toka nestabilnost, odnosno veoma niska uslužnost, nerijetko razine usluge „F“. Kako bi se kapacitet i propusnost postojeće prometne mreže maksimalno iskoristio, potrebno je u cestovni prometni sustav integrirati suvremene inteligentne transportne sustave po uzoru na primijenjena rješenja u gradovima sa sličnom topografijom i prometnom mrežom u Europskoj uniji.

Relevantnim spoznajama o primjeni ITS tehnologije u prometnom sustavu grada Rijeke dokazana je efikasnost i kvaliteta modernih prometnih sustava, te potreba za njihovom implementacijom i u ostala veća urbana središta Hrvatske.

SUMMARY

A rapid increase and progress of motorisation and a relatively small amount of resources being invested in the improvement of infrastructure in towns has led to serious difficulties in the free movement of vehicles on public-traffic areas. The consequences of these phenomena are: decrease of road capacity, decrease of speed of movement, higher exploitation costs, more traffic accidents and congestion of roads – all the phenomena that are undesirable, especially in central areas of towns.

The implementation of intelligent transport systems (ITS) is applicable in the first place in urban centres in which there is no possibility of increasing the capacity of the traffic network by new construction or by adding additional traffic infrastructure, and therefore the implementation of the ITS technologies imposes itself as the only solution to the possibility of optimising the traffic network. Intelligent transport systems and services represent the integration of information and telecommunication technologies with means of transportation and their infrastructure, aiming at achieving a more efficient mobility of people and goods. In order to diminish all these undesirable phenomena as much as possible, where there is no possibility of constructing new traffic infrastructure (roads), it is necessary to implement the ITS technology in the traffic systems of urban centres.

By acknowledging the importance and the role of traffic within the overall economic system of a country, developed western countries especially, have taken some actions, such as: approaching a more intense construction and modernisation of traffic infrastructure; stimulating of modernisation and increasing of capacity of traffic means; implementing of new forms of traffic organisation and implementing of intelligent transport systems. These actions have resulted in the increase of passenger and cargo traffic volumes, i.e. in their better free flow and increase of traffic service quality.

In reference to the constantly growing trend of increase of number of registered motor vehicles (in the area of the County of Primorje and Gorski Kotar the increase amounts to 7% per year) and to the trend of increase of traffic of motor vehicles (in the city of Rijeka centre the increase amounts to 2-3% per year), the problem of insufficient capacity of traffic network of the city of Rijeka becomes evident. Based on the number of vehicles entering into the narrowest centre of the City, it can easily be concluded that the basic characteristic of the traffic flux is instability, i.e. a very low level of serviceability in which the „F“ level of service is not rare. In order to use the capacity and the flow capacity of the existing traffic network to their full extent, into the road traffic system is necessary to integrate modern intelligent transport systems modelled on solutions already applied in western countries' cities with similar topography and traffic network.

Relevant awareness of the application of the ITS technology in the traffic system of the city of Rijeka has proven the efficacy and the quality of modern transport systems and the need for their implementation in other larger urban centres of Croatia.