

UNIVERZITET U BEOGRADU
SAOBRAĆAJNI FAKULTET

Dr Slaven M. TICA,
dr Predrag ŽIVANOVIĆ, dr Stanko BAJČETIĆ

TEHNOLOGIJA TRANSPORTA PUTNIKA

BEOGRAD,
2021.

Dr Slaven M. Tica, dr Predrag Živanović, dr Stanko Bajčetić
TEHNOLOGIJA TRANSPORTA PUTNIKA
I izdanje

Recenzenti:	dr Branimir Stanić dr Srećko Žeželj
Za izdavača:	dr Nebojša Bojović, dekan
Glavni i odgovorni urednik:	dr Marijana Petrović
Tehnički urednik:	Gordana Marjanović
Lektor:	Dina Tomić-Anić
Korice:	Slobodan Gavrilović
Izdavač:	Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305; telefon: 3976-017; fax: 3096-704; http://www.sf.bg.ac.rs
Priprema:	Izdavačka delatnost Saobraćajnog fakulteta telefon: 3091-344; e-mail: izdavacka_delatnost@sf.bg.ac.rs
Štampa:	Pekograf d.o.o., 11080 Zemun, Vojni put 258/d telefon/fax: 3149-166; e-mail: pekograf@sbb.rs http://www.pekograf.com
Tiraž:	300 primeraka
ISBN 978-86-7395-439-4	

Na osnovu odluke Uređivačkog odbora Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu broj 526/2 od 25. maja 2021. godine, odobrava se za upotrebu u nastavi kao osnovni udžbenik za predmete na osnovnim studijama: "Tehnologija transporta putnika" i "Osnovi javnog gradskog transporta putnika".

CIP – КАТАЛОГИЗАЦИЈА У ПУБЛИКАЦИЈИ
Народна библиотека Србије, Београд

656.025.2(075.8)

ТИЦА, Славен, 1970-

Tehnologija transporta putnika / Slaven M. Tica, Predrag Živanović, Stanko Bajčetić. - 1. izd. - Beograd : Univerzitet, Saobraćajni fakultet, 2021 (Zemun : Pekograf). - 376 str. : ilustr. ; 25 cm

Slike autora. - Tiraž 300. - Rečnik pojmova: str. 357-362. - Beleške o autorima: str. 373-376. - Napomene i bibliografske reference uz tekst. - Bibliografija: str. 363-372.

ISBN 978-86-7395-439-4

1. Живановић, Предраг В., 1980- [аутор] 2. Бајчетић, Станко, 1981- [аутор]
а) Јавни градски саобраћај б) Путнички саобраћај

COBISS.SR-ID 39855369

PREDGOVOR

Sistemi javnog transporta putnika su proizvodno, ekonomski i ekološki najpodobniji delovi gradskog transportnog sistema i predstavljaju jedan od osnovnih elemenata održive mobilnosti i ključni instrument razvoja politike održivog razvoja i kvaliteta života u urbanim područjima.

Uspešni gradovi i gradovi pogodni za život se oslanjaju na efikasan sistem javnog gradskog transporta putnika koji u sinergiji sa ostalim održivim vidovima transporta putnika predstavlja celovito i koherentno rešenje realizacije transportnih potreba stanovnika urbanih područja.

Primenom sistemskog pristupa, knjiga prikazuje analizu sistema javnog gradskog transporta putnika i ključne tehnološke procese unutar sistema, kombinujući iskustvo sa kreativnošću i eleganciju sistemskog pristupa sa transportnim inženjeringom, a sve u cilju projektovanja i razvoja sistema javnog gradskog transporta putnika „po meri” ključnih aktera u sistemu.

Publikacija je rezultat dugogodišnjeg rada autora u oblasti javnog gradskog transporta putnika i u nju su ugrađena naučna saznanja i iskustva stečena u projektovanju savremenih sistema javnog gradskog transporta putnika u više gradova.

Knjiga odražava dostignuća savremene nauke i prakse u naučnom, metodološkom i pedagoškom pogledu u ovom trenutku vremena, i namenjena je studentima osnovnih i master akademskih studija na Univerzitetu u Beogradu – Saobraćajnom fakultetu. U njoj su u potpunosti obrađene metodološke i nastavne celine na tri predmeta sa osnovnih akademskih studija (Tehnologija transporta putnika, Osnovi javnog gradskog transporta putnika i Osnovi tehnologije drumskog linijskog transporta), a pojedina poglavlja značajnim delom obrađuju metodološke i nastavne celine i predmeta sa master akademskih studija (Sistemi transporta putnika).

Takođe, knjiga je namenjena i diplomiranim inženjerima saobraćaja i drugim profilima menadžera koji rade u složenim organizaciono-tehnološkim sistemima javnog transporta putnika, sa ciljem da premoste prazninu koja često deli teoriju i praksu.

Iskrenu zahvalnost za pruženu pomoć u izradi ove publikacije izražavamo članovima našeg tima sa Katedre za drumski i gradski transport putnika, koja predstavlja nukleus stručnog i naučno-istraživačkog rada u sektoru transporta putnika u regionu.

Autori

SADRŽAJ

Predgovor	3
Spisak slika.....	11
Spisak tabela.....	17
1. GRADOVI I MOBILNOST	19
1.1. Održiva urbana mobilnost	31
1.2. Transportna politika.....	43
2. SISTEMI TRANSPORTA PUTNIKA.....	49
2.1. Klasifikacija sistema transporta putnika u odnosu područje opsluge	64
2.2. Klasifikacija sistema transporta putnika prema tehnologiji pružanja usluge.....	65
2.3. Klasifikacija sistema transporta putnika u odnosu na svojinski karakter	67
2.4. Klasifikacija sistema transporta putnika u odnosu na dostupnost za korišćenje.....	68
3. SISTEMI JAVNOG GRADSKOG TRANSPORTA PUTNIKA	69
3.1. Klasifikacija sistema javnog gradskog transporta putnika prema sistemskim karakteristikama.....	77
4. SISTEM JAVNOG MASOVNOG TRANSPORTA PUTNIKA	81
4.1. Autobuski podsistem	83

4.2.	Trolejbuski podsistem	90
4.3.	Tramvajski podsistem.....	96
4.4.	LRT podsistem	103
4.5.	Metro podsistem	107
4.6.	Podsistem prigradske železnice	114
5.	PODSISTEM FLEKSIBILNOG TRANSPORTA PUTNIKA	117
5.1.	Zajednički privatni automobil	118
5.2.	Zajednički automobil.....	120
5.3.	Javni bicikl	123
5.4.	Taksi	127
5.5.	Grupni linijski taksi	133
5.6.	Transport na zahtev	135
6.	SPECIJALNI PODSISTEMI TRANSPORTA PUTNIKA	139
6.1.	Specijalni podsistemi nadzemnog javnog transporta putnika.....	139
6.2.	Specijalni podsistemi površinskog javnog transporta putnika.....	141
6.3.	Specijalni podsistemi vodnog javnog transporta putnika	149
7.	UPOREDNA ANALIZA PODSISTEMA JAVNOG GRADSKOG TRANSPORTA PUTNIKA	155
8.	LINIJA SISTEMA JAVNOG MASOVNOG TRANSPORTA PUTNIKA	169
8.1.	Klasifikacija linija sistema javnog gradskog transporta putnika	171
8.2.	Statički elementi linije.....	175
8.2.1.	Trasa linije.....	176
8.2.2.	Terminusi, smer, broj i naziv linije.....	181
8.2.3.	Stajališta	184
8.2.4.	Međustanična rastojanja	198
8.2.5.	Dužina linije	200
8.2.6.	Daljinar linije.....	201
8.3.	Dinamički elementi linije	203
8.3.1.	Vreme obrta	204
8.3.2.	Broj vozila na liniji.....	208
8.3.3.	Kapacitet transportne jedinice i kapacitet transportnog sastava	208
8.3.4.	Brzine	209
8.3.5.	Interval.....	211

8.3.6.	Frekvencija.....	211
8.3.7.	Transportna sposobnost linije	213
8.3.8.	Performanse linije	216
8.3.8.1.	Bruto transportni rad	216
8.3.8.2.	Neto transportni rad.....	218
8.3.8.3.	Iskorišćenje prevozne sposobnosti	218
9.	TRANSPORTNE POTREBE	221
9.1.	Pojam i vrste putovanja	222
9.1.1.	Parametri putovanja	223
9.2.	Raspodela putovanja po svrhama	231
9.3.	Raspodela putovanja prema učestalosti	234
9.4.	Raspodela putovanja po vidovima.....	234
10.	TRANSPORTNI ZAHTEVI.....	239
10.1.	Analiza pristupa u definisanju transportnih zahteva.....	240
10.2.	Osnovni parametri transportnih zahteva. Protok putnika	242
10.3.	Proces nastanka zahteva na liniji javnog gradskog transporta putnika. Modeli za proračun protoka putnika.....	244
10.4.	Neravnomernost transportnih zahteva u vremenu	248
10.4.1.	Neravnomernost transportnih zahteva u toku dana	250
10.4.1.1.	Definisanje granica perioda stacionarnosti.....	252
10.4.1.2.	Definisanje karakteristika transportnih zahteva za svaki period stacionarnosti	255
10.5.	Osnovni parametri transportnih zahteva	262
10.5.1.	Broj prevezenih putnika.....	262
10.5.2.	Srednji protok putnika.....	262
10.5.3.	Neravnomernost protoka putnika u prostoru.....	264
10.6.	Izvedene karakteristike transportnih zahteva.....	265
10.6.1.	Srednja dužina vožnje	265
10.6.2.	Izmena putnika.....	266
10.7.	Metode istraživanja transportnih zahteva	269
10.8.	Uticaj parametara kvaliteta funkcionisanja linije na transportne zahteve	273
11.	RED VOŽNJE	277
11.1.	Definicija reda vožnje.....	277

11.2. Faktori koji utiču na funkcionisanje linije javnog transporta putnika	280
11.2.1. Pojam pouzdanosti funkcionisanja	280
11.2.2. Vreme prevoza u javnom transportu putnika.....	285
11.2.3. Karakteristike transportnih zahteva	287
11.3. Izrada reda vožnje.....	288
11.3.1. Ulazni elementi za definisanje vremena polazaka u procesu izrade reda vožnje	289
11.3.1.1. Vreme početka i vreme završetka rada linije	290
11.3.1.2. Vremenske granice početka pojedinih perioda stacionarnosti	290
11.3.1.3. Merodavne vrednosti protoka za svaki period stacionarnosti i opterećeniji smer.....	291
11.3.1.4. Vremena poluobrta po smerovima za svaki period stacionarnosti	292
11.3.1.5. Zahtevani parametri kvaliteta funkcionisanja za svaki period stacionarnosti	294
11.3.2. Matematički modeli za definisanje vremena polazaka	294
11.3.2.1. Matematički modeli za proračun vremena polazaka vozila u periodu stacionarnosti.....	298
11.3.2.2. Uključivanje i isključivanje vozila prilikom promene perioda stacionarnosti.....	299
11.3.3. Raspored rada vozila	304
11.3.4. Raspored rada vozača	306
11.3.5. Rezultati rada.....	307
11.4. Parametri kvaliteta funkcionisanja	312
11.5. Mere za unapređenje funkcionisanja	318
12. TRANSPORTNI PROCES	323
12.1. Analiza i istraživanje tržišta transportnih usluga.....	326
12.2. Planiranje i projektovanje transportnog procesa	332
12.3. Operativna priprema transportnog procesa.....	335
12.4. Izvršenje transportnog procesa (funkcionisanje).....	336
12.4.1. Monitoring, kontrola i upravljanje radom sistema u realnom vremenu	343
12.5. Ocena realizacije transportnog procesa i kvaliteta transportne usluge.....	349
12.5.1. Ocena kvaliteta usluge od strane korisnika.....	350
12.5.2. Ocena kvaliteta transportnog procesa od strane organizatora transportnog procesa.....	353

13. REČNIK POJMOVA.....	357
<hr/>	
14. LITERATURA	363
14.1. Knjige i publikovani radovi.....	363
14.2. Studije i projekti	369
14.3. Izvori podataka	370
15. BELEŠKE O AUTORIMA	373

SPISAK SLIKA

Slika 1.	Antički grad Milet.....	19
Slika 2.	Palmanova, Italija	19
Slika 3.	Strazburg, Francuska.....	20
Slika 4.	London, Velika Britanija.....	20
Slika 5.	Prognozirani trend kretanja svetske populacije do 2100. godine	23
Slika 6.	Prognozirani trend razvoja svetske populacije u odnosu na životno područje	23
Slika 7.	Raspodela urbane populacije.....	24
Slika 8.	Raspodela svetske populacije u odnosu na životno područje	25
Slika 9.	Raspodela svetske populacije u odnosu na gustinu naseljenosti	27
Slika 10.	Promena potražnje za urbanom mobilnosti	29
Slika 11.	Elementi strukture pametnog grada.....	34
Slika 12.	Mobilnost u sistemima javnog gradskog transporta putnika	38
Slika 13.	Vidovna raspodela (modal split) u izabranim evropskim gradovima	39
Slika 14.	Platforma koncepta MaaS	43
Slika 15.	Koncept održive transportne politike	45
Slika 16.	Složeno putovanje u sistemu transporta putnika	50
Slika 17.	Konceptualni prikaz odnosa između ključnih aktera u sistemu.....	56
Slika 18.	Osnovni elementi strukture sistema transporta putnika.....	62
Slika 19.	Struktura sistema transporta putnika u odnosu područje opsluge.....	64
Slika 20.	Struktura sistema nacionalnog transporta putnika prema tehnologiji pružanja usluge	65
Slika 21.	Struktura sistema međunarodnog transporta putnika prema tehnologiji pružanja usluge	66
Slika 22.	Struktura sistema transporta putnika u odnosu na dostupnost za korišćenje	68
Slika 23.	Evolucija sistema javnog gradskog transporta putnika	70
Slika 24.	Struktura grada i gradskog transportnog sistema	72
Slika 25.	Podsystem drumskog javnog gradskog transporta putnika	74
Slika 26.	Podsystem šinskog javnog gradskog transporta putnika	75

Slika 27.	Šinska tehnologija	76
Slika 28.	Modularna konstrukcija vozila šinskih podsistema	76
Slika 29.	Dekompozicija sistema javnog gradskog transporta putnika prema sistemskim karakteristikama	78
Slika 30.	Kategorija trase „C“	79
Slika 31.	Kategorija trase „B“	79
Slika 32.	Kategorija trase „A“	80
Slika 33.	Tehnologija funkcionisanja sistema javnog masovnog transporta putnika	81
Slika 34.	Struktura sistema javnog masovnog transporta putnika prema tehnologiji funkcionisanja	82
Slika 35.	Standardni autobuski podsistem (RBUS)	84
Slika 36.	Ubrzani autobuski podsistem (BRT)	84
Slika 37.	Osnovne geometrijske karakteristike tipičnih gradskih autobusa	86
Slika 38.	Raspodela autobuskog voznog parka prema vrsti pogonske energije	87
Slika 39.	Raspodela autobuskog voznog parka prema vrsti emisionog standarda	87
Slika 40.	Broj autobusa sa „nekonvencionalnom“ pogonskom energijom u EU	88
Slika 41.	Raspodela godišnjeg broja prevezenih putnika po vozilu u autobuskom podsistemu	88
Slika 42.	Šematski prikaz trolejbusa	90
Slika 43.	Trolejbus na elektropogon	91
Slika 44.	Trolejbus sa dualnim pogonom	91
Slika 45.	Osnovne geometrijske karakteristike tipičnih trolejbusa	94
Slika 46.	Tramvajski podsistem	96
Slika 47.	Raspodela tramvajskih i LRT podsistema u svetu u 2018. godini	97
Slika 48.	Deset najvećih tramvajskih podsistema u svetu prema broju prevezenih putnika	97
Slika 49.	Broj putovanja po stanovniku godišnje u tramvajskom podsistemu	98
Slika 50.	Broj putovanja po stanovniku godišnje u tramvajskom podsistemu	98
Slika 51.	Srednja dužina vožnje u evropskim tramvajskim podsistemima	99
Slika 52.	Osnovni statički elementi tramvajskih linija po regionima	101
Slika 53.	Osnovni statički elementi tramvajskih linija u Evropi	101
Slika 54.	Primer osnovnih tehničkih karakteristika vozila u tramvajskom podsistemu	102
Slika 55.	LRT podsistem	104
Slika 56.	Integrisan LRT i tramvajski podsistem	104
Slika 57.	Primer osnovnih tehničkih karakteristika vozila u LRT podsistemu	105
Slika 58.	Metro podsistem	107
Slika 59.	Raspodela metro podsistema u svetu u 2017. godini	107
Slika 60.	Broj putovanja po stanovniku godišnje u metro podsistemu	109
Slika 61.	Osnovni statički elementi metro linija po regionima	110
Slika 62.	Podzemna metro stanica u dubokom otkopu	110
Slika 63.	Podzemna metro stanica u plitkom otkopu	111
Slika 64.	Metro stanica iznad nivoa	111
Slika 65.	Metro stanica u nivou	111

Slika 66.	Primer osnovnih tehničkih karakteristika vozila u metro podsistemu	113
Slika 67.	Podsistem prigradske železnice.....	114
Slika 68.	Primer osnovnih tehničkih karakteristika vozila u podsistemu prigradske železnice..	115
Slika 69.	Podsistem zajedničkog privatnog automobila.....	119
Slika 70.	Car pool – tehnologija funkcionisanja	120
Slika 71.	Podsistem zajedničkog automobila.....	121
Slika 72.	Car sharing – tehnologija funkcionisanja.....	121
Slika 73.	Car sharing – broj korisnika.....	122
Slika 74.	Stanične šeme javnog bicikla.....	123
Slika 75.	Fleksibilne šeme javnog bicikla.....	123
Slika 76.	Javni bicikl – tehnologija funkcionisanja.....	124
Slika 77.	Taksi podsistem	127
Slika 78.	Broj taksi vozila u izabranim gradovima	128
Slika 79.	Taksi – tehnologija funkcionisanja	129
Slika 80.	Odnos broja vozača i vozila u taksi sistemima u izabranim gradovima	130
Slika 81.	Struktura ukupnog vremena utrošenog za realizaciju transportnih zahteva u taksi podsistemu u Beogradu	131
Slika 82.	Učešće ostvarenih kilometara sa putnicima u taksi podsistemima u izabranim gradovima.....	132
Slika 83.	Prosečan broj ostvarenih vožnji u taksi sistemima u izabranim gradovima	132
Slika 84.	Podsistem grupnog linijskog taksija.....	134
Slika 85.	Podsistem transporta na zahtev	135
Slika 86.	DRT – tehnologija funkcionisanja	138
Slika 87.	Žičara s kružnim tokom	140
Slika 88.	Žičara s povratnim tokom	140
Slika 89.	Vertikalna uspinjača.....	142
Slika 90.	Horizontalna uspinjača.....	142
Slika 91.	Kosi lift.....	142
Slika 92.	Vertikalni eskalator.....	145
Slika 93.	Kapacitet pokretnih stepenica u funkciji radne brzine	145
Slika 94.	Horizontalni eskalator.....	146
Slika 95.	Liftovi u sistemu transporta putnika.....	147
Slika 96.	Broj instaliranih novih eskalatora i liftova u svetu.....	147
Slika 97.	Podsistem vodnog transporta putnika u Londonu	149
Slika 98.	Koncept modularnog katamarana	153
Slika 99.	Područje optimalne primene autobusa u zavisnosti od vrste pogonske energije i troškova funkcionisanja	160
Slika 100.	Raspodela transportne sposobnosti (kapaciteta) po podsistemima.....	164
Slika 101.	Raspodela eksploatacione brzine po podsistemima.....	164
Slika 102.	Raspodela eksploatacione brzine po podsistemima u gradu Beogradu	165
Slika 103.	Područje primene podsistema u funkciji eksploatacione brzine i transportne sposobnosti.....	165

Slika 104. Područje primene podsistema u funkciji investicionih troškova i transportne sposobnosti	166
Slika 105. Raspodela međustaničnog rastojanja po podsistemima	167
Slika 106. Mesto linije u sistemu javnog masovnog transporta putnika i hijerarhija upravljanja	169
Slika 107. Klasifikacija linija prema položaju trase u odnosu na centralnu gradsku zonu	171
Slika 108. Mreža linija u sistemu javnog gradskog transporta putnika u Beču	173
Slika 109. Klasifikacija linija prema režimu stajanja vozila na stajalištima	174
Slika 110. Šematski prikaz linije javnog transporta putnika.....	175
Slika 111. Šematski prikaz – tip trase A.....	177
Slika 112. Šematski prikaz – tip trase B1	177
Slika 113. Šematski prikaz – tip trase B2	178
Slika 114. Šematski prikaz – tip trase B3	178
Slika 115. Šematski prikaz – tip trase B4.....	178
Slika 116. Šematski prikaz – tip trase B5	179
Slika 117. Šematski prikaz – tip trase C1	179
Slika 118. Šematski prikaz – tip trase C2	180
Slika 119. Šematski prikaz – tip trase C3	180
Slika 120. Simetrična okretnica oblik petlje.....	181
Slika 121. Nesimetrična okretnica u obliku petlje.....	181
Slika 122. Osnovni tipovi organizacije funkcionalnih celina unutar terminusa.....	182
Slika 123. Primer nesimetrične okretnice u obliku petlje	182
Slika 124. Primer nesimetrične pravougaone okretnice	182
Slika 125. Stajalište u sistemu javnog transporta putnika.....	185
Slika 126. Šematski prikaz pešačke dostupnosti	186
Slika 127. Uticajna zona mreže linija sistema javnog gradskog transporta putnika u Beogradu ..	186
Slika 128. Uticajna zona stajališta prezentovana koncentričnim krugovima.....	187
Slika 129. Realna uticajna zona stajališta.....	187
Slika 130. Šematski prikaz dela put-vreme dijagrama za jedno međustanično rastojanje	188
Slika 131. Dijagram dodatnih troškova i prihoda u slučaju implementacije novog stajališta	191
Slika 132. Primer dimenzija autobusnog stajališta u sistemu javnog gradskog transporta	194
Slika 133. Stajalište drumskog podsistema	195
Slika 134. Stajalište šinskog podsistema	196
Slika 135. Multimodalno stajalište	196
Slika 136. Šematski prikaz obostranih (obodnih) stajališta.....	196
Slika 137. Šematski prikaz centralnih stajališta sa dve platforme za putnike	197
Slika 138. Šematski prikaz centralnih stajališta sa jednom platformom za putnike	197
Slika 139. Šematski prikaz denivelisanih stajališta	197
Slika 140. Vreme putovanja u zavisnosti od dužine međustaničnog rastojanja i srednje dužine vožnje.....	199
Slika 141. Dužine međustaničnih rastojanja po podsistemima transporta putnika	199
Slika 142. Raspodela međustaničnih rastojanja tramvajskog podsistema u Beogradu.....	200

Slika 143. Daljinar linije javnog gradskog transporta putnika	202
Slika 144. Daljinar linije međumesnog transporta putnika	203
Slika 145. Šematski prikaz kretanja vozila na liniji	205
Slika 146. Šematski prikaz zajedničke deonice više linija	212
Slika 147. Promena maksimalnih frekvencija vozila po karakterističnim tačkama duž linije.....	214
Slika 148. Zavisnost kapaciteta linije od veličine intervala	215
Slika 149. Zavisnost kapaciteta linije od broja vozila	215
Slika 150. Prostorna raspodela putovanja između sektora u jutarnjem vršnom času sredstvima javnog transporta.....	229
Slika 151. Međuzonska i unutarzonska putovanja u prigradskom i lokalnom transportu putnika	229
Slika 152. Srednja dužina putovanja u sistemu javnog gradskog transporta putnika u Beogradu	230
Slika 153. Odnos vremena putovanja javnim transportom i putničkim automobilom u izabranim gradovima.....	231
Slika 154. Raspodela putovanja po svrhama za sve vidove kretanja.....	232
Slika 155. Struktura putovanja prema svrhama u sistemima javnog gradskog transporta putnika u gradovima u Srbiji	233
Slika 156. Struktura putovanja prema učestalosti u sistemima javnog gradskog transporta putnika u gradovima u Srbiji	235
Slika 157. Vidovna raspodela za grad Beograd (2015. godina)	236
Slika 158. Vidovna raspodela u sistemu javnog transporta putnika u gradovima u svetu (2015. godina).....	237
Slika 159. Vidovna raspodela u sistemu javnog transporta putnika za grad Beograd (2015. godina).....	238
Slika 160. Veza između transportnih potreba i transportnih zahteva	239
Slika 161. Dijagram ulazaka i izlazaka putnika duž linije na idealizovanom modelu.....	243
Slika 162. Dijagram kumulanti ulazaka i izlazaka putnika duž linije na idealizovanom modelu	244
Slika 163. Proces nastanka transportnih zahteva na liniji javnog gradskog transporta putnika....	245
Slika 164. Dijagram ulazaka i izlazaka putnika duž linije u jednom smeru	246
Slika 165. Neravnomernost transportnih zahteva na liniji.....	250
Slika 166. Raspodela protoka putnika po časovima za sve dane u nedelji	251
Slika 167. Promene transportnih zahteva u toku dana.....	252
Slika 168. Primena metode maksimalnih vrednosti protoka putnika po obrtima u vršnom času .	253
Slika 169. Dijagram maksimalnih vrednosti protoka putnika po obrtima	254
Slika 170. Raspodele transportnih zahteva na liniji 31 (Studentski trg – Konjarnik) po jednočasovnim i petnaestominutnim intervalima	255
Slika 171. Koeficijent neravnomernosti protoka putnika u vršnom času:	258
Slika 172. Veza između verovatnoće opsluge i merodavne vrednosti protoka putnika.....	261
Slika 173. Promena transportnih zahteva u prostoru	263
Slika 174. Srednja dužina vožnje na liniji.....	265
Slika 175. Dijagram direktne izmene putnika u jednom smeru.....	267

Slika 176.	Primer brojačkog obrasca za liniju javnog masovnog transporta putnika	271
Slika 177.	Primer izveštaja o karakteristikama transportnih zahteva iz softverske aplikacije PTD.....	272
Slika 178.	Uticaj stohastičnosti transportne ponude i stohastičnosti transportnih zahteva na funkcionisanje linije i pojavu neravnomernosti i nestabilnosti usluge.....	274
Slika 179.	Šematski prikaz kretanja vozila na liniji – pojednostavljeni dijagram put-vreme	277
Slika 180.	Grafički prikaz reda vožnje	278
Slika 181.	Petlja kvaliteta usluge u sistemu javnog transporta putnika	281
Slika 182.	Percepcija pouzdanosti javnog transporta putnika iz perspektive korisnika i operatora.....	282
Slika 183.	Prosečan rang značaja pojedinih svojstava transportne usluge.....	284
Slika 184.	Unutrašnji i spoljašnji faktori od uticaja na vreme prevoza.....	286
Slika 185.	Neravnomernosti transportnih zahteva u toku dana i ulazni elementi za izradu reda vožnje po periodima stacionarnosti.....	288
Slika 186.	Glavne aktivnosti u procesu izrade reda vožnje	289
Slika 187.	Nomogram za utvrđivanje ulaznih elemenata za definisanje reda vožnje	296
Slika 188.	Metod produženja vremena obrta vozilu koje prethodi vozilu koje se isključuje.....	300
Slika 189.	Metod skraćanja vremena obrta vozilu koje sledi vozilo koje se isključuje	301
Slika 190.	Metod produženja vremena obrta vozilu koje sledi vozilo koje se uključuje	301
Slika 191.	Metod skraćanja vremena obrta vozilu koje sledi vozilo koje se uključuje.....	302
Slika 192.	Red vožnje za otpravnika	303
Slika 193.	Red vožnje za putnike	304
Slika 194.	Grafički prikaz rasporeda rada vozila iz softvera za izradu redova vožnje.....	305
Slika 195.	Red vožnje za vozilo	305
Slika 196.	Raspored rada vozača (smena).....	306
Slika 197.	Planirani vremenski gubici putnika	314
Slika 198.	Realizovani vremenski gubici putnika	315
Slika 199.	Dodatni (neplanirani) vremenski gubici	316
Slika 200.	Transportni proces.....	325
Slika 201.	Istraživački obrazac – anketa korisnika.....	329
Slika 202.	Šematski prikaz tržišta transportnih usluga	330
Slika 203.	Karta potprocesa funkcionisanja	337
Slika 204.	Arhitektura sistema za monitoring, kontrolu i upravljanje u realnom vremenu	344
Slika 205.	Nivoi upravljanja u sistemu za monitoring i upravljanje vozilima	346
Slika 206.	Istraživanje subjektivnog kvaliteta – anketa korisnika	351
Slika 207.	Rezultati istraživanja subjektivnog kvaliteta	352
Slika 208.	Ocena integrisanog kvaliteta transportne usluge prema strukturi korisnika	352
Slika 209.	Istraživanje KPI – Bruto transportni rad (vozilo·km).....	354
Slika 210.	Šematski prikaz odnosa između pojedinih oblika kvaliteta.....	355

SPISAK TABELA

Tabela 1. Deset najvećih urbanih područja u 1990. godini i njihova promena u 2019. godini	26
Tabela 2. Raspodela urbanog stanovništva po kontinentima	27
Tabela 3. Osnovni demografski podaci za gradove u Republici Srbiji	28
Tabela 4. Matrica ključnih strateških ciljeva razvoja sistema javnog gradskog transporta putnika u Beogradu	60
Tabela 5. Najvažniji događaji u istoriji razvoja sistema javnog gradskog transporta putnika.....	70
Tabela 6. Osnovne karakteristike autobusnog podsistema u odnosu na tip vozila.....	85
Tabela 7. Osnovne sistemske karakteristike autobusnog podsistema	89
Tabela 8. Zastupljenost trolejbuskih podsistema u svetu po regionima	92
Tabela 9. Zastupljenost trolejbuskih podsistema u svetu po gradovima	92
Tabela 10. Osnovne karakteristike trolejbuskog podsistema u odnosu na tip vozila	93
Tabela 11. Osnovne sistemske karakteristike trolejbuskog podsistema.....	95
Tabela 12. Deset najvećih tramvajskih podsistema u svetu prema dužini mreže linija.....	100
Tabela 13. Osnovne karakteristike tramvajskog podsistema u odnosu na tip vozila.....	102
Tabela 14. Osnovne sistemske karakteristike tramvajskog podsistema	103
Tabela 15. Deset najvećih LRT podsistema u Evropi prema dužini mreže linija	104
Tabela 16. Osnovne sistemske karakteristike LRT podsistema	105
Tabela 17. Komparativna analiza karakteristika LRT prema kategorijama	106
Tabela 18. Dvadeset najvećih metro podsistema u svetu prema dužini mreže linija	108
Tabela 19. Raspodela metro stanica prema načinu konstrukcije.....	112
Tabela 20. Osnovne sistemske karakteristike metro podsistema	113
Tabela 21. Podsistemi prigradske železnice u izabranim evropskim gradovima	115
Tabela 22. Osnovne sistemske karakteristike prigradske železnice	116
Tabela 23. Osnovne karakteristike podsistema javnih bicikala u izabranim gradovima.....	124
Tabela 24. Petnaest gradova sa najvećim procentom korišćenja bicikala	125
Tabela 25. Vrste vozila za mikromobilnost	126
Tabela 26. Pristup tržištu taksi usluga u izabranim svetskim gradovima.....	130

Tabela 27. Osnovne sistemske karakteristike žičara	141
Tabela 28. Osnovne sistemske karakteristike žičara u izabranim gradovima.....	141
Tabela 29. Osnovne sistemske karakteristike uspinjača.....	143
Tabela 30. Osnovne sistemske karakteristike uspinjača i kosih liftova u izabranim gradovima ...	143
Tabela 31. Osnovne sistemske karakteristike MiniMetro sistema u izabranim gradovima.....	144
Tabela 32. Osnovne karakteristike plovnog puta u izabranim gradovima.....	150
Tabela 33. Osnovne sistemske karakteristike podsistema vodnog transporta putnika u izabranim gradovima.....	152
Tabela 34. Upporedni prikaz emisije štetnih čestica u zavisnosti od vrste pogonske energije.....	158
Tabela 35. Tehničko-tehnološke karakteristike podsistema javnog gradskog transporta putnika	162
Tabela 36. Sistemske karakteristike podsistema javnog gradskog transporta putnika	163
Tabela 37. Minimalne dužine autobuskih stajališta u zavisnosti od broja mesta za pristajanje.....	195
Tabela 38. Prosečne dužine međustaničnih rastojanja autobuskih podsistema u gradovima u Republici Srbiji	200
Tabela 39. Raspodela dužina linija u izabranim gradovima u Republici Srbiji.....	201
Tabela 40. Modeli za proračun parametara za različite tipove putovanja	225
Tabela 41. Preventivne strategije (mere) unapređenja pouzdanosti funkcionisanja linije.....	319
Tabela 42. Korektivne strategije (mere) unapređenja pouzdanosti funkcionisanja linije	320

BELEŠKE O AUTORIMA

Prof. dr Slaven M. TICA, diplomirani inženjer saobraćaja, rođen je u Bosanskom Grahovu 1970. godine i jedan je od vodećih evropskih stručnjaka iz oblasti planiranja i projektovanja sistema transporta putnika. Na Saobraćajnom fakultetu Univerziteta u Beogradu diplomirao je 1996. godine, magistrirao 2001. godine, a zatim doktorirao 2011. godine. Na osnovnim, master i doktorskim studijama Saobraćajnog fakulteta predaje predmete iz oblasti javnog transporta putnika.



U periodu od 2002. do 2008. godine obavljao je funkcije direktora Direkcije za javni prevoz Beograda i generalnog direktora GSP „Beograd“. Takođe, u periodu od 2007. do 2011. obavljao je funkciju potpredsednika UITP-a (International Association of Public Transport) i predsednika Light Rail Transport divizije UITP, najznačajnije svetske institucije iz oblasti javnog transporta putnika.

Učestvovao je u izradi oko 150 projekata i oko 120 naučno-stručnih radova iz oblasti planiranja, projektovanja, tehnike i tehnologije transporta putnika. Autor je udžbenika „Sistemi transporta putnika – Elementi tehnologije organizacije i upravljanja“ i više stručnih bibliografskih publikacija. Učesnik je i moderator velikog broja naučnih i stručnih skupova u zemlji i inostranstvu. Njegovi radovi su citirani ukupno 156 puta (izvor: Google Scholar), isključujući autocitate, h-indeks citiranosti iznosi 7.

Stekao je veliko iskustvo u razvoju novih i modernizaciji postojećih sistema javnog transporta putnika, kao i u razumevanju planiranja, projektovanja, eksploatacije, tehničko-tehnoloških, finansijskih i institucionalnih pitanja i njihovih interfejsa i interakcije sa raspoloživim budžetima. Bio je savetnik više gradskih uprava u fazama projektovanja, razvoja i implementacije sistema javnog transporta putnika. Ima veliko iskustvo u upravljanju timovima međunarodnih i domaćih stručnjaka.

U svojoj dosadašnjoj stručnoj karijeri profesor Tica se dodatno obrazovao i usavršavao i stekao značajne kompetencije iz oblasti gradskog i drumskog transporta putnika. Najznačajnije diplome su: UITP Certificate for Public Transport Manager with specialization for Organisation and Economy (2005), Kopenhagen, Danska; UITP Certificate for Public Transport Manager with specialization for Management and Integration (2006), Milano, Italija; UITP Certificate for Public Transport Manager with specialization for Technological Innovations in Public Transport and the Added – Value for Operators and Customers (2006), Bangkok, Tajland; DOTS Diploma o stečenom zvanju – Nacionalni stručnjak za upravljanje održavanjem (2006); IRU Academy – Certificate of Professional Competence for the Road Transport Manager – National Road Passenger Transport (2007); IRU Academy – Certificate of Professional Competence for the Road Transport Manager – International Road Passenger Transport (2007), Ženeva, Švajcarska; PTV Vision Certificate za Public Transport Modelling (2018), Karlsruhe, Germany.

Za svoj rad i doprinos profesiji bio je više puta nagrađivan, a najznačajnije nagrade su: Nagrada Privredne komore Beograda za najbolji magistarski rad u 2001. godini; Nagrada Univerziteta u Beogradu i Media Inventa „Kapetan Miša Anastasijević“ za najboljeg menadžera u javnom preduzetništvu u 2005. godini u Republici Srbiji; Nagrada Udruženja novinara Srbije – automobilski forum: „Menadžer saobraćaja i transporta godine“ za najboljeg menadžera iz oblasti saobraćaja i transporta u 2008. godini u Republici Srbiji; Na 58. svetskom UITP kongresu u Beču 2009. godine izabran je za počasnog potpredsednika međunarodne asocijacije za javni transport (UITP) i dodeljena mu je nagrada za doprinos razvoju svetskog javnog transporta.

Od 2012. do 2015. obavljao je funkciju prodekana za nauku i istraživanje na Saobraćajnom fakultetu.

Prof. dr Slaven M. Tica je sada šef Katedre za drumski i gradski transport i šef studijskog modula Drumski i gradski transport na Saobraćajnom fakultetu Univerziteta u Beogradu.



Docent dr Predrag ŽIVANOVIĆ, diplomirani inženjer saobraćaja, rođen je 1980. godine u Loznici i predstavlja jednog od vodećih eksperata u Srbiji i regionu u oblasti gradskog i drumskog transporta putnika. Diplomirao je 2005. godine na Odseku za drumski i gradski saobraćaj i transport, Katedra za drumski i gradski transport, na predmetu Javni gradski putnički prevoz. Za svoj diplomski rad dobio je godišnju nagradu „14. Oktobar“, koju dodeljuje Gradsko saobraćajno preduzeće „Beograd“ za najbolji diplomski rad iz oblasti saobraćaja, kao i nagradu Privredne komore Beograda za najbolji diplomski rad 2005. godine. Doktorsku disertaciju odbranio je 2018. godine na Saobraćajnom fakultetu Univerziteta u Beogradu.

U periodu od 2003. do 2005. godine, kao student talenat, bio je angažovan na mestu saradnika na Katedri za drumski i gradski transport putnika. Od 2005. do 2013. godine radio je kao asistent pripravnika na Katedri za drumski i gradski transport, a 2013. godine izabran je u zvanje asistenta za užu naučnu oblast Drumski i gradski transport putnika. U zvanje docenta za istu užu naučnu oblast izabran je 2018. godine. Na Katedri za drumski i gradski transport učestvuje u nastavi na predmetima osnovnih, master i doktorskih akademskih studija, a kao član komisije do sada je učestvovao u izradi i odbrani više od 25 završnih, diplomskih i master radova. U periodu od 2008. do 2012. godine radio je kao asistent i na Saobraćajnom fakultetu u Doboju (Republika Srpska, BIH).

Učestvovao je u izradi preko 70 projekata iz oblasti tehnologije, organizacije i upravljanja sistemima gradskog i drumskog transporta putnika i bio rukovodilac na tri projekta. Autor je 45 naučnih radova objavljenih u naučnim časopisima i prezentovanih na naučno-stručnim konferencijama. Njegovi radovi su do 2021. godine citirani ukupno 146 puta (izvor: *Google Scholar*), isključujući autocitate, *h*-indeks citiranosti iznosi 7. Autor je dve monografije.

Posедуje licencu odgovornog projektanta saobraćaja i saobraćajne signalizacije i dva sertifikata o stručnoj osposobljenosti za korišćenje softvera PTV Visum. Aktivno se služi engleskim jezikom. Oženjen je, otac tri ćerke.

Docent dr Stanko BAJČETIĆ, diplomirani inženjer saobraćaja, rođen je 1981. godine u Čačku, gde je završio osnovnu školu i gimnaziju. Na Saobraćajnom fakultetu diplomirao je 2007. godine na Odseku za drumski i gradski saobraćaj i transport na predmetu Javni gradski putnički prevoz. Za diplomski rad je dobio godišnju nagradu „14. oktobar“, koju dodeljuje GSP „Beograd“ za najbolji diplomski rad iz oblasti saobraćaja i transporta. Doktorsku disertaciju odbranio je 2018. godine na Saobraćajnom fakultetu Univerziteta u Beogradu.



U periodu od 2006. do 2007. godine, kao student talenat, angažovan je u svojstvu saradnika na Katedri za drumski i gradski transport putnika, a 2007. godine zasniva radni odnos na Saobraćajnom fakultetu Univerziteta u Beogradu. 2008. godine izabran je u zvanje saradnika u nastavi, a 2010. godine u zvanje asistenta za užu naučnu oblast Drumski i gradski transport putnika. U zvanje docenta za istu užu naučnu oblast izabran je 2018. godine. Na Katedri za drumski i gradski transport učestvuje u nastavi na predmetima osnovnih, master i doktorskih akademskih studija, a kao član komisije do sada je učestvovao u izradi i odbrani više od 15 završnih radova.

U dosadašnjem radu je kao autor ili koautor objavio tri rada u međunarodnim časopisima, jedan rad u domaćem časopisu, kao i više od 20 radova i saopštenja na domaćim i međunarodnim naučnim skupovima i konferencijama.

Autor je i dve monografije. Njegovi radovi su do 2021. godine citirani ukupno 55 puta (izvor: *Google Scholar*), isključujući autocitate, *h*-indeks citiranosti iznosi 4. Kao član autorskog tima učestvovao je u izradi preko 60 studija i projekata u zemlji i inostranstvu, pri čemu je bio rukovodilac u realizaciji dva projekta.

Poseduje licencu odgovornog projektanta saobraćaja i saobraćajne signalizacije i dva sertifikata o stručnoj osposobljenosti za korišćenje softvera PTV Visum. Aktivno se služi engleskim jezikom. Oženjen je, otac dva sina.