

# THE APPLICATION OF SIGN TEST FOR ASSESSMENT OF PREDICTIVE CAPABILITIES OF GROSS DOMESTIC PRODUCT AND DISTANCE VARIABLES IN THE GRAVITY MODEL OF INTERNATIONAL TRADE

## PRIMJENA TESTA PREDZNAKA ZA OCJENU PREDIKTIVNIH SPOSOBNOSTI VARIJABLI BRUTO DOMAĆI PROIZVOD I UDALJENOST U GRAVITACIJSKOM MODELU VANJSKE TRGOVINE

JOŠIĆ, Hrvoje & ŽMUK, Berislav

**Abstract:** *In this paper the sign test is used to assess the predictive capabilities of the Gross Domestic Product and Distance variables in the gravity model of international trade. This is a new idea that uses an old concept (the sign test) that was originally designed to test Heckscher-Ohlin's theory of international trade. The sign test shows the percentage of cases in which a particular variable was accurate in predicting bilateral trade flows. It is expected that both variables (GDP and Distance variable) will have high precision, ie. strong performance on the sign test.*

**Key words:** *gravity model, predictive capability, sign test*

**Sažetak:** *U ovom radu se primjenjuje test predznaka za ocjenu prediktivnih sposobnosti varijabli Bruto domaći proizvod i Udaljenost u gravitacijskom modelu vanjske trgovine. Ovo je nova ideja koja koristi stari koncept, odnosno test predznaka koji je prvotno osmišljen za testiranje Heckscher-Ohlinove teorije vanjske trgovine. Test predznaka pokazuje postotak slučajeva u kojima je određena varijabla bila točna u predviđanju bilateralnih trgovinskih tokova. Predviđa se da će obje varijable (BDP i Udaljenost) imati visoku preciznost, odnosno jake performanse na testu predznaka.*

**Ključne riječi:** *gravitacijski model, prediktivna sposobnost, test predznaka*



**Authors' data:** Hrvoje, Jošić, izv. prof. dr. sc., Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Trg J. F. Kennedyja 6, 10 000 Zagreb, hjosic@efzg.hr; Berislav, Žmuk, doc. dr. sc., Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Trg J. F. Kennedyja 6, 10 000 Zagreb, bzmuk@efzg.hr

## 1. Uvod

Gravitacijski model vanjske trgovine je jedan od najznačajnijih modela u međunarodnoj trgovinskoj razmjeni, kao i u ekonomiji uopće. Začetnik gravitacijskog modela vanjske trgovine je Ravenstein [1] no popularizirao ga je Jan Tinbergen [2]. Gravitacijski model ima utemeljenje u Newtonovom zakonu univerzalne gravitacije. Zakon univerzalne gravitacije nalaže da je gravitacijska sila između dva tijela proporcionalna njihovoj masi i obrnuto proporcionalna kvadratu udaljenosti između njih. Sukladno tome, gravitacijski model vanjske trgovine stavlja ovaj međuodnos u ekonomski kontekst. Varijabla koja predstavlja ekonomsku veličinu zemlje je Bruto domaći proizvod (BDP), dok se varijabla Udaljenost aproksimira zračnom udaljenosti između glavnih gradova država. Prema gravitacijskom modelu vanjske trgovine bilateralna razmjena će biti veća što su zemlje ekonomski veće i što je udaljenost među njima manja. Gravitacijski model vanjske trgovine je iscrpno testiran u empirijskim istraživanjima s rezultatima koji upućuju na izvanrednu sposobnost predviđanja bilateralnih trgovinskih tokova. Ekonometrijska istraživanja gravitacijskog modela vanjske trgovine su većinom bila usmjerena na izračun i značaj regresijskih koeficijenata u procijenjenim regresijskim modelima. Cilj rada je ispitati preciznost varijabli BDP i Udaljenost prilikom predviđanja bilateralnih trgovinskih tokova. Prema tome, u radu se ocjenjuju prediktivne sposobnosti varijabli Bruto domaći proizvod i Udaljenost u gravitacijskom modelu vanjske trgovine na uzorku od 174 zemlje u svijetu, koje su grupirane prema razini nacionalnom dohotka, u razdoblju od 2001. do 2018. godine. Metodologija istraživanja se temelji na radu Jošića [3] u kojem je predstavljen teorijski okvir za ocjenu prediktivnih sposobnosti varijabli u gravitacijskom modelu vanjske trgovine. To je inovativan pristup određivanju prediktivnih sposobnosti varijabli Bruto domaći proizvod i Udaljenost koji koristi koncept testa predznaka (eng. sign test), prvobitno osmišljen za testiranje uspješnosti predviđanja bilateralnih trgovinskih tokova u Heckscher-Ohlinovoj teoriji, Ohlin [4]. Test predznaka uspoređuje aktualne i prosječne vrijednosti varijabli Bruto domaći proizvod i Udaljenost sa aktualnim i prosječnim vrijednostima bilateralnih trgovinskih tokova. Očekuje se da će obje varijable ostvariti visoku prediktivnu sposobnost na testu predznaka, odnosno vrlo visok postotak točnosti predviđanja bilateralnih trgovinskih tokova.

Rad se sastoji od šest izdvojenih cjelina. Nakon uvoda, u drugom poglavlju je objašnjen povijesni razvoj teorije o gravitacijskom modelu vanjske trgovine. Treće poglavlje predstavlja metodološki okvir analize i opisuje korištene podatke dok su u četvrtom poglavlju prezentirani rezultati analize i diskusija. U petom poglavlju su najznačajniji zaključci rada, ograničenja istraživanja i smjernice za buduća istraživanja na ovom području dok je popis izvora naveden u šestom poglavlju.

## 2. Povijesni razvoj teorije o gravitacijskom modelu vanjske trgovine

U drugom poglavlju je objašnjen povijesni razvoj teorije o gravitacijskom modelu vanjske trgovine. Ernest George Ravenstein je 1885. godine prvi osmislio gravitacijski model u ekonomiji na primjeru migracijskih tokova dok je Jan

Tinbergen 1962. godine prvi primijenio gravitacijski model na međunarodne trgovinske tokove koristeći sljedeću jednadžbu:

$$F_{ij} = G \cdot \frac{BDP_i^\alpha BDP_j^\beta}{D_{ij}^\gamma} \quad (1)$$

gdje su  $F_{ij}$  bilateralni trgovinski tokovi zemalja (izvoz, uvoz ili ukupna bilateralna razmjena),  $G$  je gravitacijska konstanta,  $BDP_i$  je bruto domaći proizvod domicilne zemlje  $i$ ,  $BDP_j$  je bruto domaći proizvod zemlje vanjskotrgovinskog partnera,  $j$ ,  $D_{ij}$  je udaljenost između zemalja aproksimirana zračnom udaljenosti između glavnih gradova zemalja dok su  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$  koeficijenti pridruženi eksplanatornim varijablama. Jednadžba (1) se često transformira u linearni oblik (2) korištenjem logaritamske transformacije:

$$\log F_{ij} = \log G + \alpha \log BDP_i + \beta \log BDP_j + \gamma \log D_{ij} + \delta \log \theta_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

pri čemu  $\theta_{ij}$  predstavlja sve ostale varijable koje utječu na bilateralne trgovinske tokove. To su članstvo u regionalnim i međunarodnim ekonomskim integracijama i organizacijama, zajednička granica i jezik, kolonijalne veze, itd.

Teorijsko utemeljenje gravitacijskog modela se veže uz Andersona [5] koji je izradio gravitacijski model diferenciranih dobara prema zemlji porijekla. Nacionalni dohodak je pri tome definirao kao sumu domaće i inozemne potražnje za pojedinim dobrom koje zemlja proizvede. Gravitacijski model je izveden iz Armington/CES structure preferencija koje podrazumijevaju bilateralnu trgovinsku razmjenu zemalja. Bergstrand [6] je u gravitacijski model uključio razlike u relativnoj faktorskoj obilnosti zemalja (prema Heckscher-Ohlinoj teoriji) i ne-homotetičke ukuse. Gravitacijski model vanjske trgovine ima uporište i u modelu faktorskih proporcija, Deardorff [7], odnosno da u nekim situacijama dopušta interpretacije koje ga upotpunjuju s modelom faktorskih proporcija. Prema Paulu Krugmanu [8] gravitacijski model je direktna implikacija modela utemeljenog na monopolističkoj konkurenciji dok su Eaton i Kortum [9] pokazali da gravitacijski model vuče poveznicu s Ricardovom teorijom komparativnih prednosti.

U novije vrijeme pojavljuje se dinamični gravitacijski model, Olivero i Jotov [10] kao i kratkoročni gravitacijski model Anderson i Yotov [11]. Uz problem izvođenja teorijskog uporišta gravitacijskog modela uporedo se postavljalo pitanje ispravnosti ekonometrijske procjene gravitacijskog modela. Baldwin i Taglioni [12] opisuju propust da se ispravno kontrolirala strukturni multilateralni otpor kao „zlatnu medalju klasičnih pogrešaka u gravitacijskom modelu”. Sličnog su mišljenja i Anderson i Van Wincoop [13] koji su pokazali da izostavljanje multilateralnog trgovinskog otpora (eng. multilateral trade resistance) iz regresijskog modela može dovesti do pogrešaka pristranosti u procijenjenom regresijskom modelu.

### 3. Metodologija i podaci

U trećem poglavlju je prikazan teorijski okvir za primjenu testa predznaka prilikom ocjene prediktivnih sposobnosti varijabli Bruto domaći proizvod i Udaljenost u

gravitacijskom modelu vanjske trgovine. Nadalje, objašnjeni su izvori podataka korišteni u empirijskoj analizi. Kao što je već navedeno, ideja korištenja testa predznaka je “posuđena” iz testiranja Heckscher-Ohlinove teorije, Kohler [14]. Vanek [15] je promatrao slučaj više zemalja, više dobara i više proizvodnih faktora što nedvojbeno više odgovara realnoj ekonomiji nego standardni Heckscher-Ohlinov model sa dvije zemlje, dva dobra i dva proizvodna faktora. Heckscher-Ohlinov model, odnosno sam obrazac razmjene, je značajan broj puta testiran u znanstvenim istraživanjima, međutim nije ostvarivao uvjerljive rezultate. Postotak točnih predviđanja često nije bio veći od 50%, odnosno kako je Trefler [16] konstatirao “vjerojatnost dobivena prilikom nasumičnog bacanja novčića”. Prema Jošiću [3] korištenjem testa predznaka procjenjuje se prediktivna sposobnost varijabli Bruto domaći proizvod i Udaljenost u gravitacijskom modelu vanjske trgovine. Test predznaka za ocjenu prediktivnih sposobnosti varijable Bruto domaći proizvod je prikazan jednadžbom tri:

$$\text{Predznak} \left( BDP_j - \frac{\sum_{j=1}^n BDP_j}{n} \right) = \text{Predznak} \left( F_j - \frac{\sum_{j=1}^n F_j}{n} \right) \quad (3)$$

gdje bi predznak razlike između bruto domaćeg proizvoda zemlje  $j$ , vanjskotrgovinskog partnera zemlje  $i$ , ( $BDP_j$ ), i prosječne vrijednosti (aritmetičke sredine) bruto domaćeg proizvoda svih zemalja vanjskotrgovinskih partnera zemlje  $i$ ,  $\frac{\sum_{j=1}^n BDP_j}{n}$ , trebao biti jednak predznaku razlike između aktualnih trgovinskih tokova u godini  $t$ ,  $F_j$  i aritmetičke sredine vrijednosti svih trgovinskih tokova  $\frac{\sum_{j=1}^n F_j}{n}$ . Prema testu predznaka, ako je npr. bruto domaći proizvod zemlje trgovinskog partnera  $j$  manji od prosječne vrijednosti bruto domaćeg proizvoda svih vanjskotrgovinskih partnera, predviđeni trgovinski tokovi sa tom zemljom bi trebali biti manji u odnosu na prosječne trgovinske tokove. Ako je ostvareno točno predviđanje, u tom slučaju bi se evidentirao pozitivan predznak na testu predznaka. U analizi se umjesto varijable trgovinski tokovi koriste vrijednosti uvoza zemalja,  $M_j$ , WITS [17]. Slična metodologija se koristi i prilikom izvođenja testa predznaka za ocjenu prediktivnih sposobnosti varijable Udaljenost, što je prikazano u jednadžbi četiri:

$$\text{Predznak} \left( \text{Udaljenost}_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^n \text{Udaljenost}_{ij}}{n} \right) = \text{Predznak} \left( F_j - \frac{\sum_{j=1}^n F_j}{n} \right) \quad (4)$$

Ako je udaljenost između glavnog grada domicilne zemlje  $i$  i glavnog grada zemlje vanjskotrgovinskog partnera  $j$  veća od prosječne udaljenosti između glavnog grada domicilne zemlje  $i$  i udaljenosti od glavnih gradova svih vanjskotrgovinskih partnera, to bi razmjena s tom zemljom trebala biti manja od prosječne vrijednosti vanjskotrgovinske razmjene i obrnuto. Navedena metodologija je primijenjena na uzorku od 174 zemlje u svijetu, u razdoblju od 2001. do 2018. godine. Zemlje su prema dohodovnoj skupini rangirane u jednu od sljedećih kategorija: zemlje niskog

dohotka, zemlje nižeg srednjeg dohotka, zemlje višeg srednjeg dohotka i zemlje visokog dohotka, Svjetska banka [18]. Navedena podjela je napravljena kako bi se analiziralo da li postoje razlike u prediktivnoj sposobnosti varijable Bruto domaći proizvod ako se zemlje grupiraju prema razini nacionalnog dohotka. S druge strane, zemlje su prema udaljenosti od glavnih gradova vanjskotrgovinskih partnera grupirane u sljedeće kategorije: bilateralna udaljenost manja od 1000 kilometara, udaljenost između 1000 i 3000 kilometara, udaljenost između 3000 i 5000 kilometara i bilateralna udaljenost veća od 5000 kilometara. Također, na taj način se analiziralo da li postoje razlike u prediktivnoj sposobnosti varijable Udaljenost za različite udaljenosti između glavnih gradova zemalja vanjskotrgovinskih partnera.

#### 4. Rezultati i diskusija

U četvrtom poglavlju su navedeni najznačajniji rezultati istraživanja i implikacije dobivenih rezultata. U Tablici 1 su, prema izračunu autora, prikazani rezultati deskriptivne statistike promatranog skupa podataka.

| Dohodovna skupina      | Broj promatranih zemalja | Broj promatranja za zemlje i godine | Broj bilateralnih zapisa |
|------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Niski dohodak          | 24                       | 326                                 | 31.495                   |
| Niži i srednji dohodak | 44                       | 663                                 | 88.222                   |
| Gornji srednji dohodak | 50                       | 819                                 | 100.134                  |
| Visoki dohodak         | 56                       | 954                                 | 143.554                  |
| Ukupno                 | 174                      | 2.762                               | 363.405                  |

Tablica 1. Deskriptivna statistika promatranog skupa podataka

Izrađena je baza podataka koja sadrži podatke o vrijednosti uvoza za 174 zemlje u svijetu. Te se zemlje promatraju u bilateralnoj razmjeni pojedinačno, za svakog uvoznika i za svaku godinu. Iako se promatra razdoblje od 2001. do 2018. godine, nema dostupnih podataka o uvozu za sve zemlje u svakoj promatranoj godini. Količina dostupnih podataka povećava se s višom razinom razvoja zemlje. Tako je za zemlje s niskim dohotkom u prosjeku dostupno 13,58 godišnjih podataka o uvozu po zemlji, dok je za zemlje s visokim dohotkom taj pokazatelj jednak 17,04 godine. S obzirom da se podaci o uvozu u jednu državu u jednoj godini smatraju jednim zapisom, u korištenoj bazi podataka postoje ukupno 2.762 takva zapisa. Budući da jedna zemlja može uvesti robu i usluge iz jedne ili više drugih zemalja u jednoj godini, baza podataka u konačnici se sastojala od 363.405 pojedinačnih zapisa. U Tablici 2 su, prema izračunu autora, prikazani rezultati testa predznaka (% točnih predviđanja varijable BDP) prema dohodovnim skupinama, u razdoblju od 2001. do 2018. godine.

| Godina | Dohodovna skupina |                      |                      |                |
|--------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------|
|        | Niski dohodak     | Niži srednji dohodak | Viši srednji dohodak | Visoki dohodak |
| 2001   | 86%               | 87%                  | 87%                  | 90%            |
| 2002   | 86%               | 87%                  | 87%                  | 91%            |
| 2003   | 85%               | 87%                  | 88%                  | 91%            |
| 2004   | 84%               | 87%                  | 88%                  | 91%            |
| 2005   | 84%               | 87%                  | 88%                  | 90%            |
| 2006   | 85%               | 87%                  | 88%                  | 90%            |
| 2007   | 85%               | 86%                  | 87%                  | 90%            |
| 2008   | 85%               | 86%                  | 87%                  | 89%            |
| 2009   | 85%               | 85%                  | 87%                  | 90%            |
| 2010   | 85%               | 86%                  | 86%                  | 89%            |
| 2011   | 84%               | 86%                  | 87%                  | 89%            |
| 2012   | 85%               | 86%                  | 87%                  | 89%            |
| 2013   | 85%               | 86%                  | 87%                  | 89%            |
| 2014   | 85%               | 86%                  | 87%                  | 89%            |
| 2015   | 85%               | 87%                  | 88%                  | 89%            |
| 2016   | 86%               | 87%                  | 88%                  | 89%            |
| 2017   | 86%               | 88%                  | 88%                  | 89%            |
| 2018   | 85%               | 87%                  | 88%                  | 90%            |

Tablica 2. Rezultati testa predznaka (% točnih predviđanja varijable BDP), prema dohodovnim skupinama, u razdoblju od 2001. do 2018.

Uočava se da je varijabla Bruto domaći proizvod ostvarila vrlo visoku sposobnost predviđanja bilateralnih trgovinskih tokova (uvoza zemalja) na testu predznaka. Štoviše, što je razina dohotka viša predviđanje je sve točnije (doseže 90% za skupinu zemalja visokog dohotka). U Tablici 3 su, prema izračunu autora, prikazani rezultati testa predznaka (% točnih predviđanja varijable Udaljenost) prema dohodovnim skupinama, u razdoblju od 2001. do 2018. godine.

| Godina | Dohodovna skupina |                      |                      |                |
|--------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------|
|        | Niski dohodak     | Niži srednji dohodak | Viši srednji dohodak | Visoki dohodak |
| 2001   | 45%               | 52%                  | 55%                  | 53%            |
| 2002   | 44%               | 52%                  | 56%                  | 54%            |
| 2003   | 45%               | 51%                  | 55%                  | 54%            |
| 2004   | 43%               | 52%                  | 55%                  | 54%            |
| 2005   | 43%               | 51%                  | 54%                  | 54%            |
| 2006   | 43%               | 51%                  | 54%                  | 54%            |
| 2007   | 43%               | 52%                  | 54%                  | 54%            |
| 2008   | 44%               | 51%                  | 54%                  | 54%            |
| 2009   | 42%               | 52%                  | 54%                  | 54%            |
| 2010   | 44%               | 51%                  | 54%                  | 54%            |
| 2011   | 43%               | 52%                  | 55%                  | 54%            |
| 2012   | 43%               | 51%                  | 55%                  | 54%            |

|      |     |     |     |     |
|------|-----|-----|-----|-----|
| 2013 | 44% | 51% | 55% | 54% |
| 2014 | 43% | 51% | 55% | 53% |
| 2015 | 43% | 50% | 54% | 53% |
| 2016 | 44% | 50% | 54% | 53% |
| 2017 | 44% | 50% | 54% | 53% |
| 2018 | 44% | 50% | 54% | 54% |

Tablica 3. Rezultati testa predznaka (% točnih predviđanja varijable Udaljenost), prema dohodovnim grupama, u razdoblju od 2001. do 2018.

Rezultati iz Tablice 3 ukazuju da točnost predviđanja vrijednosti bilateralnog uvoza varijable Udaljenost nije na visokoj razini, točnije za zemlje niskog dohotka je ispod 50% dok se taj postotak malo povećava za zemlje više dohodovne skupine, ali samo do razine oko 55%. Može se zaključiti da su rezultati prilično iznenađujući s obzirom da se pretpostavljalo da varijabla Udaljenost dobro predviđa bilateralne trgovinske tokove. Kada se napravi podjela prema udaljenosti između glavnih gradova, varijabla Bruto domaći proizvod ima najveću točnost predviđanja za trgovinske tokove veće od 3000 kilometara, dok se na udaljenostima manjim od 1000 km ta sposobnost predviđanja smanjuje, jer djeluje efekt pojačane regionalne razmjene (Tablica 4).

| Godina | Udaljenost između glavnih gradova |                       |                       |                 |
|--------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
|        | Manja od 1000 km                  | Između 1000 i 3000 km | Između 3000 i 5000 km | Veća od 5000 km |
| 2001   | 64%                               | 86%                   | 93%                   | 90%             |
| 2002   | 65%                               | 86%                   | 92%                   | 90%             |
| 2003   | 66%                               | 87%                   | 92%                   | 90%             |
| 2004   | 67%                               | 86%                   | 93%                   | 89%             |
| 2005   | 68%                               | 86%                   | 92%                   | 89%             |
| 2006   | 68%                               | 86%                   | 92%                   | 89%             |
| 2007   | 67%                               | 86%                   | 91%                   | 89%             |
| 2008   | 68%                               | 86%                   | 90%                   | 88%             |
| 2009   | 66%                               | 86%                   | 91%                   | 88%             |
| 2010   | 65%                               | 86%                   | 91%                   | 88%             |
| 2011   | 65%                               | 86%                   | 91%                   | 88%             |
| 2012   | 64%                               | 86%                   | 91%                   | 88%             |
| 2013   | 64%                               | 86%                   | 91%                   | 89%             |
| 2014   | 64%                               | 87%                   | 90%                   | 88%             |
| 2015   | 63%                               | 87%                   | 92%                   | 89%             |
| 2016   | 62%                               | 87%                   | 92%                   | 89%             |
| 2017   | 63%                               | 87%                   | 92%                   | 89%             |
| 2018   | 62%                               | 86%                   | 93%                   | 90%             |

Tablica 4. Rezultati testa predznaka (% točnih predviđanja varijable BDP), prema udaljenosti između glavnih gradova, u razdoblju od 2001. do 2018.

| Godina | Udaljenost između glavnih gradova |                       |                       |                 |
|--------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
|        | Manja od 1000 km                  | Između 1000 i 3000 km | Između 3000 i 5000 km | Veća od 5000 km |
| 2001   | 51%                               | 25%                   | 15%                   | 69%             |
| 2002   | 50%                               | 26%                   | 15%                   | 69%             |
| 2003   | 50%                               | 25%                   | 15%                   | 69%             |
| 2004   | 50%                               | 25%                   | 14%                   | 69%             |
| 2005   | 50%                               | 26%                   | 14%                   | 69%             |
| 2006   | 51%                               | 26%                   | 15%                   | 68%             |
| 2007   | 51%                               | 25%                   | 14%                   | 68%             |
| 2008   | 51%                               | 25%                   | 15%                   | 68%             |
| 2009   | 53%                               | 26%                   | 15%                   | 68%             |
| 2010   | 52%                               | 26%                   | 14%                   | 68%             |
| 2011   | 52%                               | 25%                   | 15%                   | 68%             |
| 2012   | 53%                               | 25%                   | 15%                   | 67%             |
| 2013   | 53%                               | 25%                   | 14%                   | 67%             |
| 2014   | 53%                               | 25%                   | 14%                   | 67%             |
| 2015   | 52%                               | 25%                   | 14%                   | 67%             |
| 2016   | 52%                               | 25%                   | 14%                   | 66%             |
| 2017   | 53%                               | 25%                   | 14%                   | 67%             |
| 2018   | 56%                               | 27%                   | 13%                   | 67%             |

Tablica 5. Rezultati testa predznaka (% točnih predviđanja varijable Udaljenost), prema udaljenosti između glavnih gradova, u razdoblju od 2001. do 2018.

U Tablici 5 su, prema izračunu autora, prikazani rezultati testa predznaka za varijablu Udaljenost prema udaljenosti između glavnih gradova država. Najslabija sposobnost predviđanja varijable Udaljenost je za srednje udaljenosti, između 1000 i 5000 kilometara, dok se točnost povećava za udaljenosti manje od 1000 i veće od 5000 kilometara gdje točnost predviđanja doseže skoro 70%. Može se zaključiti da je varijabla BDP ostvarila vrlo visoku točnost predviđanja bilateralnih trgovinskih tokova, dok varijabla Udaljenost to nije što je prilično iznenađujući rezultat.

## 5. Zaključak

Značaj rada se vidi u primjeni testa predznaka za ocjenu prediktivnih sposobnosti varijabli Bruto domaći proizvod i Udaljenost u gravitacijskom modelu vanjske trgovine. To je inovativan pristup analizi gravitacijskog modela budući se dosadašnja praksa svodila na empirijsku procjenu regresijskih modela. Rezultati analize su pokazali da varijabla BDP jako dobro predviđa vrijednosti bilateralnog uvoza zemalja s ostvarenim postotkom točnih predviđanja na testu predznaka oko 90%. S druge strane, varijabla Udaljenost nije ostvarila visoke performanse na testu predznaka, tek nešto više od 55%. Ograničenje istraživanja je nedostupnost svih podataka o bilateralnoj razmjeni, prvenstveno za zemlje nižeg dohotka. Potencijalna slabost istraživanja je što se nije ispitivala signifikantnost varijabli po pojedinim grupama zemalja i vremenskim razdobljima budući se koristio inovativan pristup korištenjem testa predznaka. Bilo bi zanimljivo ponoviti istraživanje na način da se koristi modificirana metodologija, npr. korištenje moda ili medijanske vrijednosti u analizi umjesto aritmetičke sredine kao demarkacijske vrijednosti između aktualnih i predviđenih vrijednosti varijabli.



## 6. Literatura

- [1] Ravenstein, E., G., (1885) The Laws of Migration: Part 1. *Journal of the Statistical Society of London*, Vol. 48, No. 2, pp. 167–235.
- [2] Tinbergen, J. (1962). *Shaping the World Economy: Suggestions for an International Economic Policy*, New York: The Twentieth Century Funds.
- [3] Jošić, H. (2020). Izrada teorijskog okvira za ocjenu prediktivnih sposobnosti varijabli u gravitacijskom modelu vanjske trgovine. *7th International Conference "Vallis Aurea", Focus on: Research & Innovation*, str. 283-289.
- [4] Ohlin, B. (1933). *Interregional and International Trade*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1966.
- [5] Anderson, J. E. (1979). A theoretical foundation for the gravity equation. *American Economic Review*, Vol. 69, No.1, str. 106-116.
- [6] Bergstrand, J. H. (1985). The Gravity Equation in International Trade: Some Microeconomic Foundations and Empirical Evidence. *Review of Economics and Statistics*, Vol. 67, No. 3, str. 474–481.
- [7] Deardorff, A. V. (1998). Determinants of Bilateral Trade: Does Gravity Work in a Neoclassical World? In Frankel J.A (ed.) *The Regionalization of the World Economy*. Chicago: University of Chicago Press. *Dostupno na: <https://www.nber.org/chapters/c7818.pdf>*. *Pristup: 07-04-2022*
- [8] Krugman, P. (1980.) Scale Economies, Product Differentiation, and the Pattern of Trade. *American Economic Review*, Vol. 70, No. 5, str. 950-959.
- [9] Eaton, J. & Kortum, S. (2002). Technology, Geography, and Trade. *Econometrica*, Vol.70, No.5, str. 1741–1779.
- [10] Olivero, M., P., Yotov, Y. V. (2012). Dynamic Gravity: Endogenous Country Size and Asset Accumulation, *Canadian Journal of Economics*, Vol. 45, No., str. 64–92.
- [11] Anderson, J. E., Yotov, Y. V. (2020). Short Run Gravity. *Journal of International Economics*, Vol.126, Issue c.
- [12] Baldwin, R. E., Taglioni, D. (2006). Gravity for Dummies and Dummies for Gravity Equations, NBER Working Paper No. 12516.
- [13] Anderson, J. E., Van Wincoop, E. (2003). Gravity with gravitas: A solution to the border puzzle. *American Economic Review*, Vol. 93, No.1, str. 170–192.
- [14] Kohler, W. K. (1991). How Robust Are Sign and Rank Order Tests of the Heckscher-Ohlin-Vanek Theorem?, Research seminar in international economics, Seminar Discussion paper No. 212. *Dostupno na: <https://ideas.repec.org/p/mie/wpaper/212.html>*. *Pristup: 07-04-2022*
- [15] Vanek, J. (1968). The Factor Proportions Theory: The N-Factor Case. *Kyklos*, Vol. 21, No.4, str. 749-755.
- [16] Trefler, D. (1995). The Case of the Missing Trade and Other Mysteries. *American Economic Review*, Vol. 85, No. 5, str. 1029-1046.
- [17] WITS (2019) Uvoz po zemljama, svi proizvodi, Svijet, u tisućama US\$. *Dostupno na: <https://wits.worldbank.org/>* *Pristup: 07-04-2022*
- [18] Svjetska banka (2019) Tekući BDP, u US\$. *Dostupno na: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD>* *Pristup: 07-04-2022*