

UNIVERZITET U BEOGRADU
SAOBRAĆAJNI FAKULTET

Vladan TUBIĆ
Marijo VIDAS
Nemanja STEPANOVIĆ

**OSNOVE TEORIJE
SAOBRAĆAJNOG
TOKA**

BEOGRAD
2022.

Vladan Tubić, Marijo Vidas i Nemanja Stepanović
Osnove teorije saobraćajnog toka
I izdanje

Recenzenti: prof. dr Draženko Glavić i prof. dr Nikola Čelar
Za izdavača: prof. dr Nebojša Bojović, dekan
Glavni i odgovorni urednik: prof. dr Marijana Petrović
Tehnički urednik: Predrag Knežević
Korice: Vladan Tubić i Marijo Vidas
Izdavač: Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, Vojvode
Stepe 305; telefon: 011 3976 017; fax: 011 3096 704;
<http://www.sf.bg.ac.rs>
Priprema: Izdavačka delatnost Saobraćajnog fakulteta;
telefon: 011 3091 344;
e-adresa: izdavacka_delatnost@sf.bg.ac.rs
Štampa: Birograf Comp d.o.o Beograd,
Atanasija Pulje 22, 11080 Zemun,
telefon: 30750–55; fax: 2194–752,
e-adresa: office@birograf.rs; <http://www.birograf.rs>
Tiraž: 300 primeraka
ISBN 978-86-7395-457-8

Na osnovu odluke Uređivačkog odbora Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu broj 1285/2 od 5. oktobra 2022. godine, odobrava se za upotrebu u nastavi kao pomoćni udžbenik za predmete: „Teorija saobraćajnog toka”, i „Osnove teorije toka i kapaciteta saobraćajnica” na osnovnim studijama.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

656.1(075.8)

ТУБИЋ, Владан, 1960-

Osnove teorije saobraćajnog toka / Vladan Tubić, Marijo Vidas, Nemanja Stepanović. - 1. izd. -
Beograd : Univerzitet, Saobraćajni fakultet, 2022 (Beograd : Birograf comp). - 239 str. : ilustr. ; 24 cm

Tiraž 300. - Beleška o autorima: str. 237-239. - Bibliografija: str. 231-236.

ISBN 978-86-7395-457-8

1. Видас, Маријо Ј., 1980- [аутор] 2. Степановић, Немања, 1992- [аутор]
а) Друмски саобраћај

COBISS.SR-ID 79941385

Izdavač zadržava sva prava. Reprodukција pojedinih delova ili celine ove publikacije nije dozvoljena.

Sadržaj:

Predgovor	7
1. Uvod	9
1.1 Osnovni sadržaj knjige	11
2. Kretanje pojedinačnog vozila	13
2.1 Kretanje vozila u funkciji vremena	14
2.2 Kretanje kao funkcija puta	18
2.3 Kretanje kao funkcija brzine	20
2.4 Karakteristični slučajevi zavisnosti ubrzanja od brzine	21
2.5 Grafičko predstavljanje međuzavisnosti osnovnih parametara	23
2.6 Statistička analiza osnovnih parametara merodavnih za opisivanje kretanja pojedinačnog vozila.....	23
2.7 Trajektorije vozila i performanse saobraćajnog toka	24
2.8 Efekti karakteristika vozila na kretanje pojedinačnog vozila.....	25
2.9 Efekti karakteristika vozača na kretanje pojedinačnog vozila	27
2.10 Uticaji puta i okoline na kretanje pojedinačnog vozila	29
3. Osnovni parametri saobraćajnog toka i njihove teorijske relacije	33
3.1 Osnovni parametri saobraćajnog toka	34
3.1.1 Protok vozila (q)	35
3.1.2 Gustina saobraćajnog toka (g)	37
3.1.3 Brzina saobraćajnog toka (V)	38
3.1.4 Vreme putovanja (t)	41
3.1.5 Jedinično vreme putovanja (t_m).....	42
3.1.6 Interval sleđenja vozila (t_h)	42
3.1.7 Rastojanje sleđenja vozila (S_h)	43
3.1.8 Zauzetost (procenat vremena u kojem je deonica u potpunosti prekrivena vozilima)	44
3.1.9 Zasićenje	46
3.1.10 Merenje parametara saobraćajnog toka	46

4. Teorijske relacije između osnovnih parametara saobraćajnog toka	51
4.1 Greenshields – osnovni dijagram saobraćajnog toka	52
4.2 Trougaoni osnovni dijagram.....	56
4.3 Odsečeni trougaoni osnovni dijagram	57
4.4 Smudlersov osnovni dijagram	57
4.5 Drakeov osnovni dijagram	58
4.6 „Inverzna lambda” osnovni dijagram	59
4.7 Wuov osnovni dijagram	60
4.8 Ostale relacije između osnovnih parametara saobraćajnog toka	61
5. Karakteristike saobraćajnog toka	63
5.1 Složenost saobraćajnog toka.....	63
5.2 Opšti uslovi u saobraćajnom toku	64
5.3 Sastav ili struktura saobraćajnog toka	64
5.3.1. Metode za utvrđivanje PAE	66
5.4 Vremenska neravnomernost saobraćajnog toka	72
5.5 Istraživanje protoka – praktični primeri	89
5.5.1 PRIMER 1 – Saobraćajni zahtev pri zagušenju.....	89
5.5.2 PRIMER 2 – Proračun PGDS–a na osnovu dnevnih, sedmičnih i mesečnih varijacija protoka.....	91
5.5.3 PRIMER 3 – Proračun PGDS–a na osnovu dnevnih i mesečnih varijacija protoka	93
5.6 Metodološke osnove brojanja saobraćaja (sistem)	97
5.6.1. Ostale metode i izvori podataka.....	99
5.7 Potrebe korisnika	100
6. Postupci utvrđivanja srednje prostorne brzine.....	101
6.1 Utvrđivanje V_s na bazi lokalnih merenja.....	101
6.2 Utvrđivanje V_s Na osnovu srednje vremenske brzine i standardnog odstupanja brzina vozila u saobraćajnom toku, izmerenih na preseku.	103
6.3 Utvrđivanje V_s na osnovu istraživanja vršenih u Rusiji	104
6.4 Metod pokretnog osmatrača	104
6.5 Utvrđivanje V_s na osnovu kvazi-lokalnog merenja	108
6.6 Utvrđivanje V_s na osnovu kvazi-trenutnog merenja.....	109
7. Detektori za merenje parametara saobraćajnog toka.....	111
7.1 Podela i primena detektorskih tehnologija	112

7.2 Karakteristike detektorskih tehnologija.....	113
7.2.1 Induktivna petlja	113
7.2.2 Magnetni detektori.....	114
7.2.3 Pneumatska cev.....	116
7.2.4 Piezoelektrični detektori	117
7.2.5 Infracrveni detektori.....	117
7.2.6 Mikrotalasni radarski detektori.....	119
7.2.7 Ultrazvučni detektori	121
7.2.8 Video detektori.....	121
7.2.9 Test i probna vozila.....	124
7.3 Prednosti i nedostaci.....	126
8. Uticaj vremenskih prilika na parametre saobraćajnog toka	131
8.1 Rezultati istraživanja uticaja vremenskih uslova na parametre saobraćajnog toka.....	132
8.2 Makroskopska istraživanja uticaja vremenskih uslova na saobraćajni tok	133
8.2.1 Uticaj vremenskih prilika na kapacitet	133
8.2.2 Uticaj vremenskih prilika na kašnjenje.....	135
8.2.3 Uticaj vremenskih prilika na saobraćajne zahteve.....	135
8.2.4 Uticaj vremenskih prilika na brzinu na auto-putu	136
8.2.5 Pregled sumarnih rezultata istraživanja uticaja vremenskih uslova na makroskopske saobraćajne parametre	137
8.3 Uticaj vremenskih prilika i mikroskopska istraživanja ponašanja vozača.....	138
8.4 Metodološki okvir istraživanja uticaja nepovoljnih vremenskih uslova ..	139
9. Empirijski modeli zavisnosti osnovnih parametara saobraćajnog toka.....	145
9.1 Empirijski modeli zavisnosti sredenje prostorne brzine toka od gustine toka	146
9.1.1 Linearni model „brzina – gustina”.....	146
9.1.2 Logaritamski model „brzina – gustina”	147
9.1.3 Eksponecijalni model „brzina – gustina”	148
9.1.4 Model zvonaste krive za relaciju „brzina – gustina”	149
9.1.5 Dvovredniški modeli „brzina – gustina”	150
9.1.6 Hipotetički petovredniški model „brzina – gustina”.....	152
9.1.7 Fenomen Histereze u saobraćajnom toku	154
9.2 Empirijski modeli zavisnosti protoka od gustine	156
9.2.1 Parabolični model „protok – gustina”.....	157
9.2.2 Model „protok – gustina” zasnovan na logaritamskoj zavisnosti brzine i gustine.....	159
9.2.3 Model „protok – gustina” zasnovan na ekspancijalnoj zavisnosti brzine od gustine.....	159
9.2.4 Dvovredniški model „protok – gustina”	160

9.2.5 Model „protok – gustina” na putu na kome postoji usko grlo	160
9.2.6 Hipotetički petorežimski model „protok – gustina”	162
9.3 Empirijski modeli zavisnosti srednje prostorne brzine od protoka	163
9.3.1 Parabolični model „brzina – protok”	164
9.3.2 Model „brzina – protok” zasnovan na logaritamskoj zavisnosti	164
9.3.3 Model „brzina – protok” zasnovan na eksponencijalnoj zavisnosti brzine od gustine	165
9.3.4 Dvorežimski model „brzina – protok”	166
9.3.5 Hipotetički petorežimski model „brzina – protok”	167
9.3.6 Modeli „brzina – protok” koji se najčešće koriste u inženjerskoj praksi ...	168
9.4 Uporedni prikaz empirijskih modela	170
9.4.1 Jednorežimski modeli	170
9.4.2 Višerežimski modeli	171
9.4.3 Savremeni empirijski modeli	173
10. Matematički modeli u opisivanju zakonitosti u saobraćajnom toku	179
10.1 Mikroskopski deterministički modeli rastojanja sleđenja	182
10.1.1 Model konstantnog rastojanja sleđenja	183
10.1.2 Modeli rastojanja sleđenja u funkciji brzine	185
10.1.3 Modeli rastojanja sleđenja vozila tipa „SLEDI VOĐU”	195
10.1.4 PITT model	206
10.1.5 GIPPS model	207
10.1.6 MITSIM model	208
10.1.7 Psihofizički model rastojanja sleđenja	209
10.2 Makroskopski deterministički modeli rastojanja sleđenja	211
10.2.1 Brzina „talasa” (V_w)	214
10.2.2 Brzina „šok talasa” (V_{sw})	216
10.2.3 Analiza zakonitosti ponašanja „šok talasa” u specifičnim slučajevima odnosa između brzine i gustine toka	220
11. Literatura	231
12. Beleška o autorima	237

PREDGOVOR

Ovaj rad predstavlja sistematizaciju dugogodišnjih predavanja koja su održana studentima Odseka za drumski i gradski saobraćaj i transport na Saobraćajnom fakultetu Univerziteta u Beogradu.

Teorija saobraćajnog toka kao naučna disciplina, predstavlja temelj i važan oslonac većem broju drugih naučnih disciplina, kao što su: Kapacitet puteva, Upravljanje i regulisanje saobraćaja, Eksploatacija i upravljanje putevima, Planiranje saobraćaja, Bezbednost saobraćaja, Projektovanje puteva i gradskih saobraćajnica, Organizacija drumskog i gradskog transporta, Transportna ekonomija i dr.

Teorija saobraćajnog toka je od 1970. godine postala predmet sistematskog izučavanja na Saobraćajnom fakulteta u Beogradu, a kasnije i na ostalim srodnim fakultetima u Republici Srbiji kroz nastavne sadržaje i kroz istraživačke teme naučnih instituta.

Prvi pionirski radovi iz ove naučne oblasti i prva udžbenička literatura u Republici Srbiji publikovana je 1980. godine, odnosno 1987. godine od strane autora Prof. dr Ljubiše Kuzovića, koja je svakako bila uzor u koncipiranju ovog udžbenika.

Sa ciljem da se ublaži uočena vremenska praznina pripremljen je ovaj rad.

Ipak, treba istaći da je u formiranju ovog rada konsultovana obimna strana literature (koja u najvećoj meri nije udžbeničkog karaktera) jer je Teorija saobraćajnog toka u periodu posle 2000. godine sa razvojem informacionih tehnologija doživela neverovatan progres kako u domenu fundamentalnih istraživanja, tako i u praktičnoj primeni.

Iznete napomene ukazuju na objektivne teškoće koje su se isprečile pri koncipiranju ovog rada, kojim je učinjen pokušaj da se Teorija saobraćajnog toka izloži i približi, pre svega studentima i inženjerima saobraćaja, ali i svim drugim stručnjacima koji se u svom radu oslanjaju na ovu naučnu oblast.

Uz brojne autore koji su citirani u tekstu ili popisu korišćene literature, zahvalnost dugujemo recenzentima koji su dali niz korisnih saveta u poboljšanju ovog rada.

Nadamo se da će ova knjiga korisno poslužiti u obrazovanju novih stručnjaka za saobraćajno i putno inženjerstvo. Takođe će i inženjeri iz prakse moći u njoj da nađu podršku i podsticaj za unapređenje svog stručnog rada.

AUTORI