

**Vesna Bosančić<sup>1</sup>**

UG „Učionica“

Banja Luka

UDK 159.922:159.955.5

**Sonja Stančić<sup>2</sup>****Strahinja Dimitrijević<sup>3</sup>**

Univerzitet u Banjoj Luci

Filozofski fakultet

Laboratorija za eksperimentalnu psihologiju – LEP-BL

## BRASOV PARADOKS: ODLUČIVANJE O PUTANJI KRETANJA U USLOVIMA RIZIKA<sup>4</sup>

### Apstrakt

*Brasov paradoks govori o pojavi da dodavanje novog puta postojećoj mreži puteva, paradoksalno, može dovesti do zastoja u saobraćaju. Mogućnost izbora između različitih putanja, koje vode ka istom cilju, stavlja vozače u situaciju da moraju donijeti odluku. Takva odluka sa sobom nosi određeni rizik – ukoliko svi izaberu istu putanju, može doći do zastoja. Da bi se provjerilo kako se vozači odlučuju za jedan od alternativnih pravaca, u istraživanju su sistematski varirani faktori: (a) način kako je predstavljena određena situacija u kojoj treba donijeti odluku, (b) vjerovatnoća da se javi zastoj u saobraćaju, (c) vrijeme potrebno da se pređe duži put, te registrovane varijable koje se odnose na: (d) vozačko iskustvo ispitanika i (e) učestalost upravljanja automobilom u posljednjih šest mjeseci. Utvrđeni su glavni efekti načina predstavljanja situacije i vjerovatnoće da se svi odluče za istu putanju, te interakcija vremena potrebnog da se stigne na odredište dužim putem i vozačkog staža.*

**Ključne riječi:** *Brasov paradoks, donošenje odluke u uslovima rizika, izbor putanje kretanja*

### Uvod

Brasov paradoks (engl. *Braess' paradox*) govori o tome da dodavanjem kapaciteta nekoj mreži, paradoksalno, može doći do slabijeg protoka saobraćaja (Giches & Rapoport, 2012). Ovaj paradoks je uočio Artur Pigo (Pigou, 1920; prema Bangloee, Ceder, Tavana, & Bozic, 2014), a nazvan je po Brasu koji ga je prvi istraživao (Braess, 1968; prema Braess, Nagurney, & Wakolbinger, 2005). Bras je, tražeći optimalna rješenja za problem saobraćajnog toka, otkrio da se

<sup>1</sup> vesna-89@live.com

<sup>2</sup> sonja.stancic@gmail.com

<sup>3</sup> strahinja.dimitrijevic@ff.unibl.org

<sup>4</sup> Članak je zasnovan na neobjavljenom master radu prvog autora.

izgradnjom nove kraće ulice, u već postojećoj saobraćajnoj mreži, može uvećati ukupno vrijeme provedeno u saobraćaju. Ispostavilo se da korisnici puta „sebično“ biraju kraći put, zbog čega nastaju gužve na toj dionici, pa putovanje traje duže (Braess et al., 2005). O Brasovom paradoksu svjedoče i brojni primjeri iz života, na primjer, zatvaranjem ulica u Njujorku (Kolata, 1990) i Štutgartu (Knodel, 1969) protok saobraćaja je poboljšán, dok pojedine analize ukazuju da postoje određene rute u Bostonu, Njujorku i Londonu čijim bi zatvaranjem došlo do smanjenja gužve i trajanja putovanja (Youn, Gastner, & Jeong, 2008).

Otkriće Brasovog paradoksa pokrenulo je veliki broj istraživanja u oblasti komunikacija, saobraćaja, informacionih tehnologija itd. (Giches & Rapoport, 2012). Ovaj paradoks je, do sada, proučavan kao matematički model uravnoteženog toka u saobraćaju (Tumer & Wolpert, 2000), u računarskim mrežama (Lin, Roughgarden, Tardos, & Walkover, 2011), telefonskim mrežama, električnim krugovima (Blumsack & Ilić, 2006) itd. Utvrđeno je da je protok u mrežama manje efikasan ukoliko nije regulisan, tj. ukoliko se ne vodi računa o tome koji uslovi dovode do toga da mreža bude u stanju ravnoteže (Koutsoupas & Papadimitriou, 1999; Roughgarden & Tardos, 2002). U većem broju slučajeva, uklanjanjem određenog puta poboljšavao se protok (Dafermos & Nagurney, 1984; Steinberg & Zangwill, 1983; Taguchi, 1982; Roughgarden & Tardos, 2002; Valiant & Roughgarden, 2006). Međutim, pronalaženje puta čije bi uklanjanje smanjilo vrijeme putovanja je manje vjerovatno što je broj veza (puteva) u nekoj mreži veći (Valiant & Roughgarden, 2006).

Brasov paradoks je istraživán i u kontekstu prethodnog ulaganja i lične odgovornosti (Aoki, Ohtsubo, Rapoport, & Saijo, 2007), te u kontekstu individualnog i grupnog donošenja odluka o putanji kretanja (Rapoport, Kugler, Dugar, & Gisches, 2005). Kada postoji mogućnost izbora između osnovne saobraćajne mreže i saobraćajne mreže sa još jednim, dodatnim putem, veliki broj ispitanika se stalno prebacuje sa jedne na drugu mrežu, a ako se u jednom trenutku ravnoteža slučajno postigne, ona se ne zadržava. Ispitanici sebično biraju putanju kretanja ne obazirući se na to da će možda ta odluka kasnije dovesti do posljedica, tj. da će narušavanje ravnoteže u mreži dovesti do zastoja u saobraćaju (Aoki et al., 2007).

Postoje različiti obrasci ponašanja ispitanika prilikom biranja mreže puteva: neki često mijenjaju puteve, neki se drže uvijek istog (dužeg) puta, dok treći „kao da“ namjerno narušavaju ravnotežu (od koje bi svi imali korist) birajući kraći put (Rapoport et al., 2005). Rezultati ukazuju i na to da efekti prethodnog ulaganja, ali ne i lične odgovornosti, utiču na odluku o biranju puta (Aoki et al., 2007). Takođe, individualni stepen racionalnosti i stepen sebičnosti prepoznati su kao veoma važni činioci prilikom donošenja odluke o izboru putanje (Van Essen, Thomas, Van Berkum, & Chorus, 2016). Postoje situacije u kojima pojedini vozači ne teže maksimalizaciji lične koristi, već se ponašaju „nesebično“, birajući puteve koji im manje odgovaraju, kako bi se postigli optimalni uslovi u nekoj saobraćajnoj mreži (Van Essen et al., 2016). Kada je riječ o individualnom i grupnom donošenju odluka, individualno donošenje odluka je, u principu, brže i jednostavnije i zavisi, prvenstveno, od znanja i sposobnosti osobe koja te odluke donosi (Rapoport et al., 2005). S druge strane, ispitanici su skloniji donošenju rizičnije odluke kada su u

grupi, zbog manjeg osjećaja lične odgovornosti (više o difuziji odgovornosti u grupi u: Pennington, 2004), nego kada individualno donose odluke.

Istraživanja Aokija i sar. (Aoki et al., 2007), te Rapoport i sar. (Rapoport et al., 2005) pokazuju jasnu vezu između odlučivanja i Brasovog paradoksa stavljenog u kontekst teorije izbora (Aoki et al., 2007). Međutim, ovaj paradoks nije ispitivan u kontekstu odlučivanja u uslovima rizika, tj. u situacijama kada su poznati spoljni činiooci od kojih zavisi ishod odluke i koji nisu pod kontrolom onog ko odluku donosi.

Na odlučivanje u uslovima rizika utiču tri grupe faktora: *karakteristike zadatka* (npr. način na koji je predstavljena situacija, tzv. okvir, kompleksnost itd.), *situacioni faktori* (npr. vremenski pritisak, socijalni kontekst itd.) i *individualne razlike* (npr. crte ličnosti, prethodno znanje itd.) (više u: Mohammed & Schwall, 2009). Dok su efekti karakteristika zadatka, te značaja situacionih faktora na donošenje odluka, dobro dokumentovani (Appelt, Milch, Handgraaf, & Weber, 2011), istraživanja uloge ličnosti u procesu donošenja odluka su u začetku (Mohammed & Schwall, 2009) i prate ih nekonzistentni i protivrječni nalazi (Appelt et al., 2011; Mohammed & Schwall, 2009; Lauriola, Panno, Levin, & Lejuez, 2014). Kada je riječ o karakteristikama zadatka, u velikom broju istraživanja potvrđen je *efekat okvira*, tj. načina formulacije ishoda (isticanje pozitivne ili negativne strane ishoda) na izbor alternative u situaciji rizika (Kahneman, & Tversky, 1979; Tversky & Kahneman, 1981). Kako će okvir uticati na izbor u uslovima rizika zavisi u koji je domen ljudskog života zadatak smješten (npr. zdravlje, novac, umiranje/preživljavanje, moral, kockanje itd.) (više u: Kühberger, 1998), tipa i količine prikazanih informacija koje se odnose na sigurne i rizične izbore (više u: Kühberger, & Tanner, 2010), broja opcija (više u: Piñon & Gambará, 2005) itd. Pored navedenih faktora, postoje nalazi da na odlučivanje u uslovima rizika utiču i vjerovatnoće sigurnog ishoda (Kühberger, Schulte-Mecklenbeck, & Perner, 1999; Gvozdenović i Damnjanović, 2016; Milićević, Pavličić i Kostić, 2007; Vojnović, Stančić i Dimitrijević, 2017).

S obzirom na to da Brasov paradoks do sada nije istraživan u kontekstu izbora u uslovima rizika, željeli smo provjeriti kako se vozači odlučuju za pravac kretanja kada na raspolaganju imaju dva alternativna pravca: jedan duži, kojim se stiže na odredište za određeno vrijeme, bez obzira na intenzitet saobraćaja, i drugi, kraći ali uži (sa manje saobraćajnih traka), za koji je potrebno manje vremena da se pređe, ali na kojem dolazi do zastoja kada se poveća broj vozila na putu. Da li će doći do zastoja na kraćem, alternativnom putu, zavisi od toga kakvu će odluku vozači donijeti. Pitanje je, međutim, koji su to faktori koji utiču na donošenje odluke o putanji kretanja.

U ovom istraživanju provjereno je da li u zadatku izbora pravca kretanja na odluku utiču (a) način na koji je predstavljena situacija (okvir) i (b) vjerovatnoća da dođe do zastoja na putu. Pored ova dva faktora, koji se odnose na karakteristike zadatka, varirano je i (c) vrijeme potrebno da se dužim putem stigne na odredište, kao mogući situacioni faktor (faktor specifičan za problem koji se ispituje), dok su (d) vozačko iskustvo (posjedovanje vozačke dozvole) i (e) učestalost upravljanja automobilom uzeti kao pokazatelji iskustva vozača.

Dobijeni rezultati će nam omogućiti da saznamo više o Brasovom paradoksu stavljenom u kontekst odlučivanja u uslovima rizika, kao i o faktorima koji utiču na

izbor putanje kretanja. S druge strane, dobićemo uvid o donošenju odluka u uslovima rizika u domenu saobraćaja, jer je većina istraživanja iz ove oblasti iz medicinskog ili ekonomskog domena.

## Metod

### Nacrt istraživanja

U nacrt je uključeno pet nezavisnih varijabli, od kojih su tri sistematski varirane, i to: (a) vjerovatnoća da svi učesnici u saobraćaju (vozači) odluče da krenu jednim od mogućih puteva (10, 25, 50, 75 i 90%); (b) vrijeme trajanja putovanja, tj. vrijeme koje je potrebno da se dužim putem dođe do odredišta (15 i 45 minuta); (c) način kako je predstavljena određena situacija u kojoj treba donijeti odluku (istaknuta vjerovatnoća za izbor dužeg puta, npr. „[...] postoji šansa od 90% da svi odluče da idu dužim putem...“ ili kraćeg puta „[...] postoji šansa od 10% da svi odluče da idu kraćim putem...“ Kombinacijom ove tri nezavisne varijable, dobija se 20 eksperimentalnih situacija.

U nacrt su uključene i dvije registrovane varijable, koje se odnose na iskustvo ispitanika: (d) vozački staž, tj. koliko dugo ispitanici posjeduju vozačku dozvolu, sa arbitrarno određenim kategorijama: (1) početnici – do dvije godine vozačkog iskustva, (2) „mladi“ vozači – od tri do pet godina vozačkog iskustva, (3) iskusni – od šest do 15 godina, (4) veoma iskusni vozači – preko 16 godina vozačkog staža; i (e) učestalost upravljanja automobilom u posljednjih šest mjeseci, sa kategorijama: (1) skoro svaki dan, (2) jednom do dva puta sedmično, (3) jednom do dva puta mjesečno, (4) rjeđe nego jednom mjesečno i (5) nikako u posljednjih šest mjeseci.

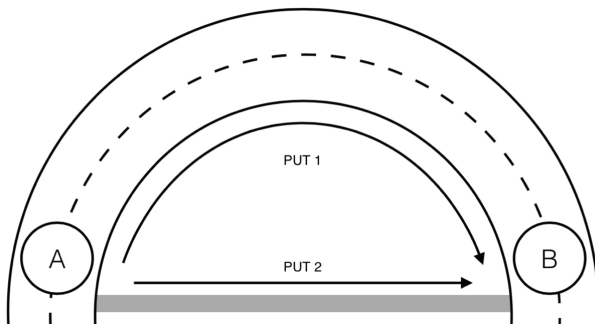
Zavisna varijabla je izbor jedne od dvije ponuđene alternative, tj. izbor duže ili kraće putanje kretanja.

### Ispitanici

Uzorak je bio prigodan i činilo ga je 500 punoljetnih građana Banje Luke, starosti od 19 do 63 godina ( $M = 32.8$ ), od čega 51.6% ženskog pola. Svi ispitanici su imali položen vozački ispit, a raspoređeni su, slučajnim izborom, u 20 jednakih grupa. U uzorku je bilo 10.6% početnika (do 2 godine vozačkog iskustva), 19% „mladih“ vozača (od 3 do 5 godina iskustva), 36.2%, iskusnih vozača (od 6 do 15 godina iskustva) i 34.2% veoma iskusnih vozača (više od 16 godina vozačkog iskustva). Oko polovine ispitanika (48.2%) vozi skoro svaki dan, 19% vozi jednom do dva puta sedmično, 10.6% jednom do dva puta mjesečno, 7.8% rjeđe nego jednom mjesečno, a 14.4% ispitanika nije vozilo posljednjih 6 mjeseci.

## Zadaci

U istraživanju je korišten opis zadatka, uz sliku (Slika 1), na kojoj su bila predstavljena dva puta: (a) duži i širi put i (b) kraći, ali uži put. Ukupno je bilo 20 različitih zadataka, dobijenih kombinovanjem tri nezavisne varijable: (a) vjerovatnoće izbora puta, (b) vremena potrebnog da se pređe duži put i (c) načina formulacije problema. Svaki ispitanik je odgovarao samo na jedan zadatak.



Slika 1. Prikaz stimulusa korišćenog u istraživanju

a) *Varijanta 1:* U zadatku je istaknuta vjerovatnoća da svi vozači odluče da krenu dužim putem

„Zamislite da postoje dva puta od tačke A do tačke B, npr., od kuće do posla, fakulteta itd. (Slika 1). Dužim putem (put 1) uvijek je potrebno 15 minuta da se stigne na odredište, bez obzira na intenzitet saobraćaja. Put 2 je kraći, ali uži, zbog čega postaje zakrčen kada se poveća broj vozila na putu. Kada je saobraćaj prosječnog intenziteta (tj. kada nije „špic“), ako svi vozači krenu kraćim putem treba im isto vremena kao da idu dužim putem. Međutim, ako bi jedna polovina vozača krenula dužim putem, a druga polovina kraćim putem, vozačima koji bi išli dužim putem trebalo bi 15 minuta, a vozačima koji bi išli kraćim putem duplo manje (tj. 7.5 minuta). Pitanje je šta će se desiti kada su velike gužve. Ako svi vozači odluče da idu kraćim putem (put 2) nastaje zastoje i vrijeme potrebno da se pređe put od tačke A do tačke B trajae dva puta duže (tj. putovanje bi trajalo 30 minuta) nego da su svi krenuli dužim putem. Ukoliko znate da postoji šansa od 90% da svi odluče da idu dužim putem, koji put biste vi izabrali (kojim putem biste krenuli): (a) kraći, (b) duži?“

b) *Varijanta 2:* U zadatku je istaknuta vjerovatnoća da svi vozači odluče da krenu kraćim putem

U drugom slučaju, uvodni tekst je identičan tekstu iz prve varijante, a razlikovao se samo u posljednoj rečenici, u kojoj se govori o vjerovatnoći da svi krenu kraćim putem.

„[...] Ukoliko znate da postoji šansa od 10% da svi odluče da idu kraćim putem, koji put biste vi izabrali (kojim putem biste krenuli): (a) kraći, (b) duži?“

## Analiza podataka

U analizi su korišćeni i generalizovani linearni modeli. S obzirom na kategorijalnu prirodu zavisne varijable, u *glm()* funkciju uključena je binomna link-funkcija (Faraway, 2004, 2005; Jaeger, 2008). Izbor najboljeg modela napravljen je pomoću *anova()* funkcije sa *hi-kvadrat* testom. Analiza je urađena u R 3.2.2 okruženju (R Core Team, 2015).

## Rezultati

Testirano je više modela koji su uključivali različit broj nezavisnih varijabli i njihovih međusobnih odnosa (Tabela 1). U finalnu analizu uključene su sve nezavisne varijable iz nacрта: (a) vjerovatnoće da se svi učesnici u saobraćaju odluče da krenu jednom putanjom (10, 25, 50, 75 i 90%), (b) trajanje putovanja dužim putem (15 i 45 minuta), (c) način predstavljanja situacije na putu i (d) vozačko iskustvo (početnici, „mladi“ vozači, iskusni vozači i veoma iskusni vozači), izuzev varijable koja se odnosi na učestalost korišćenja automobila u posljednjih šest mjeseci, koja nije doprinosila kvalitetu modela.

Tabela 1.

*Poređenje modela koji se mogu izvesti iz optimalnog modela*

	Stepeni slobode	Rezidual deviance	Rezidual stepena slobode	Deviance	Značajnost
okvir	1	17.25	498	586.68	0.000***
vjerovatnoća	4	36.31	494	550.38	0.000***
vrijeme	1	0.04	493	550.33	0.835
dozvola	3	6.25	490	544.08	0.100
okvir * vjerovatnoća	4	5.37	486	538.71	0.252
vrijeme * dozvola	3	8.95	483	529.77	0.030*

*Napomena:* Oznake značajnosti: \*\*\* - .000; \*\* - .001; \* - 0.05.

Optimalni model, tj. model koji je nabolje prilagođen podacima, uključuje glavne efekte okvira i vjerovatnoće, te interakciju vremena putovanja i vozačkog iskustva (Tabela 1, detaljan prikaz modela u Tabeli 2): *model <- glm(put ~ okvir + vjerovatnoća + trajanje putovanja \* vozačko iskustvo)*.

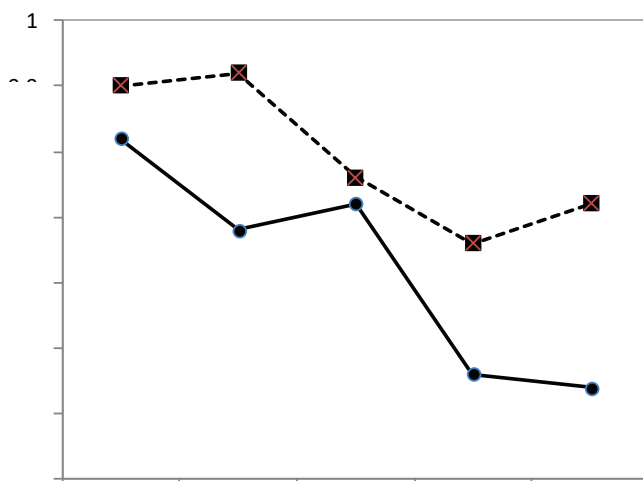
Tabela 2.

*Prikaz parametara optimalnog modela predikcije izbora putanje*

	Procijena	Std. greška	z vrijednost	Značajnost
intercept	1.811	0.576	3.145	0.002**
okvir – kraći put	0.878	0.217	4.038	0.000***
25%	-0.415	0.391	-1.060	0.289
50%	-0.881	0.384	-2.297	0.022*
75%	-1.546	0.364	-4.247	0.000***
90%	-1.593	0.366	-4.357	0.000***
vrijeme – 45 min.	-1.559	0.654	-2.383	0.017*
mladi vozači	-0.484	0.592	-0.818	0.414
iskusni vozači	-0.415	0.546	-0.760	0.447
veoma iskusni vozači	-0.273	0.555	-0.492	0.623
vrijeme (45 min.)*mladi vozači	1.249	0.800	1.562	0.118
vrijeme (45 min.)*iskusni vozači	1.706	0.742	2.300	0.021*
vrijeme (45 min.)*veoma isk. vozači	2.042	0.762	2.681	0.007**

*Napomena:* Oznake značajnosti: \*\*\* - .000; \*\* - .001; \* - 0.05.

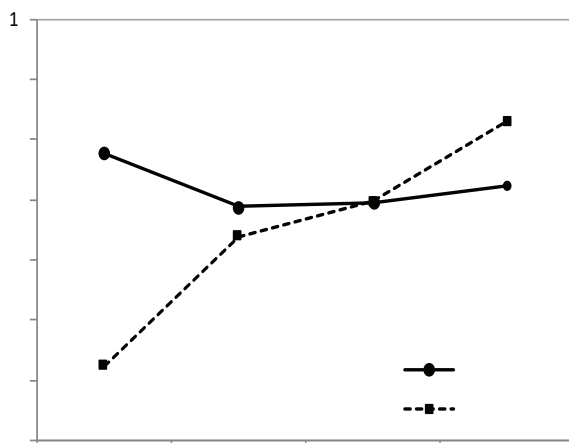
Nalazi ukazuju na to da formulacija problema utiče na izbor putanje, bez obzira na vjerovatnoće da dođe do zastoja na putu (Tabela 2, Slika 2). U slučaju da se u problemu naglasak stavi na duži put (npr. „Ukoliko znate da postoji šansa od 90% da svi odluče da idu dužim putem...“ ispitanici se u većoj mjeri odlučuju za kraći put i obratno – ako se u problemu istakne vjerovatnoća zastoja na kraćem putu (npr. „Ukoliko znate da postoji šansa od 10% da svi odluče da idu kraćim putem...“) ispitanici se češće odlučuju za duži put, bez obzira na to što se u oba slučaja radi o istim vjerovatnoćama zastoja. Postoji i efekat vjerovatnoće zastoja na putu na izbor putanje (Tabela 2, Slika 2). U slučajevima kada 50% i više učesnika u saobraćaju putuje dužim putem, ova putanja postaje statistički značajno manje privlačna nego u slučaju kada se radi o 10% učesnika u saobraćaju (Tabela 2). Naveći broj ispitanika, njih 86%, bira dužu putanju kada vjerovatnoća da svi krenu dužim putem iznosi 10%; kada je taj procenat 75, odnosno 90%, za dužu putanju se u prosjeku odlučuje 56%, odnosno, 58% ispitanika (Slika 2).



*Slika 2.* Osnovni efekti (a) formulacije problema i (b) vjerovatnoće da svi odluče da idu dužim putem na izbor putanje kretanja. Na x osi se nalazi vjerovatnoća da svi učesnici u saobraćaju krenu dužim putem. Na y osi se nalazi proporcija učesnika u saobraćaju koji su se odlučili za određenu putanju: 0 označava situaciju kada bi svi učesnici u saobraćaju izabrali kraći put, a 1 kada bi svi ispitanici izabrali duži put. Puna linija odnosi se na situaciju kada je istaknuta vjerovatnoća da svi krenu dužim putem, a isprekidana kada je istaknuta vjerovatnoća da svi učesnici krenu kraćim putem.

Utvrđena je i interakcija vremena potrebnog da se pređe duži put i vozačkog iskustva pri izboru putanje (Tabele 2, Slika 3). Razlika između iskusnih i veoma iskusnih vozača, s jedne strane, i početnika s druge strane, statistički značajno je veća kada putovanje dužom putanjom traje 45 minuta, nego kada je za to potrebno 15 minuta. U slučaju 45-minutnog putovanja, procenat izbora duže putanje linearno raste sa porastom vozačkog iskustva (tako, na primjer, početnici se u 42.3% slučajeva odlučuju za dužu putanju, a veoma iskusni u 83%; slika 3). S druge strane, kada je za putovanje potrebno kraće vrijeme, gotovo da nema razlike između grupa sa različitim vozačkim iskustvom u izboru putanje.





Slika 3. Interakcija (a) vremena potrebnog da se pređe duži put i (b) vozačkog iskustva ispitanika na izbor putanje. Na y osi se nalazi proporcija učesnika u saobraćaju koji su se odlučili za određenu putanju: 0 označava situaciju kada bi svi učesnici u saobraćaju izabrali kraći put, a 1 kada bi svi ispitanici izabrali duži put.

## Diskusija

U ovoj studiji, u kontekstu donošenja odluka u uslovima rizika, razmatran je Brasov paradoks (Braess, 1968; prema Braess et al., 2005), fenomen koji govori o tome da dodavanjem dodatnog kraćeg puta mreži puteva može doći do gužve i zastoja u saobraćaju. Cilj je bio da se provjeri da li i na koji način na donošenje odluke o putanji kretanja utiču: (a) način na koji je predstavljena situacija u zadatku u kojem ispitanici treba da odluče kojim putem bi se kretali, (b) vjerovatnoća da dođe do zastoja na putu, (c) uobičajeno vrijeme trajanja putovanja dužim putem, te (d) vozačko iskustvo, operacionalizovano preko vozačkog staža ispitanika i (e) upravljanja automobilom u posljednjih šest mjeseci.

Utvrđeni su glavni efekti okvira (načina formulacije zadatka) i vjerovatnoće zastoja na putu na izbor između dvije putanje kretanja. Ukoliko je u zadatku naglasak stavljen na duži put, ispitanici se u većoj mjeri odlučuju za kraći put i obratno, ako je naglasak na vjerovatnoći zastoja na kraćem putu ispitanici se češće odlučuju za duži put, iako se radi o istim vjerovatnoćama zastoja. Može se primijetiti da su se ispitanici odlučivali za duži put u situacijama kada vjerovatnoća zastoja na kraćem putu nije velika, npr. 10 ili 25%, pogotovo ako je u zadatku istaknuta upravo vjerovatnoća vezana za ovu (kraću) putanju. S jedne strane, ovo može biti posljedica

naše veće osjetljivosti na gubitak nego dobitak,<sup>5</sup> tj. tendencije poznate kao *averzija prema gubitku* (Kahneman & Tversky, 1984). S druge strane, moguće je da je ovo rezultat *efekta izvjesnosti* (Kahneman & Tversky, 1979), fenomena koji govori o tome da su ispitanici skloniji preferenciji ishoda koji su izvjesni u odnosu na one ishode koji su „samo“ mogući.

Pored efekta formulacije pitanja, te efekta vjerovatnoće da dođe do zastoja na jednom od pravaca, utvrđena je i interakcija vremena potrebnog da se pređe duži put i vozačkog iskustva pri izboru putanje kretanja. Razlika između iskusnih i veoma iskusnih vozača, s jedne strane, i početnika, s druge strane, značajno je izraženija kada putovanje dužom putanjom traje 45 minuta, nego kada je za to potrebno 15 minuta, kada gotovo da nema razlike između grupa sa različitim vozačkim iskustvom u izboru putanje. Izbor dužeg puta je najčešći u slučaju kada su ispitanici veoma iskusni vozači (preko 16 godina vozačkog iskustva) i potom opada kako se smanjuju godine vozačkog iskustva. Kraći put se najčešće bira u situaciji kada su ispitanici početnici (do dvije godine vozačkog iskustva), u svim ostalim slučajevima prednost se daje dužem putu. Dakle, stariji ispitanici (sa više vozačkog iskustva) su uglavnom birali duži put, što se može pripisati činjenici da su vjerovatno i više bili izloženi zastojima u saobraćaju tokom godina. Ovo je u skladu sa nalazima Rapoporta i saradnika (Rapoport et al., 2005) koji govori o tome da iskustvo koje su ispitanici imali u nekom zadatku utiče na kasnije obavljanje tog istog zadatka.

S obzirom na to da je u zadatku pretpostavljeno da je vrijeme potrebno da se pređe duži put konstantno, bez obzira na intenzitet saobraćaja, potrebno je provjeriti da li će ispitanici na isti način odgovarati u realnijoj situaciji, kada pomenuto vrijeme varira u zavisnosti od broja automobila na putu. Takođe, iskustvo nije jedina varijabla, koja se odnosi na individualne razlike, a koja ima uticaj na ponašanje vozača u saobraćaju. Kao dobri prediktori pokazali su se bijes prilikom vožnje, traženje senzacija, emocionalna stabilnost, prijatnost i otvorenost ka iskustvu Vajta (Dahlen & White, 2006). Otvorenost je povezana sa rizičnom vožnjom, a prijatnost sa gubljenjem kontrole nad vozilom, dok je emocionalna stabilnost predviđala agresivnu vožnju. Traženje senzacija se pokazalo kao dobar prediktor niza karakteristika, kao što su rizična neagresivna vožnja (što podrazumijeva faktore poput vožnje velikom brzinom, koji uključuju neki rizik, ali ne i agresivne postupke i netrpeljivost prema ostalim vozačima), agresivna vožnja (što podrazumijeva nestrpljenje, različite agresivne postupke i netrpeljivost prema različitim grupama vozača u saobraćaju, obično onim za koje se misli da čine greške u vožnji ili usporavaju saobraćaj), gubljenje koncentracije pri vožnji, manje nezgode i ozbiljnije nesreće u saobraćaju (Dahlen & White, 2006). Vozače sa visokim stepenom bijesa pri vožnji od vozača sa niskim stepenom bijesa razlikuju viši skorovi na agresivnosti, anksioznosti, potiskivanju bijesa i nekontrolisanom ispoljavanju bijesa (Deffenbacher, Huff, Lynch, Oetting, & Salvatore, 2000).

Iako se, još uvijek, minimalizuje uticaj osobina ličnosti u domenu odlučivanja (Mohammed & Schwall, 2009), empirijski radovi ukazuju na to da one utiču na

---

<sup>5</sup> U našem slučaju „gubitak“ se ogleda u dva puta dužem putovanju kraćim putem u odnosu na duži, ukoliko dođe do zastoja; dok bi „dobitak“ bio u pola kraće vrijeme putovanja kraćim putem.

odlučivanje, zbog čega ih je neophodno uključiti u modele kojima se opisuje proces donošenja odluka. Otežavajuća okolnost je činjenica da vjerovatno niti jedan faktor ličnosti nije povezan sa svim domenima sklonosti ka riziku, već da su specifične dimenzije ličnosti povezane sa specifičnim domenima (Rawlings & Rohrmann, 2003), te da je veća vjerovatnoća da će se javiti interakcija osobina ličnosti sa karakteristikama zadatka i/ili situacionih varijabli, nego da njihov uticaj bude direktan (Mohammed & Schwall, 2009). Ipak, ukoliko želimo da u potpunosti razumijemo proces donošenja odluka u uslovima rizika u saobraćaju, ali i ostalim domenima ljudskog života (npr. medicinskom, monetarnom itd.), bez obzira na navedene teškoće, potrebno je u obzir uzeti i individualne razlike.

Dobijeni rezultati ukazuju na opravdanost i potrebu daljeg ispitivanja Brasovog paradoksa u kontekstu donošenja odluka u uslovima rizika. Pored potpunijeg razumijevanja ovog fenomena, ali i odlučivanja u domenu saobraćaja, generalno, ovakva istraživanja bi u budućnosti mogla da imaju i praktičnu primjenu. Identifikovanjem faktora koji utiču na odlučivanje o putanji kretanja, u slučaju razvijene mreže puteva sa elektronskom signalizacijom, može se dodatno regulisati saobraćaj i na taj način omogućiti bolji protok i manje gužve na putevima.

## Literatura

- Aoki, K., Ohtsubo, Y., Rapoport, A., & Saijo, T. (2007). Effects of prior investment and personal responsibility in a simple network game. *Current Research in Social Psychology*, 13(2), 10-21. doi:10.1.1.409.7002
- Appelt, K. C., Milch, K. F., Handgraaf, M. J. J., & Weber, E. U. (2011). The decision making individual differences inventory and guidelines for the study of individual differences in judgment and decision-making research. *Judgment and Decision Making*, 6(3), 252–262.
- Bangloee, S. A., Ceder, A., Tavana, M., & Bozic, C. (2014). A heuristic methodology to tackle the Braess paradox detecting problem tailored for real road networks. *Transportmetrica A: Transport Science*, 10(5), 437–456. doi:10.1080/23249935.2013.787557
- Blumsack, S., & Ilić, M. (2006). *The Braess paradox in electric power networks* (working paper). Preuzeto sa: [http://www.personal.psu.edu/sab51/braess\\_paradox.pdf](http://www.personal.psu.edu/sab51/braess_paradox.pdf) (23.3.2015.)
- Braess, D., Nagurney, A., & Wakolbinger, T. (2005). On a paradox of traffic planning. *Transportation Science*, 39(4), 446–450. doi:10.1287/trsc.1050.0127
- Dafermos, S., & Nagurney, A. (1984). On some traffic equilibrium theory paradoxes. *Transportation Research, Part B: Methodological*, 18(2), 101-110. doi:10.1016/0191-2615(84)90023-7
- Dahlen, E. R., & White, R. P. (2006). The Big Five factors, sensation seeking, and driving anger in the prediction of unsafe driving. *Personality and Individual Differences*, 41(5), 903-915. doi:10.1016/j.paid.2006.03.016
- Deffenbacher, J. L., Huff, M. E., Lynch, R. S., Oetting, E. R., & Salvatore, N. F. (2000). Characteristics and treatment of high-anger drivers. *Journal of Counseling Psychology*, 47, 5–17.

- Faraway, J. J. (2004). *Linear models with R*. Boca Raton, FL: A CRC Press Company.
- Faraway, J. J. (2005). *Extending the linear model with R: generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models*. Boca Raton, FL: A CRC Press Company.
- Giches, E. J., & Rapoport, A. (2012). Degrading network capacity may improve performance: Private versus public monitoring in the Braess paradox. *Theory and Decision*, 73(2), 267-293. doi:10.1007/s11238-010-9237-0
- Gvozdenović, V. i Damjanović, K. (2016). Uticaj nivoa verovatnoće na efekat okvira pri referentnoj tački gubitka. *Primenjena psihologija*, 9(1), 83–100. doi:10.19090/pp.2016.1.83-100
- Jaeger, T. F. (2008). Categorical data analysis: Away from ANOVAs (transformation or not) and towards logit mixed models. *Journal of Memory and Language*, 59(4), 434–446. doi:10.1016/j.jml.2007.11.007
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47(2), 263–292. doi:10.2307/1914185
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1984). Choices, values and frames. *American Psychologist*, 39(4), 341-350. doi:10.1037/0003-066X.39.4.341
- Knödel, W (1969). Graphentheoretische methoden und ihre anwendungen. Springer-Verlag. 57(9). doi:978-3-540-04668-4
- Kolata, G. (1990). *What if they closed 42d street and nobody noticed?* Preuzeto sa: <http://www.nytimes.com/1990/12/25/health/what-if-they-closed-42d-street-and-nobody-noticed.html> (15.3.2015.)
- Koutsoupias, E., & Papadimitriou, C. (1999). Worst-case equilibria. In *STACS'99-16th annual symposium on Theoretical aspects of computer science*, 1563, 404-413.
- Kühberger, A. (1998). The influence of framing on risky decisions: A meta-analysis. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 75, 23–55. doi:10.1006/obhd.1998.2781
- Kühberger, A., & Tanner, C. (2010). Risky choice framing: Task versions and a comparison of prospect theory and fuzzy-trace theory. *Journal of Behavioral Decision Making*, 23, 314-329. doi:10.1002/bdm.656
- Kühberger, A., Schulte-Mecklenbeck, M., & Perner, J. (1999). The effects of framing, reflection, probability, and payoff on risk preference in choice tasks. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 78(3), 204–231.
- Lauriola, M., Panno, A., Levin, I., & Lejuez, C. (2014). Individual differences in risky decision making: a meta-analysis of sensation seeking and impulsivity with the balloon analogue risk task. *Journal of Behavioral Decision Making*, 27(1), 20–36. doi:10.1002/bdm.1784
- Lin, H., Roughgarden, T., Tardos, E., & Walkover, A. (2011). Stronger bounds on Braess's paradox and the maximum latency of selfish routing. *SIAM Journal on Discrete Mathematics.*, 25(4), 1667–1686. doi:10.1137/090769600
- Milićević, A., Pavličić, D. i Kostić, A. (2007). Odlučivanje u uslovima rizika i teorija izgleda. *Psihologija*, 40, 147–159.
- Mohammed, S., & Schwall, A. (2009). Individual differences and decision making: What we know and where we go from here. In G. P. Hodgkinson, & J. K. Ford (Eds.), *International Review of Industrial and Organizational Psychology*, 24 (pp. 249–312). John Wiley & Sons.

- Pennington, D. (2004). *Osnove socijalne psihologije*. Jastebarsko, RH: Naklada Slap.
- Piñon A., & Gambará H. (2005). A meta-analytic review of framing effect: Risky, attribute and goal framing. *Psicothema*, 17, 325–331.
- Rapoport, A., Kugler, T., Dugar, S., & Gisches, E. (2005). Choice of routes in congested traffic networks: experimental tests of the Braess paradox. *Games and Economic Behavior*, 65(2), 538–571. doi:10.1016/j.geb.2008.02.007
- Rawlings, D., & Rohrmann, B. (2003). Personality correlates of attitudes toward risk taking. *Australian Journal of Psychology – Supplement*, 205–206.
- R Core Team (2015). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Roughgarden, T., & Tardos, E. (2002). How bad is selfish routing? *Journal of the ACM*, 49(2), 236–259.
- Steinberg, R., & Zangwill, W. I. (1983). The prevalence of Braess' paradox. *Transportation Science*, 17(3), 301–318. doi:10.1287/trsc.17.3.301
- Taguchi, A. (1982). Braess' paradox in a two-terminal transportation network. *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 25(4), 376–388.
- Tumer, K., & Wolpert, D. (2000). Collective intelligence and Braess paradox. *AAAI-00 Proceedings*, 104–109.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1981). The framing of decisions and psychology of choice. *Science*, 211, 453–458.
- Van Essen, M., Thomas, T., Van Berkum, E. & Chorus, C. (2016). From user equilibrium to system optimum: a literature review on the role of travel information, bounded rationality and non-selfish behaviour at the network and individual levels. *Transport Reviews*, 36(4), 527–548. doi:10.1080/01441647.2015.1125399
- Valiant, G., & Roughgarden, T. (2006). Braess's paradox in large random graphs. *Proceedings of the 7th ACM conference on Electronic commerce*, 296–305. doi:10.1145/1134707.1134740
- Vojnović, B., Stančić, S. i Dimitrijević, S. (2017). Perfekcionizam i donošenje odluka u uslovima rizika. *Radovi*, 25, 119–140. doi:10.7251.RAD1725119V
- Youn, H., Gastner, M.T., & Jeong, H. (2008). Price of anarchy in transportation networks: Efficiency and optimality control. *Physical Review Letters*, 101(12), 128701(1)-128701(4).

**Vesna Bosančić**  
**Sonja Stančić**  
**Strahinja Dimitrijević**

## BRAESS' PARADOX: ROUTE CHOICE MAKING UNDER RISK

### Abstract

*Braess' Paradox tells us that adding a road to an existing road network would paradoxically lead to traffic jams. The possibility of choice between different roads leading to the same destination puts drivers in a situation where they have to make a decision. Such a decision carries some risk – if everyone decides to take the same road, it may lead to a traffic jam. To check how the drivers choose one of the alternative roads the following factors were systematically varied: (a) the frame, (b) probability of a traffic jam, (c) the time required for the longer road, and registered variables related to: (d) subjects driving experience, and (e) the frequency of driving the car in the previous six months. The main effects of framing and a probability that everyone chooses the same road are determined, as is the interaction between time spent on the longer road and driving experience.*

**Keywords:** *Braess' paradox, decision making under risk, route choice*