

VILNIAUS UNIVERSITETAS
EKONOMIKOS IR VERSLO ADMINISTRAVIMO FAKULTETAS

EKONOMINĖ ANALITIKA

Gerda Utakytė
MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS

TARPLAIKINĖ TARPTAUTINĖS PREKYBOS ANALIZĖ GRAVITACINIO MODELIO PAGALBA	DIFFERENT PERIODS' INTERNATIONAL TRADE ANALYSIS USING THE GRAVITY MODEL
---	--

Darbo vadovė Asist. Dr. V. Petrylė

Vilnius, 2025

TURINYS

LENTELIŲ SĄRAŠAS	3
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	4
ĮVADAS.....	5
1. GRAVITACIJOS MODELIS	7
1.1. Intuityvus ir apibendrintas gravitacijos modeliai	7
1.2. Struktūrinis gravitacijos modelis.....	9
1.2.1. Fiksuotų efektų metodas.....	12
1.2.2. Vertinimas be fiksuotų efektų	14
2. REKOMENDACIJOS GRAVITACIJOS LYGTIES VERTINIMUI	15
3. GRAVITACIJOS MODELIO PRITAIKYMO PAVYZDŽIAI	17
4. TYRIMO METODIKA	22
5. EMPIRINIAI REZULTATAI.....	27
5.1. Pirminė duomenų analizė	27
5.2. Gravitacijos modelis skerspjūvio duomenims.....	30
5.2.1. Intuityvus gravitacijos modelis.....	30
5.2.2. Struktūrinis gravitacijos modelis.....	33
5.3. Gravitacijos modelis paneliniams duomenims.....	38
5.3.1. Intuityvus gravitacijos modelis.....	38
5.2.2. Struktūrinis gravitacijos modelis.....	40
5.2.3. Fiksuotų efektų modelis	43
5.2.4. Poisson pseudo didžiausio tikėtinumo metodas	47
IŠVADOS IR PASIŪLYMAI.....	49
LITERATŪRA IR ŠALTINIAI.....	52
DIFFERENT PERIODS' INTERNATIONAL TRADE ANALYSIS USING THE GRAVITY MODEL	55
PRIEDAI.....	57

LENTELIŲ SĄRAŠAS

- 1 lentelė.** *Kintamųjų koreliacijos koeficientai.*
- 2 lentelė.** *Skaidos diagramos tarp eksporto ir BVP eksportuotojos bei importuotojos sandaugos.*
- 3 lentelė.** *Skaidos diagramos tarp eksporto ir atstumo tarp eksportuotojos bei importuotojos šalies.*
- 4 lentelė.** *VIF statistika 1990 m. intuityviam modeliui.*
- 5 lentelė.** *Breusch-Pagan testo rezultatai intuityviems modeliams.*
- 6 lentelė.** *Struktūrinių gravitacijos modelių regresorių p reikšmės.*
- 7 lentelė.** *Struktūrinių gravitacijos modelių VIF reikšmės.*
- 8 lentelė.** *Breusch-Pagan testo rezultatai intuityviems modeliams.*
- 9 lentelė.** *Modelių determinuotumo ir prognozės tikslumo rodikliai.*
- 10 lentelė.** *VIF reikšmės intuityvaus gravitacijos modelio regresorių.*
- 11 lentelė.** *Breusch-Pagan testo rezultatai intuityviems modeliams.*
- 12 lentelė.** *Struktūrinių gravitacijos modelių VIF reikšmės.*
- 13 lentelė.** *Breusch-Pagan testo rezultatai struktūriniams modeliams.*
- 14 lentelė.** *Modelių palyginamumo rodikliai.*

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 paveikslas. *Pasaulio BVP ir eksportas.*

IVADAS

Darbo temos aktualumas. Tarptautinė prekyba yra vienas iš svarbiausių reiškinių, kuris šių dienų pasaulyje skatina ekonomikos augimą, nusako globalizacijos lygį. Tačiau gali iškilti klausimas, kaip ir kodėl toks reiškinys, kaip užsienio prekyba, susiformavo. Atsakymas slypi dar žmonijos istorijos pradžioje, kai siekiant padidinti savo naudingumą, buvo pradėta mainytis prekėmis ar paslaugomis. Tačiau bėgant laikui neužteko keistis ar pirkti ir parduoti kaimynystės ir net šalies lygiu. Paklausa ir pasiūla išsiplėtė tarp skirtingų valstybių tiek, kad susiformavo tarptautinė prekyba, į kurią nuodugniau pradėta gilintis bei paaiškinti viduramžių pabaigoje (Bertrand, 2022). Pirmiausiai merkantilistai teigė, kad valstybė turėtų siekti teigiamo prekybos balanso, t. y. skatinti eksportą, o importą riboti, ir taip gautu prekybos pertekliumi pildyti šalies atsargas, o to įgyvendinimui naudoti protekcionistines priemones (Irwin, 2001). Tačiau merkantilstų idėjos buvo kritikuojamos dėl valstybės kišimosi į rinką skatinimo, todėl pereita prie „liberalizmo“ fiziokratams (prancūzų ekonomistai, palaikę natūralių ekonomikos procesų egzistavimą, be valstybės intervencijų) pradėjus reikalauti gamybos ir prekybos laisvės. Tuomet A. Smith 1776 m. savo knygoje „Tautų turtas“ nurodė prekybos apribojimų panaikinimo pranašumus ir pabrėžė specializacijos svarbą, o jo idėjas D. Ricardo išplėtojo į lyginamojo pranašumo principą (Bertrand, 2022). Vėliau, pasaulyje pradėjus stiprėti globalizacijai, mokslininkai ir toliau tyrė bei bandė ieškoti naujų būdų, kaip paaiškinti tarptautinės prekybos svarbą, jos pranašumus ir trūkumus. Taip buvo suformuota viena iš moderniausių užsienio prekybos tyrimo technikų „gravitacijos modelis“. Jos autorius Jan Tinbergen 1962 m. ją pristatė remdamasis Niutono gravitacijos teorija. Jo nuomone, jei planetos traukia viena kitą proporcingai priklausomai nuo dydžio ir atstumo, tai šalys elgiasi taip pat, todėl dvišalė prekyba tarp bet kurių dviejų šalių gali būti apytiksliai išmatuota naudojant „gravitacijos lygtį“, kurioje šalies dydį nusako BVP (Economics Online, 2020). Vėliau modelis buvo tobulinimas kitų mokslininkų atsižvelgiant į trūkumus bei tiriamas problemas, tačiau neprarado savo reikšmingumo. Todėl įdomu, kokie rezultatai gaunami vertinant BVP bei prekybos kaštų poveikį tarptautinei prekybai skirtingais laikotarpiais pradedant nuo pačio paprasčiausio pirminio intuityvaus gravitacijos modelio, baigiant naujausiomis gravitacijos modelio versijomis, pavyzdžiui fiksuotų efektų.

Analizuojamos temos ištirimo lygis. Kadangi gravitacijos modelis gana populiarus tarp mokslininkų nagrinėjant tarptautinę prekybą nuo atsiradimo pradžios, galima atrasti įvairių tyrimų, skirtų visiškai skirtingoms problemoms spręsti, tačiau naudojant tą patį modelį. Yra mokslinių darbų, kuriuose nagrinėjama daugelio šalių tarptautinė prekyba, ar apimamos jų grupės,

kaip ES ar EBPO, ir vertinama nuo ko priklauso jų tarptautinės prekybos variacija. Taip pat yra ir siauresnių darbų, kurių autoriai pasirenka tiesiog ištirti atitinkamos šalies prekybos potencialą ar įvertinti tam tikrų veiksnių poveikį pasirinktos šalies eksportui ar importui.

Darbo naujumas. Kadangi pačiam modeliui 60 metų, jo variacijoms šiek tiek mažiau, tema yra pakankamai nauja, bet gana giliai išnagrinėta skirtingomis kryptimis. Vis dėlto, dauguma autorių yra linkę nagrinėti atitinkamos valstybės, ar tik konkrečios šalių grupės gravitacijos modelį. Todėl šiame darbe bus įtraukiami daugumos pasaulio valstybių duomenys, bei vertinama kaip skiriasi rezultatai sudarant gravitacijos modelį skirtingiems laikotarpiams.

Darbo problema – BVP ir prekybos kaštų poveikis tarptautinei prekybai skirtingais laikotarpiais.

Darbo tikslas – ištirti ekonomikos dydžio ir prekybos kaštų poveikį tarptautinei prekybai skirtingais laikotarpiais, remiantis gravitacijos modeliu.

Darbo uždaviniai:

1. Išnagrinėti gravitacijos modelio raidą bei sudarymo principus;
2. Pateikti rekomendacijas gravitacijos lygties vertinimui;
3. Apžvelgti empirinius gravitacijos modelio pritaikymo pavyzdžius;
4. Įvertinti BVP ir prekybos kaštų poveikį tarptautinei prekybai skirtingais laikotarpiais, remiantis gravitacijos modeliu.

Darbo metodai: metodinės bei mokslinės literatūros, organizacijų pateikiamų straipsnių sisteminimas ir lyginimas, ekonometrinių modelių sudarymas mažiausių kvadratų bei Poisson pseudo didžiausio tikėtinumų metodais.

Darbo struktūra. Darbas prasideda nuo trumpo įvado, kuris pristato temą ir glaustai papasakoja apie ką bus tyrimas. Pirmame skyriuje yra supažindinama su gravitacijos teorija, gravitacijos modelio raida bei gravitacijos lygtimis, skirtomis tarptautinei prekybai. Antras skyrius pateikia svarbiausias rekomendacijas, užtikrinančias tinkamo gravitacijos modelio įvertinimo būdo pasirinkimą. Trečias skyrius tiria gravitacijos modelio empirinius pritaikymo pavyzdžius, ketvirtas apžvelgia tyrimui atlikti reikiamą metodologiją. Penktajame pateikiami empiriniai rezultatai – sudaryti gravitacijos modeliai skirtingiems laikotarpiams. Galiausiai darbo apibendrinimas pateikiamas išvados.

1. GRAVITACIJOS MODELIS

1.1. Intuityvus ir apibendrintas gravitacijos modeliai

Literatūroje nurodoma, jog gravitacijos modelio, kuris remiasi Niutono teorija, pradininku laikomas J. Tinbergen. 1962 m. jis pristatė savo teoriją, kurioje nurodė, jog prekyba tarp dviejų šalių yra tiesiogiai proporcinga tų šalių ekonomikos dydžiui ir atvirkščiai proporcinga atstumui tarp jų (Shepherd, 2016). Vis dėlto, James E. Anderson (2011) pastebi, kad modelio užuominos buvo suformuotos anksčiau, remiantis ekonomikos teorija, kad gamybos išteklių Y_i tiekimas iš kilmės vietos i į vietą j , kurios paklausa yra E_j , yra ribojamas atstumo d_{ij} . Todėl matematinė išraiška tradicinės gravitacijos lygties, kurią dar XIX a. pritaikė Ernst Georg Ravenstein, tyrinėdamas migraciją, yra:

$$X_{ij} = \frac{Y_i E_j}{d_{ij}^2} \quad (1)$$

Kur X_{ij} yra darbo jėgos/prekių judėjimas iš šalies i į šalį j .

Tuo tarpu J. Tinbergen yra pirmasis, kuris gravitaciją pritaikė būtent prekybos srautams paaiškinti. Jis nuo griežtos analogijos, kuri vaizduojama (1) lygtyje, perėjo prie „naivios“ gravitacijos lygties, skirtos tarptautinei prekybai:

$$X_{ij} = G Y_i^{\beta_1} Y_j^{\beta_2} dist_{ij}^{\beta_3} \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

Kur X_{ij} dvišalė prekyba tarp eksportuojančios šalies i ir importuojančios j , Y_i eksportuojančios šalies BVP, Y_j importuojančios šalies BVP, $dist_{ij}$ atstumas tarp tų šalių, kuris simbolizuoja prekybos kaštus, o ε_{ij} paklaida, kuri pasiskirsčiusi pagal normalųjį skirstinį (Baier ir Standaert, 2020).

Pereinant nuo multiplikatyvinės formos prie matavimui patogesnės adityvinės, abi (2) lygties pusės logaritmuojamos ir gaunama matavimui skirta išraiška:

$$\ln(X_{ij}) = \ln(G) + \beta_1 \ln(Y_i) + \beta_2 \ln(Y_j) + \beta_3 \ln(dist_{ij}) + \ln(\varepsilon_{ij}) \quad (3a)$$

Supaprastintai ją galima perrašyti taip:

$$\ln(X_{ij}) = c + \beta_1 \ln(Y_i) + \beta_2 \ln(Y_j) + \beta_3 \ln(\text{dist}_{ij}) + e_{ij} \quad (3b)$$

Šios lygties tikslas yra surasti nežinomus koeficientus β_1 , β_2 bei β_3 , o paprasčiausias būdas tai padaryti būtų naudojant MKM (mažiausių kvadratų metodą). Tačiau B. Shepherd (2016) primena, kad gauti koeficientai bus reikšmingi tik tokiu atveju, jei:

1. Paklaidos turės nulinį vidurkį ir nekoreliuos su regresoriais;
2. Paklaidų dispersija bus pastovi;
3. Regresoriai nebus vienas kito tiesiniai dariniai.

Jei visos šios prielaidos bus patenkinamos, o modelio koeficientai statistiškai reikšmingi, gautas modelis bus tinkamas ekonominiam interpretavimui. Tiesa, modelio koeficientai turėtų būti ne tik statistiškai reikšmingi, bet ir ekonomiškai realistiški, todėl tikimasi, kad β_1 ir β_2 bus teigiami dydžiai, t. y. ekonomikos dydis turi teigiamą efektą prekybai, o β_3 neigiamas – atstumas sukelia neigiamą efektą prekybai (Baier ir Standaert, 2020). Tad intuityvus modelis turėtų parodyti, jog šalys turinčios didesnę ekonomiką, t. y. turinčios didesnę BVP, daugiau prekiauja, mažesniu BVP pasižyminčios mažiau, o nedidelis atstumas tarp dviejų šalių skatina jas prekiauti tarpusavyje daugiau. Vis dėlto, nors modelis atrodo teoriškai teisingas, tačiau nėra tobulas. Pavyzdžiui, jei prekybos kaštai tarp dviejų šalių i ir k pasikeičia, tai gali paveikti prekybą ir tarp i ir j šalių, bet intuityvus modelis šios problemos neapima. Taip pat pagal modelį, jei visur prekybos kaštai sumažėtų, pavyzdžiui dėl naftos kainų kritimo, tai prekyba visur turėtų padidėti, tačiau realybėje ekonomikoje taip neatsitinka (Shepherd, 2016). Taigi intuityvus modelis, kuris prekybos kaštus tarp dviejų šalių atspindi kaip atstumą tarp tų šalių, kuris nekinta, ne visada gali atspindėti realioje ekonomikoje stebimus procesus.

Po intuityvaus modelio atsiradimo ne vienas tyrėjas jį tobulino, bandydamas taisyti jo trūkumus ir pritaikydamas analizuojamam reiškiniui, todėl buvo priimta laikyti, kad „apibendrintas“ gravitacijos modelis atrodo taip:

$$X_{ij} = GS_j M_i \phi_{ij} \quad (4)$$

Kur X_{ij} prekyba tarp i ir j šalių, S_j atspindi eksportuotojos j „gebėjimus“ tiekti produkciją į paskirties vietą i , o M_i simbolizuoja i šalies „gebėjimą“ priimti tą produkciją. G – „gravitacijos

konstanta“, kuri nepriklauso nuo i ir j , o ϕ_{ij} parodo eksportuotojo i sugebėjimą patekti į j rinką (tai yra atvirkščias dydis prekybos kaštams), kuris $0 < \phi_{ij} < 1$ (Head ir Mayer, 2014).

Kaip ir intuityvus modelis, jis siekia paaiškinti dvišalius prekybos srautus remiantis ekonomikos dydžiu bei atstumu tarp dviejų geografinių vienetų. Tačiau jis papildomai įtraukia tokius veiksnius kaip bendra sausumos siena, bendra kalba, bendra teisinė sistema, bendra valiuta ir pan. (Kabir, Salim ir Al-Mawali, 2017). Nepaisant to, kaip ir intuityviame modelyje, išlieka didelė tikimybė išmatuoti modelį klaidingai naudojant MKM, kadangi gravitacijos modeliai sudaromi iš didelės apimties skerspjūvio duomenų, dėl kurių gali atsirasti heteroskedastija, autokoreliacija ar heterogeniškumas. Todėl, kad būtų galima išvengti šių problemų, gravitacijos modelį reikėtų vertinti naudojant ne MKM, o Poisson pseudo didžiausio tikėtimumo metodą (angl. *Poisson pseudo-Maximum Likelihood Estimator*) (Shepherd, 2016).

1.2. Struktūrinis gravitacijos modelis

Po intuityvaus modelio pasirodymo, tyrėjai šį modelį toliau plėtojo ir stengėsi pritaikyti ekonomikos teorijai. Pavyzdžiui E. G. Ravenstein ir J. Tinbergen naudojo gravitacijos teoriją tyrinėdami migraciją ir prekybos srautus. J. E. Anderson buvo pirmasis pasiūlęs teorinį gravitacijos lygties pagrindą, remdamasis produktų diferenciacijos pagal kilmės vietą ir pastovaus pakeitimo elastingumo prielaidomis. Taip pat buvo sukurti modeliai monopolinei konkurencijai, heterogeninėms įmonėms ir pan. (World Trade Organization, 2016).

Nepaisant to, kad visi šie struktūriniai modeliai yra itin reikšmingi ekonomikos teorijos, skirtos tarptautinei prekybai, vystymuisi, tačiau empirinis jų išmatavimas yra beveik neįmanomas, nes yra įtraukiami veiksniai, kurie realybėje nevertinami, todėl jie lieka tik teorijos lygmenyje.

Bendra struktūrinio modelio matematinė išraiška multiplikatyvinėje formoje yra pateikiama taip:

$$X_{ij} = \frac{Y_j X_i}{\Omega_j \Phi_i} \phi_{ij} \quad (5)$$

Kur $Y_j = \sum_i X_{ij}$ yra eksportuojamos produkcijos vertė, $X_i = \sum_j X_{ij}$ importuotojo išlaidos tai produkcijai nusipirkti, o Ω_j ir Φ_i yra „daugiašaliai pasipriešinimai“ (angl. „*multilateral resistance*“) – realybėje nestebimi kainų indeksai. Tuo tarpu santykis Y_j/Ω_j prilygsta S_j iš apibendrinto gravitacijos modelio, o X_i/Φ_i atitinka M_i (Head ir Mayer, 2014; World Trade Organization, 2012).

Tačiau kaip ir intuityvaus modelio atveju, struktūrinį gravitacijos modelį vertinant dažnai pereinama nuo multiplikatyvinės formos prie adityvinės. B. Shepherd (2016) pateikia struktūrinio gravitacijos modelio adityvinę išraišką, kuri turi „gravity with gravitas“ pavadinimą:

$$\log X_{ij}^k = \log Y_i^k + \log E_j^k - \log Y^k + (1 - \sigma_k)[\log \tau_{ij}^k - \log \Pi_i^k - \log P_j^k] \quad (6)$$

Kur X yra eksportas iš šalies i į šalį j pagal sektorius k , Y yra BVP, E išlaidos, kurios matuojant prekybą pagal sektorius nebūtinai sutampa su BVP, Y^k yra suminis BVP, pavyzdžiui pasaulio, σ_k tarpsektorinis pakeitimo elastingumas, o τ_{ij} prekybos kaštai pagal sektorius k . Π_i ir P_j yra kainų indeksai, t. y. „daugiašaliai pasipriešinimai“, sektoriams k .

Tiesa, ne visada tyrėjai turi poreikį matuoti prekybą pagal sektorius, todėl (6) lygtis gali būti perrašoma taip (Shepherd, 2016):

$$\log X_{ij} = \log Y_i + \log Y_j - \log Y + (1 - \sigma)[\log \tau_{ij} - \log \Pi_i - \log P_j] \quad (7)$$

$$\Pi_i = \sum_{j=1}^c \left\{ \frac{\tau_{ij}}{P_j} \right\}^{(1-\sigma)} \frac{Y_j}{Y} \quad (8)$$

$$P_j = \sum_{i=1}^c \left\{ \frac{\tau_{ij}}{\Pi_i} \right\}^{(1-\sigma)} \frac{Y_i}{Y} \quad (8)$$

Modelis iš pirmo žvilgsnio atrodo nesudėtingas, tačiau viena iš problemų jame yra ta, kad „daugiašalio pasipriešinimo“ rodikliai realybėje nėra stebimi, bet jų nebuvimas, pavyzdžiui intuityviame gravitacijos modelyje, vadinamas „aukso medalio“ klaida (angl. „gold medal mistake“) (Head ir Mayer, 2014). Todėl mokslininkai įvairiais būdais ieškojo šio iššūkio sprendimo variantų. Pirminis pasiūlymas buvo įvertinti prekybos sąnaudų parametrus nekontroliuojant „daugiašalio pasipriešinimo“, tuomet sukonstruoti pirminį rinkinį „daugiašalių pasipriešinimų“ apskaičiuotoms prekybos išlaidoms. Kitas žingsnis iš naujo įvertinti gravitacijos modelį naudojant pradinius „daugiašalius pasipriešinimus“, norint gauti naują prekybos sąnaudų rinkinį, kuris naudojamas naujo „daugiašalių pasipriešinimo“ rinkinio gavimui. Taip procesas kartojamas iki tol, kol gravitacijos lygties įverčiai nustoja keistis (World Trade Organization, 2016). Tačiau mokslininkams labiau patiko naudoti „atokumo indeksus“ (angl. „remoteness indexes“), tam kad įvertinti „daugiašalius pasipriešinimus“. Indeksu yra apskaičiuojamas svertinis šalies atstumas nuo prekybos partnerių, kur svoriai yra tų partnerių BVP dalis bendrame pasaulio BVP (World Trade Organization, 2012):

$$REM_i = \sum_j \frac{dist_{ij}}{Y_j/Y} \quad (9)$$

Kur *REM* yra „atokumo indeksas“, *dist* atstumas tarp šalių, Y_j šalies BVP, Y suminis BVP tiriamų valstybių.

Vis dėlto, šis būdas yra kritikuojamas dėl savo neatitikimo teorinei „daugiašalio pasipriešinimo“ sąvokai, kad jis yra kainų, o ne atstumo indeksas. Todėl buvo pasiūlyta ir dar keletas kitų alternatyvų, tokių kaip tiesiog pašalinti „daugiašalius pasipriešinimus“ naudojant santykius, pagrįstus struktūriniu gravitacijos lygtimi, arba matuoti modelį su fiksuotais efektais, kai yra naudojami skerspjūvio duomenys (World Trade Organization, 2016).

Kita problema su kuria tenka susidurti matuojant (7) lygtį yra prekybos kaštų τ_{ij} apskaičiavimas, kadangi laikyti, jog atstumas tarp šalių yra puiki alternatyva jiems, kaip nurodoma intuityviame gravitacijos modelyje, yra ne visai teisinga. Paprastai ši problema sprendžiama į kaštų funkciją įtraukiant visus kintamuosius, kurie tikėtina, jog turi poveikį tarptautinės prekybos kaštams. Pavyzdžiui B. Shepherd (2016) pateikia tokią kaštų funkcijos alternatyvą:

$$\log \tau_{ij} = b_1 distance_{ij} + b_2 contig + b_3 comlang_off + b_4 colony + b_5 comcol \quad (10)$$

Kur *distance* yra geografinis atstumas tarp šalių i ir j , *contig* yra fiktyvus kintamasis, kuris parodo ar šalys dalinasi sausumos siena, *comlang_off* fiktyvus kintamasis, kuris parodo ar šalys dalinasi ta pačia kalba, *colony* fiktyvus kintamasis, kuris parodo ar šalys kažkada priklausė tai pačiai kolonijai, o *comcol* taip pat fiktyvus kintamasis, kuris parodo ar šalys buvo kolonizuotos to paties kolonizatoriaus arba kiti šaltiniai šį kintamąjį pakeičia į fiktyvų regioninių prekybos susitarimų kintamąjį (Shepherd 2016; World Trade Organization, 2016)

Be „daugiašalių pasipriešinimų“ įvertinimo ir prekybos kaštų išmatavimo, iškyla ir kitokių iššūkių vertinant gravitacijos modelį, tokių kaip „nulinė“ prekyba ar heteroskedastija, heterogeniškumas, autokoreliacija bei endogeniškumas. „Nulinės“ prekybos problema atsiranda, nes statistinės informacijos šaltiniuose, kai kuriuose laukuose, nurodoma, kad dvišalės prekybos nėra, o tai reiškia, kad tarp tų dviejų šalių nebuvo užfiksuotas teigiamas eksporto ar importo srautas (Kabir ir kt., 2017). Viena vertus, prekybos srauto iš tiesų gali nebūti, o kita vertus šalys gali tiesiog nepateikti tokios statistinės informacijos. Bet kokių atveju, duomenų šaltinyje nurodomas „0“, o tai sukelia problemą, kai modelis matuojamas naudojant MKM, kadangi logaritmuoto nulio reikšmė tiesiog neegzistuoja (World Trade Organization, 2016). Todėl paprastai naudojami trys alternatyvūs „nulinės“ prekybos sprendimo būdai: imties sumažinimas neįtraukiant stebėjimų su nulinėmis reikšmėmis, pakeitimas nulinių reikšmių maža konstanta, pavyzdžiui 1 doleriu, arba modelio vertinimas lygiais. Jei nusprendžiama nenaudoti pirmos alternatyvos, modelį patartina matuoti ne MKM, o Poisson pseudo didžiausio tikėtinumo metodu (World Trade Organization,

2012). Pastarasis metodas tinka ne tik sprendžiant „nulinės“ prekybos problemą, bet padeda susitvarkyti ir su heteroskedastija, heterogeniškumu bei autokoreliacija (Baier ir Standaert, 2020). Heteroskedacijos problema atsiranda todėl, kad prekybos duomenys iš prigimties pasižymi nevienoda sklaida, tačiau šios problemos palikimas modelyje, kai jis matuojamas MKM gali lemti paslinktas modelio paklaidas, o tai reiškia, kad gaunamas klaidingas modelis (Kabir ir kt., 2017). Heterogeniškumo iššūkis atsiranda todėl, kad struktūrinis gravitacijos modelis yra paremtas monopoline konkurencija, todėl yra daroma prielaida, kad visos įmonės yra identiškos ir jos visos eksportuoja/importuoja. Tačiau realybėje firmos nėra vienodos, jos skiriasi daugybe savybių, pavyzdžiui dydžiu ir produktyvumu, o pastarasis ypač koreliuoja su dalyvavimu užsienio prekyboje, todėl tiesioginis modelio išmatavimas MKM yra ne visai teisingas (World Trade Organization, 2012). Kita viena svarbiausių problemų matuojant gravitacijos lygtį yra endogeniškumas. Jis atsiranda todėl, kad regioninių prekybos susitarimų kintamasis, nėra visiškai egzogeninis, nes šalys yra linkusios sudaryti prekybos susitarimus su partneriais, su kuriais jau ir taip daug prekiauja. Todėl regioninis prekybos susitarimų kintamasis pradeda koreliuoti su modelio paklaidomis, kadangi iš tiesų dalis nepaaiškinamos prekybos variacijos gali būti paaiškinta dėl egzistuojančių prekybos susitarimų (World Trade Organization, 2016). Priešingai nei su kitomis problemomis, kurių išsprendimui galima pereiti nuo MKM prie Poisson pseudo didžiausio tikėtinumų metodo, endogeniškumo pašalinimas yra sudėtingesnis ir beveik neįmanomas. Vienas pagrindinių būdų yra instrumentinių kintamųjų panaudojimas. Pavyzdžiui, turint panelinius duomenis, galima pritaikyti fiksuotus efektus šalių poroms, tačiau toks būdas tik iš dalies sprendžia problemą, todėl tobulo būdo sprendžiant endogeniškumo problemą kol kas nėra (World Trade Organization, 2012).

1.2.1. Fiksuotų efektų metodas

Naivioji gravitacijos lygtis į modelį įtraukia tiesiog logaritmuotą BVP, kaip sugebėjimo eksportuoti ar importuoti alternatyvą, t. y. S_j ir M_i pakeičiami į BVP (4) lygtyje. Vis dėlto, vis daugiau tyrėjų renkasi modernesnį variantą – fiksuotų efektų metodo pritaikymą struktūrinei gravitacijos lygčiai (pavyzdžiui S. Shahriar, L. Qian, ir S. Kea (2018) vertindami Kinijos gravitacijos modelį ar M. Maciejewski ir K. Wach (2019), kurie tyrė ES dvišalę prekybą, remdamiesi taip pat gravitacijos lygtimi, pasirinko fiksuotus efektus). Kadangi struktūriniame gravitacijos modelyje egzistuoja „daugiašalis pasipriešinimas“, kuris realybėje yra nematuojamas ir todėl negali būti tiesiogiai įtrauktas į lygtį, tačiau kurio neįvertinimas modelyje sukeltų „aukso medalio“ klaidą, buvo pereita prie fiksuotų efektų metodo (World Trade Organization, 2016).

B. Shepherd (2016) parodo, jog įtraukiant fiksuotus efektus, (7) lygtį galima perrašyti taip:

$$\log X_{ij} = C + F_i + F_j + (1 - \sigma)[\log \tau_{ij}] \quad (11)$$

$$C = -\log Y \quad (12)$$

$$F_i = \log Y_i - \log \prod_i \quad (13)$$

$$F_j = \log Y_j - \log P_j \quad (14)$$

$$\log \tau_{ij} = b_1 \text{distance}_{ij} + b_2 \text{contig} + b_3 \text{comland_off} + b_4 \text{colony} + b_5 \text{comcol} \quad (15)$$

Pirmasis (11) lygties narys C yra tiesiog konstanta, kuri teoriškai yra bendras BVP šalių, kurioms matuojamas modelis, tačiau kadangi jis nekinta visoms šalims eksportuotojoms ir importuotojoms, jį galima laikyti konstanta. Toliau F_i yra eksportuotojo fiksuoti efektai, o F_j importuotojo, kurie kitaip gali būti pavadinti fiktyviais kintamaisiais, kurių reikšmės yra lygios 1, jei šalis yra i ar j , ir 0, jei šalis yra ne i ir ne j , priklausomai nuo to ar vertinamas eksportuotojo ar importuotojo kintamasis (Shepherd, 2016).

Jeigu duomenys yra ne tik konkretaus vieno periodo, o yra prieinami laikui bėgant ir norima palyginti rezultatus skirtingais laiko momentais, fiksuotus efektus reikėtų pritaikyti ne tik šalims eksportuotojoms ir importuotojoms, bet ir laiko kintamajam. Tokiu atveju (11) lygtį galima perrašyti taip:

$$\log X_{ijt} = C + F_{it} + F_{jt} + F_t + (1 - \sigma)[\log \tau_{ijt}] \quad (16)$$

Kur F_t yra fiktyvus laiko kintamasis konkrečiam laiko periodui. Pavyzdžiui, jei imtis prasideda nuo 2000 m., tai $F_{2000} = 1$, reiškia, jog laikotarpis yra 2000 m, o jei $F_{2000} = 0$, ne 2000 m. (World Trade Organization, 2016).

Pereinant prie ekonometrinio matavimo į (16) lygtį reikėtų įtraukti nuolydžio koeficientus, kurių kiekvienas apibūdintų atitinkamo regresoriaus poveikį dvišalei prekybai. Todėl matavimui pritaikyta lygtis atrodo taip:

$$\log X_{ijt} = C + \alpha_1 F_{it} + \alpha_2 F_{jt} + \alpha_3 F_t + \alpha_4 \log \tau_{ijt} + u_{ijt} \quad (17)$$

Čia α yra nuolydžio koeficientai, o u – modelio paklaidos.

Vis dėlto, reikia pabrėžti, jog fiksuotų efektų įtraukimas į modelį, atima galimybę įtraukti kintamąjį, kuris egzistuoja tik toje pačioje dimensijoje, kaip ir fiksuoti efektai. Pavyzdžiui, negalima įtraukti tokio importuotoją apibūdinančio regresoriaus, kuris yra konstanta visiems eksportuotojams, tai reiškia, kad fiksuotų efektų gravitacijos modelyje galima įvertinti tik dvišalių kintamųjų poveikį (Shepherd, 2016).

1.2.2. Vertinimas be fiksuotų efektų

Nors fiksuotų efektų metodas yra populiariausias kontroliuojant „dvišalius pasipriešinimus“ dėl savo patogaus ir paprasto naudojimo, tačiau jis turi vieną svarbų trūkumą – iš modelio reikia pašalinti kintamuosius, kurie koreliuoja su fiksuotais efektais, t. y. modelyje negalima naudoti kintamųjų kurie paaiškina tik eksportą ar tik importą. Vienas iš alternatyvių būdų, kuris leidžia kolinearių kintamųjų su fiksuotais efektais egzistavimą modelyje yra atsitiktinių efektų modelis. Jame (17) lygties laisvasis narys yra ne fiksuotas, o atsitiktinis. Tiesa, atsitiktiniai efektai nėra tiesiogiai įvertinami, jie parenkami pagal apskaičiuotas dispersijas ir kovariacijas laisvųjų narių ar koeficientų (Kabir ir kt. 2017). Vis dėlto, nors šis modelis leidžia kintamųjų, kurie koreliuoja su fiksuotais efektais, egzistavimą gravitacijos modelyje, bet dėl to tenka priimti prielaidas, kurios gravitacijos teorijoje nėra įvardinamos, pavyzdžiui, kad „daugiašaliai pasipriešinimai“ yra normaliai pasiskirstę (Shepherd, 2016).

Kitas, vienas naujausių būdų, skirtas sukontroliuoti „daugiašalius pasipriešinimus“ nenaudojant fiksuotų efektų, bet leidžiant modelyje palikti kintamuosius priklausančius tik nuo eksporto ar importo, yra 2009 m. pasiūlytas S. Baier ir J. Bergstrand (World Trade Organization, 2012). Jie siūlo įvertinti tiesinę „daugiašalių pasipriešinimų“ aproksimaciją išvengiant netiesinės ir neįtraukiant fiktyvių kintamųjų. Šis principas yra paremtas pirmos eilės Taylor eilutės aproksimacija „daugiašaliams pasipriešinimams“ ir leidžia gauti beveik identiškus modelio įverčius lyginant su fiksuotų efektų metodu. Tuomet pažymėjus $\theta_j = Y_j/Y$, prekybos kaštai modelyje apskaičiuojami taip (Shepherd, 2016):

$$\log X_{ij} = \log Y_i + \log Y_j - \log Y + (1 - \sigma)[\log \tau_{ij}^*] \quad (18)$$

$$\log \tau_{ij}^* = \log \tau_{ij} - \sum_{j=1}^N \theta_j \log \tau_{ij} - \sum_{i=1}^N \theta_i \log \tau_{ji} + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \theta_i \theta_j \log \tau_{ij} \quad (19)$$

2. REKOMENDACIJOS GRAVITACIJOS LYGTIES VERTINIMUI

Pirmasis klausimas, kuris gali iškilti konstruojant gravitacijos modelį, yra duomenų pasirinkimas: naudoti realius ar nominalius dydžius, imti vieną šalį kaip atskaitos tašką ar naudoti šalių poras, naudoti skerspjūvio duomenis ar pereiti prie panelinių. Pirmiausiai, B. Shepherd (2016) pabrėžia, kad nors iš pirmo žvilgsnio ir atrodo, jog reikėtų naudoti realius dydžius, ypač dirbant su laiko eilute, vis dėlto gravitacijos modelio teorija teigia, jog tiek prekybos srautus, tiek BVP reikėtų įtraukti kaip nominalius dydžius. To priežastis paprasta – abu šie kintamieji modelyje yra veikiami dviejų „daugiašalių pasipriešinimų“, kurie yra reikšmingi, tačiau realybėje nevertinami, kainų indeksai. Jeigu šie nominalūs dydžiai būtų indeksuoti kitu, netinkamu ir realiame pasaulyje naudojamu kainų indeksu, tokių kintamųjų įtraukimas gali nuvesti prie neteisingų gravitacijos modelio išvadų. Iš tiesų, tokių realių kintamųjų įtraukimas turi net atskirą pavadinimą – „bronzos medalio“ klaida (angl. *bronze medal mistake*) (World Trade Organization, 2012). Taip pat BVP duomenis reikėtų imti ne tik nominalius, bet ir suminius, o ne išreikštus vienam gyventojui (Shepherd, 2016). Be „bronzos medalio“ klaidos padarymo renkantis kokios išraiškos duomenis įtraukti į modelį, egzistuoja ir kitos – „sidabro medalio“ klaidos (angl. *silver medal mistake*) tikimybė. Gravitacijos modelio teorijos vystymosi pradžioje tyrėjai į lygtį bandė įtraukti šalių poros eksporto ir importo sumos logaritmą, ar tų šalių eksporto vidurkį. Tačiau tokių variacijų, kaip abipusių srautų vidurkio naudojimas modelyje sukelia „sidabro medalio“ klaidą. Todėl prekyba modelyje turėtų būti traktuojama atskirai kiekviena kryptimi (eksportas/importas nuo i iki j laiko momentu t bei eksportas/importas tarp j ir i laiko momentu t) (World Trade Organization, 2012). Žinant kokius duomenis pasirinkti, kad būtų galima išvengti „sidabro medalio“ bei „bronzos medalio“ klaidų, esant galimybei, modelį reikėtų sudaryti iš panelinių, o ne skerspjūvio duomenų. Pirmiausiai, tokie duomenys, kurie turi laiko eilutės atributus, leidžia pagerinti modelio įvertinimo efektyvumą, taip pat paneliniai duomenys suteikia galimybę pritaikyti fiksuotų efektų metodą šalims-poroms ir todėl galima lanksčiai įvertinti laike nekintančių dvišalės prekybos sąnaudų su poriniais fiksuotais efektais poveikį (World Trade Organization, 2016).

Antra problema, su kuria galima susidurti matuojant gravitacijos modelį, yra šio modelio specifikacijos pasirinkimas. Tyrimo pradžioje, bendro vaizdo apie kintamųjų poveikius susidarymui, žinoma, galima pabandyti įvertinti tiesiog intuityvų gravitacijos modelį. Vis dėlto, tai neturėtų būti pagrindinis analizuojamas modelis, kadangi jame yra nekontroliuojami „daugiašaliai pasipriešinimai“ ir taip yra padaroma „aukso medalio“ klaida (World Trade

Organization, 2012). Tam, kad būtų galima jos išvengti, reikėtų pasitelkti struktūrinį gravitacijos modelį ir bene populiariausią jo specifikaciją – fiksuotus efektus. Be to, geriausia būtų fiksuotus efektus pritaikyti ne tik šaliai eksportuotojai ir šaliai importuotojai, bet ir laiko komponentui, kai yra naudojami paneliniai duomenys. Tai leidžia ne tik sukontroliuoti nepastebimus „daugiašalius pasipriešinimus“, bet ir kitas nepastebimas eksportuotojo ar importuotojo savybes. Taip pat naudojant šalių-porų fiksuotus efektus yra atsižvelgiama į endogeniškumą, kuris yra viena svarbiausių problemų vertinant gravitacijos modelius, bei padedama įvertinti prekybos kaštus (World Trade Organization, 2016). Todėl struktūriniame fiksuotų efektų gravitacijos modeliui, kuris remiasi prekybos teorija, turėtų būti suteikiama pirmenybė prieš intuityvų gravitacijos modelį, kuris yra tik pradininkas gravitacijos lygčių.

Dar vienas klausimas, kuris gali iškilti matuojant gravitacijos modelį, yra tinkamo vertinimo metodo pasirinkimas. Nors paprastai ekonometrinuose modeliuose yra naudojamas mažiausių kvadratų metodas, tačiau gravitacijos modeliuose jis neretai nepasiteisina dėl to, kad yra paliekamos autokoreliacijos, heteroskedacijos, homoskedacijos problemos, taip pat yra išmetami stebėjimai, kurie lygūs nuliui, nepriklausomai nuo to ar jie tikrai tokie, ar tiesiog tokie duomenys nerenkami (Kabir ir kt., 2017). Todėl vertinant gravitacijos lygtį yra patartina pereiti nuo mažiausių kvadratų metodo prie Poisson pseudo didžiausio tikėtinumo metodo arba tiesiog sudaryti kelis modelius naudojant skirtingus metodus ir tuomet palyginti rezultatus. Poisson pseudo didžiausio tikėtinumo metodas yra gana nesudėtingai pritaikomas net tik intuityviai gravitacijos lygčiai, bet yra lengvai suderinamas ir su fiksuotų efektų modeliu, kadangi fiktyvūs fiksuotų efektų kintamieji gali būti įtraukti į modelį kaip ir naudojant mažiausių kvadratų metodą (ESCAP, 2012). Antra, Poisson pseudo didžiausio tikėtinumo metodas yra pranašesnis už mažiausių kvadratų, todėl, kad modelyje palieka „nulinius“ prekybos srautų duomenis, kurie iš tiesų gali būti reikšmingi modelyje, bei sprendžia heteroskedacijos problemą (World Trade Organization, 2016). Galiausiai, Poisson pseudo didžiausio tikėtinumo metodu išmatuoti koeficientai, gali būti taip pat lengvai interpretuojami kaip ir naudojant mažiausių kvadratų metodą, tik priklausomas kintamasis yra išreikštas lygiu, o ne logaritmu (ESCAP, 2012).

Apibendrinus, gravitacijos modelį geriausia pradėti konstruoti naudojant nominalius, ne vidutinius ar dar kitaip pakoreguotus panelinius duomenis. Galima pradėti nuo intuityvaus modelio sudarymo, bet reikėtų susikonsultuoti ties teorija pagrįstu struktūriniu modeliu, pavyzdžiui fiksuotų efektų. Jį galima iš pradžių išmatuoti naudojant mažiausių kvadratų metodą, bet vėliau reikėtų pereiti prie Poisson pseudo didžiausio tikėtinumo metodo, o gautus rezultatus palyginti.

3. GRAVITACIJOS MODELIO PRITAIKYMO PAVYZDŽIAI

Gravitacijos modelį empirinėje analizėje tyrėjai pradėjo taikyti vos jam atsiradus, todėl egzistuoja labai seni tyrimai, kurie bando pritaikyti gravitacijos teoriją prekybai. Tačiau modelio populiarumas bėgant laikui neišblėso, todėl galima atrasti nemažai ir naujesnių tyrinėjimų, vos 15-10 metų senumo, ar pačių naujausių ir aktualiausių, parašytų prieš kelerius metus ar net šiemet. Kadangi gravitacijos modelis pasižymi paprastu naudojimu ir lankstumu, tyrėjai linkę bendrą gravitacijos lygties išraišką pakoreguoti pagal savo tiriamą temą. Taip pat vieni renkasi analizuoti tam tikros šalies prekybą su likusiomis ir taip tirti prekybos potencialą, o kiti ima šalių grupes ir vertina jų dvišalius prekybinius santykius. Be to, gravitacijos modelis neskirsto šalių pagal išsivystymo lygį, todėl jo dar viena savybė yra universalumas, dėl ko mokslininkai analizuoja ir mažiau išsivysčiusių šalių, tokių kaip Indija ar Pakistanas, ir jau išsivysčiusių valstybių, kurios priklauso Europos Sąjungai (ES) ar Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacijai (EBPO), užsienio prekybą. Pavyzdžiui A. K. Mishra, J. N. Gadhia, N. Kubendran ir M. Sahoo (2015) nusprendė ištirti prekybos srautus tarp Indijos ir kitų BRICS šalių (Brazilijos, Rusijos, Kinijos, Pietų Afrikos). Jie pasirinko išmatuoti tris panelinių duomenų modelius: pirmajame priklausomas kintamasis yra bendra Indijos prekyba (eksportas plus importas), su atitinkamomis valstybėmis, antrajame eksportas, o trečiame importas. Vietoje BVP buvo nuspręsta imti BNP (bendrąjį nacionalinį produktą), o be standartinių kintamųjų gravitacijos modelyje kaip atstumas ir bendra sausumos siena, tyrėjai įtraukė BNP vienam gyventojui, diferencijuotą BNP vienam gyventojui, prekybos mokesčius kaip dalį nuo šalies pajamų bei prekybos ir BVP santykį. Tuo tarpu K. Karagoz ir M. O. Saray (2010) analizuodami Turkijos prekybos potencialą su Azijos ir Ramiojo vandenyno šalimis (APEC), nusprendė sudaryti šiek tiek paprastesnį gravitacijos modelį nei A. K. Mishra ir kt. (2015). Priklausomu kintamuoju jie pasirinko Turkijos užsienio prekybos sumą (eksportas plus importas) su atitinkamomis valstybėmis, o nepriklausomais prekybos parterių BVP bei populiaciją, be to, vietoje paprasto, atstumą tarp dviejų šalių nusakančio kintamojo, nusprendė panaudoti alternatyvią išraišką, kuri lygi atstumo ir šalies partnerės BVP santykiui, padalintam iš visų prekybos parterių BVP sumos. Šis tyrimas nuo A. K. Mishra ir kt. (2015) atlikto, skiriasi ne tik gravitacijos modelio lygties išraiška, bet ir tam modeliui išmatuoti naudojamu metodu, nors abu tyrimai yra gana panašūs, nes naudoja panelinius duomenis, atskaitos tašku laiko tam tikrą šalį ir analizuoja jos prekybą su šalimis partnerėmis, kurios priklauso tam tikrai valstybių grupei. Pavyzdžiui A. K. Mishra ir kt. (2015) iš pradžių rinkosi, kokią struktūrinę gravitacijos modelį sudaryti – fiksuotą ar atsitiktinių efektų. Tam atliko Hausman testą, kuris

tikrina nulinę hipotezę, kuri teigia, jog tiek fiksuotų efektų, tiek atsitiktinių efektų modelis pateikia vienodus rezultatus, prieš alternatyvią, kuri sako, kad fiksuoti efektai yra tinkamesni gravitacijos lygties išmatavimui. Atlikus testą buvo gauta, jog prekybos srautų tarp Indijos ir kitų BRICS šalių vertinimui tinkamesnis yra struktūrinis fiksuotų efektų modelis. Tuo tarpu K. Karagoz ir M. O. Saray (2010) pasielgė panašiai – jie taip pat atliko Hausman testą, tačiau rezultatus gavo priešingus, o kadangi nulinės hipotezės atmesti negalėjo, nusprendė Turkijos prekybos potencialą tirti su atsitiktinių efektų modeliu. Tiesa, nors A. K. Mishra ir kt. (2015) gavo, jog fiksuotų efektų modelis būtų tinkamesnis vertinimui, tačiau nepasirinko nei fiksuotų, nei atsitiktinių efektų tolimesniam tyrimui. Kadangi autoriai norėjo modelyje palikti kintamuosius, kurie nepriklauso nuo laiko, jie nusprendė naudoti tiesiog panelinius MKM. Nepaisant to, abiejų tyrimų autoriai gavo, jog tiek BVP/BNP, tiek atstumas tarp šalių yra statistiškai reikšmingi dydžiai, tik BVP/BNP teigiamai veikia užsienio prekybą, o atstumas neigiamai (Mishra ir kt., 2015; Karagoz ir Saray, 2010)

Pereinant prie naujesnių tyrimų, M. Taqi, S. Z. A. Shah, F. Mazhar, M. Sibt-e-Ali ir S. M. F. Raza (2021) pritaikė gravitacijos lygtį Pakistano tarptautinės prekybos analizei. Kaip ir Turkijos bei Indijos tyrimų atveju, čia autoriai naudojo panelinius duomenis ir taip pat pasirinko analizuojamą šalį laikyti atskaitos tašku. Jų vertinama gravitacijos lygtis atrodo taip:

$$X_{ijt} = \alpha_0 + \alpha_1 \log(GDP_{it} * GDP_{jt}) + \alpha_2 \log(GDPPC_{it} * GDPPC_{jt}) + \alpha_3 \log(Distance_{it}) + \alpha_4 \log\left(\frac{T}{GDP_{it}}\right) + \alpha_5 \log\left(\frac{T}{GDP_{jt}}\right) + \alpha_6 \log(Border_{ij}) + \alpha_7 \log(Inflation_{ij}) + U_{ijt} \quad (20)$$

Čia priklausomas kintamasis yra prekyba tarp Pakistano i ir šalių j , GDP yra atitinkamai BVP šalies i ar j , $GDPPC$ reprezentuoja i ar j šalies BVP tenkantį vienam gyventojui, $Distance$ yra atstumas tarp Pakistano ir prekybos partnerių, T/GDP yra prekybos ir BVP santykis, $Border$ yra fiktyvus kintamasis, nusakantis ar Pakistanas turi bendrą sieną su prekybos partnerėmis, o $Inflation$ yra infliacija.

Nepaisant į modelį įtrauktų papildomų kintamųjų, jis yra gana panašus į sudarytus Indijai bei Turkijai. Ypač pati analizė turi daug panašumų su A. K. Mishra ir kt. (2015) atliktu tyrimu Indijai, kadangi autoriai taip pat vertino tris lygtis, kurios skyrėsi priklausomais kintamaisiais: eksporto ir importo suma, tik eksportas, tik importas. Be to, modeliuose įtrauktas prekybos ir BVP santykis, visai kaip Indijos modelyje, o atlikus Hausman testą gauna tokias pat išvadas kaip ir A. K. Mishra ir kt. (2015), kad fiksuotų efektų modelis tinkamesnis, todėl matavimui naudoja panelinį MKM (Taqi ir kt., 2021).

Kitas išsiskiriantis iš kitų ir neseniai atliktas tyrimas yra skirtas Kinijos ekonominės integracijos su Didžiuoju Mekongo subregionu analizei. Jį atliko S. Shahriar, L. Qian, ir S. Kea (2018) sukurdami gravitacijos modelį paneliniams užsienio prekybos duomenims. Autoriai matuoja ekonominę Kinijos integraciją dvišalės prekybos ir tiesioginių investicijų požiūriu. Vis dėlto, priešingai nei kiti autoriai, jie pasirenka ne importo ir eksporto sumą, o tik eksportą. Tiesa, jie kaip ir K. Mishra ir kt. (2015) bei M. Taqi ir kt. (2021) pasirenka išmatuoti tris modelius, tačiau jų struktūra skiriasi priklausomu kintamuoju bei įtrauktais regresoriais, jų formomis. Tačiau svarbiausias skirtumas nuo kitų nagrinėtų modelių, kad tyrėjai gravitacijos modeliui nusprendė suteikti dinaminę formą ir į nagrinėjamas tris lygtis įtraukė eksporto pirmą vėlavimą:

$$\ln Export_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 \ln Export_{ij,t-1} + \beta_2 \ln(GDP_{it} * GDP_{jt}) + \beta_3 \ln Distance + \beta_4 \ln BEXCH_{jt} + \beta_5 \ln Openness_{jt} + \beta_6 \ln POP_{jt} + \varepsilon_{ijt} \quad (21)$$

$$\ln Export_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 \ln Export_{ij,t-1} + \beta_2 \ln(PCGDP_{it} * PCGDP_{jt}) + \beta_3 \ln Distance + \beta_4 \ln BEXCH_{jt} + \beta_5 \ln Openness_{jt} + \beta_6 \ln POP_{jt} + \varepsilon_{ijt} \quad (22)$$

$$\ln Export_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 \ln Export_{ij,t-1} + \beta_2 \ln(DPCGDP_{ijt}) + \beta_3 \ln Distance + \beta_4 \ln BEXCH_{jt} + \beta_5 \ln Openness_{jt} + \beta_6 \ln POP_{jt} + \varepsilon_{ijt} \quad (23)$$

Čia *Export* yra Kinijos eksportas į šalis partneres, *GDP* – BVP, *PCGDP* – BVP vienam gyventojui, *DPCGDP* – BVP vienam gyventojui skirtumas tarp Kinijos ir j šalių, *Distance* – atstumas, *BEXCH* – valiutos kursas, *Openness* yra prekybos atvirumo lygis bei *POP* – populiacija.

Kaip ir K. Mishra ir kt. (2015), M. Taqi ir kt. (2021) bei K. Karagoz ir M. O. Saray (2010), savo tyrime S. Shahriar ir kt. (2018), tam kad galėtų nustatyti, kuris metodas gravitacijos modeliui išmatuoti tinkamesnis – fiksuotų ar atsitiktinių efektų, pasirinko atlikti Hausman testą ir gavo, jog Kinijos integracijos tyrimui tinkamesnis yra fiksuotų efektų. Tačiau priešingai nei kitų tyrimų autoriai, kurie taip pat naudojo panelinius duomenis, S. Shahriar ir kt. (2018) nusprendė papildomai atlikti Levin-Lin-Chu vienetinės šaknies testus, tam kad nustatyti, ar kintamieji yra stacionarūs, kadangi jie turi laiko eilutės atributus, ir ar verta sudaryti dinaminį modelį.

Nepaisant to, kad dažnai autoriai yra linkę sudaryti gravitacijos modelį pasirenkant atskaitos tašką tyrinėjamą šalį, tačiau tai nereiškia, jog negalima pereiti prie sudėtingesnės analizės – priklausomu kintamuoju pasirinkti nagrinėjamų šalių tarpusavio prekybą, pavyzdžiui, jei nagrinėjama trijų šalių prekyba, laiko momentu *t*, tai priklausomo kintamojo stebėjimų bus devyni laiko momentu *t*. Tokio tipo analizės pavyzdžiai yra Ch. Wang, Y. Wei ir X. Liu (2010) atliktas

tyrimas apie veiksnius lemiančius EBPO šalių prekybą arba naujesnė M. Maciejewski ir K. Wach (2019) analizė apie veiksnius lemiančius ES šalių dvišalę prekybą. Šių tyrimų gravitacijos modeliai sudaryti remiantis paneliniais duomenimis, kaip ir ankstesnių autorių. Taip pat, tiek EBPO šalių gravitacijos lygties, tiek ES išmatavimo metodo pasirinkimui buvo naudojamas Hausman testas, tačiau rezultatai gauti skirtingi – EBPO šalių grupei tinkamesnis yra atsitiktinių efektų struktūrinis gravitacijos modelis, o ES – fiksuotų efektų. Tiesa, M. Maciejewski ir K. Wach (2019) prieš pereinant prie Hausman testo, atliko ir kitus, kuriais sprendė ar fiksuotų/atstiktinių efektų metodai yra pranašesni už apribotą mažiausių kvadratų metodą. Atlikus Wald testą, nustatė, kad fiksuoti efektai tinkamiau įvertina modelio parametrus už apribotus mažiausius kvadratus, o Breusch-Pagan testo pagalba ištyrė, jog ES šalių gravitacijos modeliui atsitiktinių efektų metodas yra geresnis nei apribotas mažiausių kvadratų metodas, ir tik atlikus šiuos du testus perėjo prie Hausman testo. Tačiau nepaisant to, kad M. Maciejewski ir K. Wach (2019) atliko papildomus matavimus metodo parinkimui, o Ch. Wang ir kt. (2010) ne, bet pastarieji papildomai atliko vienetinės šaknies testus, kintamųjų stacionarumo patikrinimui. Taip pat, priešingai nei S. Shahriar ir kt. (2018) atliko ne tik Levin-Lin-Chu (LLC) testa, bet ir Im-Pesaran-Shin (IPS) bei Maddala-Wu (MW) vienetinės šaknies testus pritaikytus paneliniams duomenims. Tačiau nepaisant metodologinių skirtumų, autoriai gavo panašius rezultatus, kaip ir tie, kurie tyrė gravitacijos modelį pasirinkdami vieną šalį kaip atskaitos tašką: ekonomikos dydis turi teigiamą poveikį tarptautinei prekybai, o atstumas neigiamą.

Vis dėlto, gravitacijos modelis gali būti sudaromas ne tik bendros dvišalės prekybos tyrimui, bet ir tik tam tikro sektoriaus, ar prekių grupės prekybai tarp šalių nagrinėti. Pavyzdžiui tiek J. Buongiorno (2016), tiek J. Larson, J. Baker, G. Latta, S. Ohrel ir Ch. Wade (2018) gravitacijos modelį nusprendė pritaikyti miškų produkcijos prekybai, o O. Kuik, F. Branger ir Ph. Quirion (2019) jo pagalba tyrė konkurencinį pranašumą atsinaujinančios energijos pramonės. J. Buongiorno (2016) gravitacijos modeliui sudaryti pasirinko tris panelinių duomenų rinkinius prekių grupėms, susijusioms su medienos produkcija: mediena ir medienos dirbiniai, medžio plaušiena ir pluoštinė celiuliozė, popierius ir kartonas. Modelio parametrus autorius nusprendė išmatuoti trimis būdais: pirmiausiai įprastu mažiausiu kvadratų metodu, tuomet fiksuotų efektų ir atsitiktinių efektų metodais. Tuo tarpu, nors J. Larson ir kt. (2018) atliko labai panašų tyrimą, tik jie nusprendė parametrus išmatuoti naudojant Poisson pseudo didžiausio tikėtimumo metodą, nes MKM modelyje sukelia „nulinės“ prekybos bei heteroskedastijos problemas. O. Kuik ir kt. (2019) atsinaujinančiai energijai nusprendė sudaryti du gravitacijos modelius, vieną skirtą vėjo energijos generavimo prekėms, o kitą saulės fotovoltiniams moduliams. Šiuos modelius, pasinaudojant gravitacijos teorijos patarimais, nusprendė išmatuoti naudojant Poisson pseudo didžiausio tikėtimumo metodą, kaip darė J. Larson ir kt. (2018), bei Heckman imties atrankos įvertinimo

metodą, kuriems pritaikė fiksuotus efektus laiko, šalies importuotojos ir šalies eksportuotojos atžvilgiu. Bendra modelio išraiška atrodo taip:

$$\ln T_{o,d,t} = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_{o,t} + \beta_2 \ln GDP_{d,t} + \beta_3 G_{o,d,t} + \beta_4 \ln RDEMAND_{d,t} + \beta_5 RPOLICY_{o,t-3} + \alpha_o + \alpha_d + \alpha_t + \varepsilon_{o,d,t} \quad (24)$$

Čia T dvišalis eksporto srautas, GDP – nominalus BVP, G – vektorius geografinių kintamųjų, $RDEMAND$ – paklausa šalies partnerės, $RPOLICY$ – atsinaujinančios energijos politikos efektyvumas kilmės šalyje.

Be dvišalio eksporto, importo, jų sumos ar tik tam tikro sektoriaus prekių tarptautinės prekybos nagrinėjimo gravitacijos modeliu, jį galima pritaikyti ir neilgalaičių veiksnių, tokių kaip COVID-19, poveikio tarptautinei prekybai vertinimui. Pavyzdžiui, K. Hayakawa ir H. Mukunoki (2021), sudarę panelinių duomenų gravitacijos lygtį, į kurią įtraukė COVID-19 kintamąjį, nustatė, jog pandemija turėjo neigiamą poveikį eksportuojančioms bei importuojančios šalims, tačiau šis poveikis buvo tik trumpalaikis. Jie, kaip ir J. Larson ir kt. (2018), kurie tyrė miškų produkcijos prekybą, bei O. Kuik ir kt. (2019), kurie nagrinėjo atsinaujinančios energijos produktų prekybą, nusprendė modelį įvertinti naudojant Poisson pseudo didžiausio tikėtimumo metodą. Modeliui taip pat pritaikė fiksuotus efektus, todėl bendra struktūrinės gravitacijos lygties išraiška, kuria vertinamas COVID-19 poveikis atrodo taip:

$$Trade_{ijym} = \exp\{\alpha_1 COVID_{iym} + \beta_1 COVID_{jym} + \delta_{ijy} + \delta_{ijm} + \delta_{ym}\} * \varepsilon_{ijym} \quad (25)$$

Čia $Trade$ yra eksportas iš šalies i į j tam tikru mėnesiu m ir metais y , $COVID$ yra žalos apimtis eksportuojančiose ir importuojančiose šalyse, o δ – fiksuoti efektai, ε - modelio paklaidos (Hayakawa ir Mukunoki, 2021).

Apibendrinus, gravitacijos lygtis yra lengvai pritaikomas modelis, skirtas su tarptautinės prekybos klausimais susijusioms problemoms analizuoti. Vieni mokslininkai pasirenka nagrinėti tam tikros šalies dvišalę prekybą ir jos potencialą, kiti analizuoja šalių grupių, kaip EBPO ar ES prekybą. Kitos grupės tyrėjų renka tik tam tikrų sektorių prekių ar išvis trumpalaikių šokų, turinčių poveikį užsienio prekybai, vertinimą. Vis dėlto, dalis mokslininkų yra linkę nepasinaudoti gravitacijos modelio teorijos patarimu, kad vertėtų pereiti nuo MKM prie Poisson pseudo didžiausio tikėtimumo metodo ir nereikėtų vertinti importo bei eksporto sumos. Nepaisant to, didžioji dalis tyrėjų renka naudoti panelinius duomenis, o vertinant modelį suteikia atsitiktinius ar fiksuotus efektus. Pastarieji gali būti ypač geras būdas tarptautinės prekybos struktūrai pagal šalis vertinimui.

4. TYRIMO METODIKA

Tyrimo tikslas yra ištirti prekyujančių šalių BVP ir prekybos kaštų poveikį tarptautinei prekybai skirtingais laikotarpiais, įvertinant gravitacijos modelį. Tam yra suformuojamos tyrimo hipotezės:

1. **H₀**: tarptautinei prekybai skirtingais laikotarpiais nei eksportuojančios, nei importuojančios šalies BVP neturi poveikio.
2. **H₀**: tarptautinei prekybai skirtingais laikotarpiais prekybos kaštai neturi poveikio.

Hipotezių patvirtinimui ar atmetimui pirmiausiai bus įvertinami intuityvūs gravitacijos modeliai 1990 m., 2000 m., 2010 m. 2020 m. skerspjūvio duomenims bei 1991-2000 m., 2001-2010 m., 2011-2020 m., 1991-2020 m. paneliniams duomenims. Modeliai sudaromi skirtingų periodų duomenims, kad būtų galima įvertinti, ar skirtingais periodais įverčių reikšmės skiriasi. Modelių išraiškos atrodo taip:

$$\ln(Eksportas_{ij}) = c + \beta_1 \ln(Y_i) + \beta_2 \ln(Y_j) + \beta_3 \ln(Atstumas_{ij}) + e_{ij} \quad (26)$$

Kur *Eksportas* yra nominali eksporto išraiška iš šalies *i* į šalį *j*, *c* modelio konstanta, *Y_i* eksportuojančios šalies nominalus BVP, *Y_j* importuojančios šalies nominalus BVP. *Atstumas* yra geografinis atstumas tarp eksportuojančios šalies *i* ir importuojančios *j*. β_n yra modelio parametrai, o *e_{ij}* modelio paklaidos.

Vis dėlto, kadangi matuojant intuityvų modelį, galima padaryti „aukso medalio“ klaidą, nes yra neįvertinami „daugiašaliai pasipriešinimai“, tyrime bus išmatuoti ir struktūriniai gravitacijos modeliai, kuriems vėliau bus suteikiami fiksuoti efektai:

$$\ln(Eksportas_{ij}) = C + \alpha_1 \ln Y_i + \alpha_1 \ln Y_j + \alpha_3 \ln \tau_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (27)$$

Kur *Eksportas* yra nominali eksporto išraiška iš šalies *i* į šalį *j*, *C* modelio konstanta, *Y_i* eksportuojančios šalies nominalus BVP, *Y_j* importuojančios šalies nominalus BVP, τ yra prekybos kaštų vektorius, į kurį įtraukiami veiksniai, turintys poveikį prekybos kaštams, pavyzdžiui bendra

sausumos siena, atstumas, prekybos susitarimai ir pan. α_n , yra modelio parametrai, o ε_{ij} modelio paklaidos.

Tam, kad būtų galima įvertinti kintamųjų poveikį tarptautinei prekybai pagal šalis ir būtų atsižvelgiama į „daugiašalius pasipriešinimus“, struktūriniams modeliams suteikiami fiksuoti efektai ir importuojančioms, ir eksportuojančioms šalims:

$$\ln(Eksportas_{ij}) = C + F_i + F_j + \alpha_1 \ln \tau_{ij} + u_{ij} \quad (28)$$

$$F_i = \ln Y_i - \ln \Pi_i \quad (29)$$

$$F_i = \ln Y_j - \ln P_i \quad (30)$$

Kur *Eksportas* yra nominali eksporto išraiška iš šalies i į šalį j , C modelio konstanta, F_i eksportuojančios šalies fiksuoti efektai, F_j importuojančios šalies fiksuoti efektai, Y_i eksportuojančios šalies BVP, Y_j importuojančios šalies BVP, Π_i ir P_j „daugiašaliai pasipriešinimai“ (kainų indeksai), τ yra prekybos kaštų vektorius, α_n , yra modelio parametrai, o u_{ij} modelio paklaidos.

Be to, remiantis gravitacijos modelio teorijos rekomendacijomis, lygtys bus sudaromos ne tik skerspjūvio bet ir paneliniams duomenims, suteikiami fiksuoti efektai ne tik šaliai eksportuotojai ir importuotojai, bet ir laiko kintamajam:

$$\ln(Eksportas_{ijt}) = C + F_t + F_i + F_j + \alpha_1 \ln \tau_{ijt} + u_{ijt} \quad (31)$$

Kur *Eksportas* yra nominali eksporto išraiška iš šalies i į šalį j , C modelio konstanta, F_t laiko fiksuoti efektai, F_i eksportuojančios šalies fiksuoti efektai, F_j importuojančios šalies fiksuoti efektai, τ yra prekybos kaštų vektorius, α_n , yra modelio parametrai, o u_{ijt} modelio paklaidos.

Galiausiai, remiantis gravitacijos modelio sudarymo rekomendacijomis, įverčiai bus išmatuoti naudojant Poisson pseudo didžiausio tikėtimumo metodą, kuris skiriasi nuo anksčiau paminėtų, dėl logaritmuotų modelio paklaidų (Shepherd, 2016):

$$\ln(Eksportas_{ijt}) = C + F_t + F_i + F_j + \alpha_1 \ln \tau_{ijt} + \ln(e_{ijt}) \quad (32)$$

$$\ln(Eksportas_{ijt}) = C + F_t + F_i + F_j + \alpha_1 \ln \tau_{ijt} + \ln(e_{ijt}) \quad (33)$$

Kur *Eksportas* yra nominali eksporto išraiška iš šalies i į šalį j , C modelio konstanta, F_t laiko fiksuoti efektai, F_i eksportuojančios šalies fiksuoti efektai, F_j importuojančios šalies fiksuoti efektai, τ yra prekybos kaštų vektorius, α_n , yra modelio parametrai, o e_{ij} modelio paklaidos.

Modelių statistiniam reikšmingumui nustatyti atliekamas F-testas. Kuris tikrina hipotezes:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n = 0$$

$$H_1: \text{Bent vienas } \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n \neq 0$$

Jei gauta modelio p reikšmė yra mažesnė už 0,05 reikšmingumo lygmenį, galima sakyti, kad gauti rezultatai yra statistiškai reikšmingi (F Test).

Atskirai kiekvieno įverčio reikšmingumas tikrinamas atliekant t-testą. Jei gauto įverčio p reikšmė mažesnė už 0,05, atmetame nulinę hipotezę, kuri teigia, kad gautas įvertis yra statistiškai nereikšmingas:

$$H_0: \beta_n = 0$$

$$H_1: \beta_n \neq 0$$

Modelių palyginamui naudojamas determinacijos koeficientas (R^2), kuris nusako, kokią dalį priklausomo kintamojo, nulemia į modelį įtraukti regresoriai (Nevil, 2024). Be determinacijos koeficiento, naudojamas Akaike informacinis kriterijus (AIC) ir Bayesian informacinis kriterijus (BIC):

$$AIC(p) = n \log \hat{\sigma}_p^2 + 2p \quad (34)$$

$$BIC(p) = n \log \hat{\sigma}_p^2 + p \log n \quad (35)$$

Kur p – bendras įvertintų parametų skaičius, n – imties dydis, o $\hat{\sigma}_p^2 = \frac{RSS}{n-p}$, kur RSS yra paklaidų kvadratų suma (Maddala, 1992).

Be R^2 , AIC ir BIC, geriausio modelio išrinkimui, taip pat naudojamas vienas populiariausių prognozės tikslumo rodiklių RMSE – vidutinis paklaidos nuokrypis (Balabonienė ir kt., 2013):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{T_1} \sum_{t=1}^{T_1} |e_t^2|} \quad (36)$$

Multikolinearumui nustatyti, t. y. patikrinti ar sudarytuose modeliuose įtraukti regresoriai tarpusavyje koreliuoja, naudojama VIF reikšmė:

$$VIF_i = \frac{1}{1-R_i^2} \quad (37)$$

Kur R^2 yra determinacijos koeficientas. Jei VIF reikšmė yra intervale nuo 1 iki 5, galima sakyti, kad egzistuoja labai silpnas multikolinearumas, o jei viršija 5 – kintamieji labai koreliuoja (Variance Inflation Factor, 2023).

Nustatyti, ar nėra pažeidžiama MKM prielaida, jog paklaidos yra vienodai pasiskirčiusios, atliekamas Breusch-Pagan testas. Jis yra skirtas nustatyti, ar heteroskedastija egzistuoja modelyje. Tikrinamos hipotezės:

H_0 : Paklaidų dispersija yra vienoda (homoskedastija).

H_1 : Paklaidų dispersija yra nevienoda (heteroskedastija).

Jeigu gauta p reikšmė yra mažesnė už 0,05 reikšmingumo lygį, tuomet nulinė hipotezė yra atmetama ir daroma išvada, kad modelyje egzistuoja statistiškai reikšminga heteroskedastijos problema (Bobbitt, 2020).

Pirminei duomenų analizei, tendencijų nustatymui, naudojami Pasaulio banko pateikti eksporto ir BVP duomenys pasauliui, modelių sudarymui naudojamas CEPII (Prancūzijos tyrimų apie pasaulio ekonomiką centras) duomenų rinkinys, skirtas gravitacijos modeliams matuoti. Į modelius įtraukiami kintamieji:

- Year – metai;
- iso3_o – šalis siuntėja (eksportuotoja);
- iso3_d – šalis gavėja (importuotoja);
- contig – fiktyvus kintamasis lygus 1, jeigu šalys yra kaimyninės;
- dist – atstumas tarp labiausiai apgyvendintų miestų (km);
- comlang_off – fiktyvus kintamasis lygus 1, jeigu šalys dalinasi bendra kalba;
- comcol – fiktyvus kintamasis lygus 1, jeigu šalys dalinasi bendru kolonizatoriumi
- col45 – fiktyvus kintamasis lygus 1, jeigu šalys yra ar buvo kolonijiniuose santykiuose;
- comrelig – religinio artumo indeksas;

- gdp_o – nominalus BVP šalies siuntėjos;
- gdp_d – nominalus BVP šalies gavėjos;
- fta_wto – fiktyvus kintamasis lygus 1, jei šalių pora turi regioninių prekybos susitarimų;
- rta_coverage – nurodo, ar regioniniai prekybos susitarimai apima tik prekes ar prekes ir paslaugas;

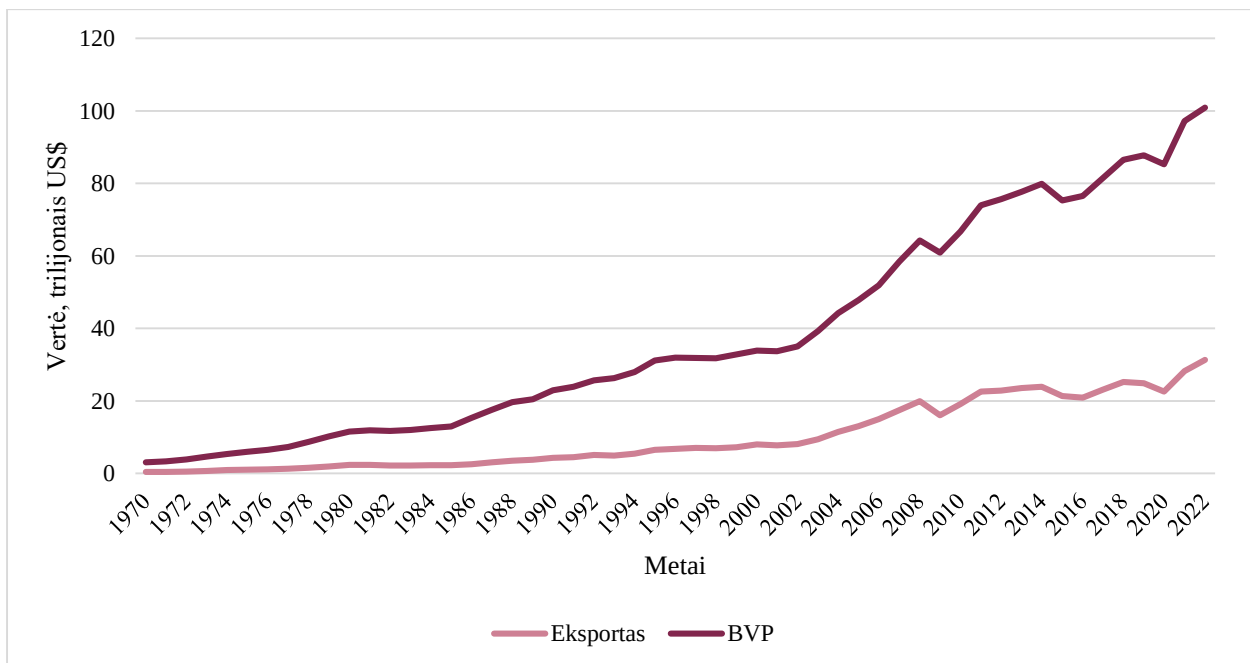
5. EMPIRINIAI REZULTATAI

5.1. Pirminė duomenų analizė

Prieš pradedant ekonometrinio modelio sudarymą, yra atliekama pirminė duomenų analizė, kuri padeda nustatyti tendencijas, ar tikrai egzistuoja priklausomybė tarp kintamųjų ir ar tikslinga pradėti ekonometrinių modelių kūrimą.

Pirmiausiai sudarytas pasaulio eksporto ir BVP linijinis grafikas rodo, kad abu kintamieji pasižymi augimo tendencija (žiūrėti 1 pav.). Taip pat galima pastebėti, jog tiek eksportas, tiek BVP panašiai reaguoja į ekonomiką veikiančius reiškinius, pavyzdžiui finansines krizes ar 2020 m. užklupusią COVID-19 pandemiją. Pasaulio banko duomenys taip pat rodo, kad didžiausia pasaulio eksportuotoja 2022 m. buvo Kinija, antroje vietoje Jungtinės Amerikos Valstijos, o trečioje bei ketvirtoje vietoje atitinkamai Vokietija ir Japonija. Tuo tarpu didžiausios pasaulio ekonomikos 2022 m. buvo tos pačios šalys, kaip ir eksportuotojos: Jungtinės Amerikos Valstijos, Kinija, Japonija, Vokietija.

1 paveikslas. Pasaulio BVP ir eksportas.



Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis The World Bank duomenimis.

Toliau yra suskaičiuojami koreliacijos koeficientai tarp eksporto, atstumo tarp šalių, eksportuotojos BVP bei importuotojos BVP, 1990 m., 2000 m., 2010 m. ir 2020 m. duomenims. Koreliacijos koeficientų lentelė (žiūrėti 1 lentelę), parodo, kad stipriausiai statistiškai priklausomi kintamieji yra eksportas ir BVP eksportuotojos valstybės, eksportas ir BVP importuotojos valstybės. Be to, galima pastebėti, kad priklausomybė tarp eksporto ir BVP eksportuotojos vis stiprėja, 1990 m. koreliacijos koeficientas buvo 0.459, o 2020 m. jau siekė 0.526. Tuo tarpu šiek tiek silpnesnė bei neigiama priklausomybė stebima tarp eksporto ir atstumo tarp prekiaujančių valstybių.

1 lentelė. Kintamųjų koreliacijos koeficientai.

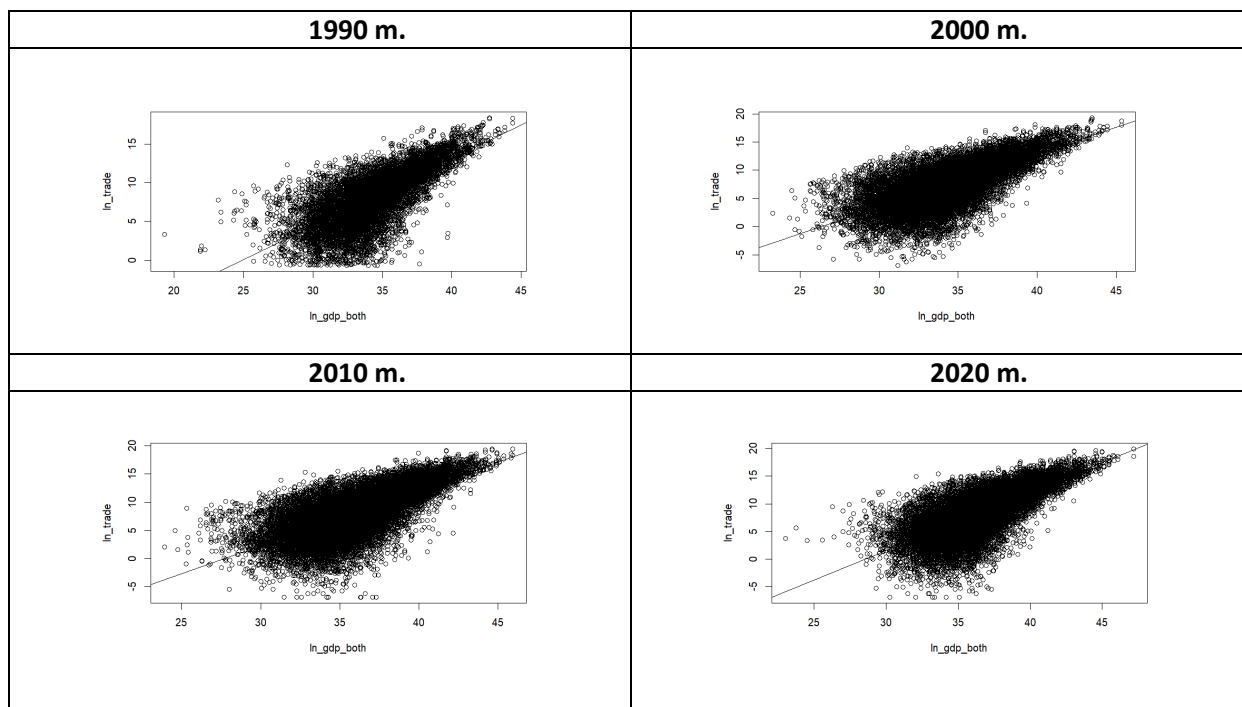
1990 m.				
	Eksportas	Atstumas	BVP eksportuotojos	BVP importuotojos
Eksportas	1.0000000	-0.24344293	0.4594658	0.44252820
Atstumas	-0.2434429	1.00000000	0.1202862	-0.01675251
BVP eksportuotojos	0.4594658	0.12028616	1.0000000	-0.21841171
BVP importuotojos	0.4425282	-0.01675251	-0.2184117	1.0000000
2000 m.				
	Eksportas	Atstumas	BVP eksportuotojos	BVP importuotojos
Eksportas	1.0000000	-0.21664483	0.4998574	0.38957211
Atstumas	-0.2166448	1.00000000	0.1616379	0.03184617
BVP eksportuotojos	0.4998574	0.16163786	1.0000000	-0.22151837
BVP importuotojos	0.3895721	0.03184617	-0.2215184	1.0000000
2010 m.				
	Eksportas	Atstumas	BVP eksportuotojos	BVP importuotojos
Eksportas	1.0000000	-0.2436692	0.5276015	0.3757134
Atstumas	-0.2436692	1.0000000	0.1134812	0.0097824
BVP eksportuotojos	0.5276015	0.1134812	1.0000000	-0.1878332
BVP importuotojos	0.3757134	0.0097824	-0.1878332	1.0000000
2020 m.				
	Eksportas	Atstumas	BVP eksportuotojos	BVP importuotojos
Eksportas	1.0000000	-0.25414982	0.5255035	0.40973899
Atstumas	-0.2541498	1.00000000	0.1249993	-0.02720028
BVP eksportuotojos	0.5255035	0.12499933	1.0000000	-0.18513723
BVP importuotojos	0.4097390	-0.02720028	-0.1851372	1.00000000

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEP II duomenimis.

Be koreliacijos koeficientų, ar egzistuoja priklausomybė tarp kintamųjų, galima nustatyti ir analizuojant sklaidos diagramas. 2 lentelėje galima matyti, jog visais analizuojamais laikotarpiais egzistuoja akivaizdi teigiama priklausomybė tarp BVP (logaritmuota šalies siuntėjos BVP ir šalies gavėjos BVP sandauga) ir eksporto, t. y. kuo didesnis tiek eksportuotojos, tiek importuotojos BVP, tuo didesnė ir prekyba tarp jų. Tuo tarpu sklaidos diagramos tarp eksporto apimties bei atstumo

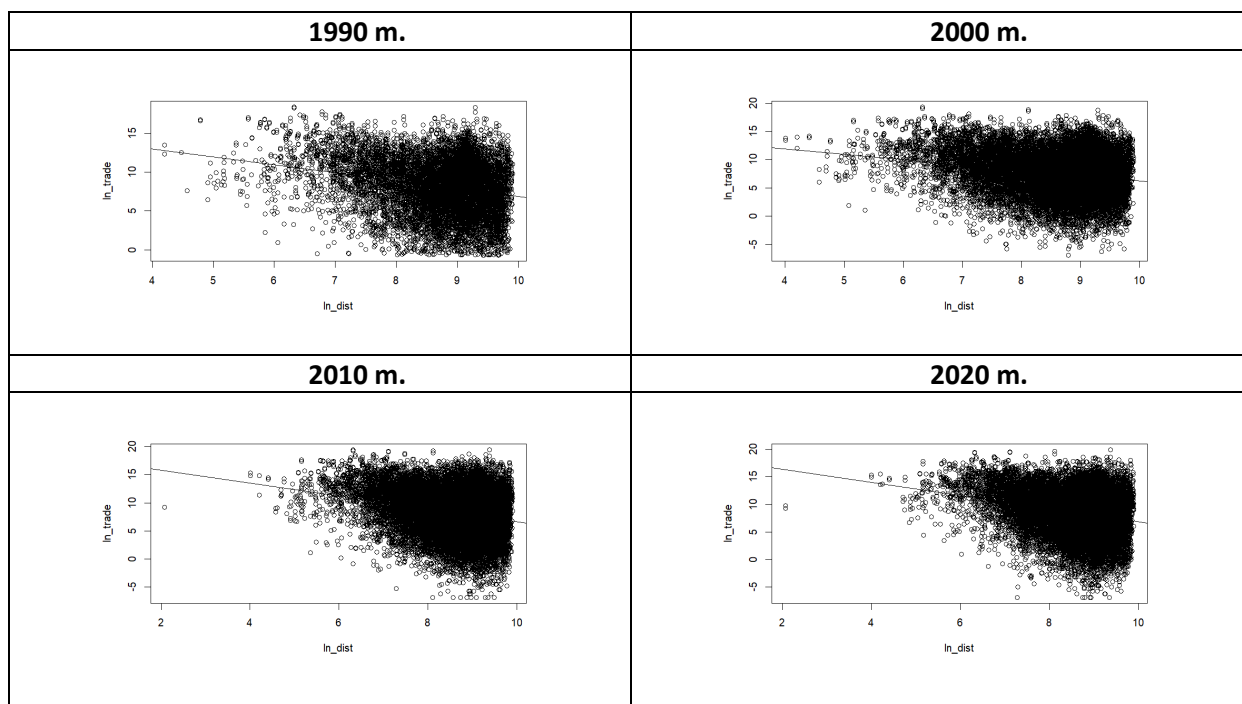
tarp prekiaujančių šalių parodo, jog egzistuoja neigiama priklausomybė tarp šių kintamųjų, t. y. kuo didesnis atstumas tarp dviejų valstybių, tuo mažesnė prekyba tarp jų.

2 lentelė. Skaidos diagramos tarp eksporto ir BVP eksportuotojos bei importuotojos sandaugos.



Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis.

3 lentelė. Skaidos diagramos tarp eksporto ir atstumo tarp eksportuotojos bei importuotojos šalies.



Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis.

Taigi pirminė analizė parodo, jog intuicija galima pasitikėti ir J. Tinbergen teorija, paremta Niutono dėsnio, pasitvirtina – prekyba tarp dviejų šalių yra tiesiogiai proporcinga tų šalių ekonomikos dydžiui ir atvirkščiai proporcinga atstumui tarp jų (Shepherd, 2016). Todėl kitas žingsnis būtų įvertinti, kaip stipriai ekonomikos dydis ir atstumas tarp prekiaujančių šalių veikia prekybą tarp jų ir ar poveikis kinta skirtingais laikotarpiais.

5.2. Gravitacijos modelis skerspjūvio duomenims

5.2.1. Intuityvus gravitacijos modelis

Kadangi gravitacijos teorija prasidėjo iš „nuojautos“, todėl pirmiausiai įvertinamas pats pirmasis ir paprasčiausias – intuityvus gravitacijos modelis. Jo pagalba ieškoma atsakymo į iškeltas hipotezes: ar prekiaujančių šalių BVP turi poveikį tarptautinei prekybai, ar atstumas tarp tų prekiaujančių šalių turi poveikį tarptautinei prekybai ir ar poveikis keičiasi skirtingais laikotarpiais. Intuityvus modelis sudaromas 1990 m. 2000 m., 2010 m. bei 2020 m. skerspjūvio duomenims, tam kad būtų galima pamatyti, ar BVP bei atstumo poveikis prekybos apimčiai išlieka panašus laiko atžvilgiu, ar vis dėlto stiprėja ar silpnėja bėgant laikui. Tiesa, kadangi duomenų rinkinyje yra nulinių ar neprieinamų reikšmių, jos yra pašalinamos, kadangi kintamieji yra logaritmuojami, o modelis matuojamas mažiausių kvadratų metodu.

Įvertinus modelį 1990 m. duomenims, gaunama, tokia intuityvaus modelio išraiška:

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -12,32 + 1,025 \ln(Y_i) + 0,81 \ln(Y_j) - 1,29 \ln(Atstumas_{ij}) + e_{ij} \quad (38)$$

Kur *Eksportas* yra nominali eksporto išraiška iš šalies *i* į šalį *j*, Y_i eksportuojančios šalies nominalus BVP, Y_j importuojančios šalies nominalus BVP. *Atstumas* yra geografinis atstumas tarp labiausiai apgyvendintų eksportuojančios šalies *i* ir importuojančios *j* miestų, o e_{ij} modelio paklaidos.

Pakartojus procesą su 2000 m. duomenimis, gaunamas toks modelis:

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -15,23 + 1,2 \ln(Y_i) + 0,87 \ln(Y_j) - 1,49 \ln(Atstumas_{ij}) + e_{ij} \quad (39)$$

Įvertinus 2010 m. duomenis gravitacijos modelis atrodo taip:

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -17 + 1,26 \ln(Y_i) + 0,86 \ln(Y_j) - 1,52 \ln(Atstumas_{ij}) + e_{ij} \quad (40)$$

Galiausiai 2020 m. modelio išraiška yra tokia:

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -19,89 + 1,34 \ln(Y_i) + 0,92 \ln(Y_j) - 1,52 \ln(Atstumas_{ij}) + e_{ij} \quad (41)$$

Visi keturi sudaryti intuityvūs gravitacijos modeliai neprieštarauja intuicijai ir parodo, kad dvišalė prekyba yra tiesiogiai proporcinga eksportuotojos bei importuotojos šalies BVP ir atvirkščiai proporcinga atstumui tarp tų šalių. Taip pat galima pastebėti, jog poveikis nepriklausomų kintamųjų eksporto vertei bėgant laikui vis stiprėja.

Vis dėlto, kol kas gautų rezultatų negalima interpretuoti ir priimti ar atmesti hipotezių, kol nenustatyta, ar modelis nepasižymi multikolinearumu bei heteroskedastija, kas gali lemti gautų koeficientų nepatikimumą ir netinkamų išvadų gavimą. Todėl visiems sudarytiems modeliams apskaičiuojama VIF statistika, kuri reikštų, nedidelį multikolinearumą, jei reikšmės būtų intervale nuo 1 iki 5, ir aukštą multikolinearumą, jei koeficientas būtų virš 5 (Variance Inflation Factor).

Pirmiausiai patikriname, ar egzistuoja multikolinearumo problema, sudarytam 1990 m. intuityviam gravitacijos modeliui. Rezultatai rodo (žiūrėti 4 lentelę), jog visos VIF statistikos yra arti 1 todėl, galime daryti prielaidą, jog modelis multikolinearumu nepasižymi ir nepriklausomi kintamieji nėra tarpusavyje koreliuoti. Tuo tarpu pakartojus veiksmus antrajam modeliui, sudarytam iš 2000 m. skerspjūvio duomenų, gauname labai panašius rezultatus – VIF statistikos šiek tiek didesnės, bet vis dar yra labai arti. Pereinant prie trečiojo bei ketvirtojo intuityvių gravitacijos modelių, skirtų 2010 m. ir 2020 m. duomenims, gauname jog VIF statistika ir šiems modeliams neparodo reikšmingo koreliuotumo tarp nepriklausomų kintamųjų. Todėl, galima sakyti, kad modeliai neturi multikolinearumo problemos.

4 lentelė. VIF statistika 1990 m. intuityviam modeliui.

	Log(dist)	Log(gdp_o)	Log(gdp_d)
1990 m.	1,014779	1,065314	1,050195
2000 m.	1,031928	1,084077	1,056825
2010 m.	1,014076	1,051062	1,037625
2020 m.	1,015890	1,051168	1,035510

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis

Apibendrinant galima teigti, kad reikšmingos multikolinearumo problemos sudarytuose intuityviuose gravitacijos modeliuose nėra ir nepriklausomi kintamieji yra nekoreliuoti. Nepaisant

to, nors multikolinearumu modeliai nepasižymi, kol kas interpretuoti gautų rezultatų negalima, kadangi dar yra neatsižvelgta į galimą heteroskedastiją, kuri reiškia, jog modelio paklaidos pasižymi nevienoda dispersija, kas lemia gautų įverčių neefektivumą. Todėl heteroskedacijos tikrinimui naudojamas Breusch-Pagan testas, kurio nulinė hipotezė, teigia, jog modelis pasižymi homoskedastiškumu (Bobbitt, 2020). Atlikus testą visiems keturiems sudarytiems skerspjūvio duomenų modeliams gaunama, jog visų jų p reikšmės yra mažesnės už 0,05 reikšmingumo lygmenį (žiūrėti 5 lentelę). Tai reiškia, jog atmetame nulinę hipotezę ir darome išvadą, jog modeliai pasižymi heteroskedastija.

5 lentelė. *Breusch-Pagan testo rezultatai intuityviems modeliams.*

Modelis	BP	df	p-value
1990 m.	485,82	3	<2,2e-16
2000 m.	936,58	3	<2,2e-16
2010 m.	713,66	3	<2,2e-16
2020 m.	1134,4	3	<2,2e-16

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis

Taigi, nors gautų modelių visi įverčiai yra statistiškai reikšmingi ir logiškai teisingi – didėjant prekiaujančių šalių BVP didėja ir prekyba tarp jų, o didėjat atstumui mažėja, modeliai nepasižymi multikolinearumu, buvo nustatyta, kad egzistuoja nevienoda paklaidų sklaida, dėl ko gauti įverčiai yra neefektyvūs. Tiesa, tokio rezultato buvo galima tikėtis, kadangi pastaroji problema yra ypač aktuali tarptautinės prekybos duomenims. Analizuojami gravitacijos modeliai buvo sudaryti iš itin didelės imties, kuri apima visų šalių eksportą į kiekvieną šalį partnerę, kas gali lemti ir išskirtis, ir asimetriją, kadangi naudojami duomenys tiek ekonomiškai stiprių ir didelių valstybių, tiek silpnųjų ir mažesnių. Todėl sudarant modelį tam tikrai šalių grupei, pavyzdžiui Europos Sąjungos, yra tikimybė, jog sudaryti modeliai jau pasižymėtų homoskedastija. Vis dėlto, žvelgiant iš kitos pusės, kuo didesnė imtis, tuo įverčiai labiau artėja link savo tikrosios reikšmės, tik šiuo atveju jie pasižymi neefektivumu. Be to, heteroskedacijos problema galėjo atsirasti ir dėl neįtrauktų kitų svarbių regresorių, todėl įtraukus papildomus kintamuosius ar perėjus prie panelinių duomenų rinkinio, galimai gravitacijos modelis jau pasižymėtų vienoda paklaidų sklaida.

5.2.2. Struktūrinis gravitacijos modelis

Įvertinus pirminį ir patį paprasčiausią intuityvų gravitacijos modelį, galima pareiti prie sudėtingesnės jo išraiškos – struktūrinio gravitacijos modelio, kuriame prekybos kaštus apima ne tik atstumas tarp prekiaujančių šalių, bet ir tokie rodikliai kaip: ar šalys yra kaimyninės, ar jos turi ar turėjo bendrą kalbą, ar šalys dalinasi bendru kolonizatoriumi ir kt. Struktūrinis gravitacijos modelis sudaromas 1990 m., 2000 m., 2010 m. ir 2020 m. skerspjūvio duomenims ir jų bendra išraiška atrodo taip:

$$\ln(Eksportas_{ij}) = C + \alpha_1 \ln Y_i + \alpha_1 \ln Y_j + \alpha_3 \ln \tau_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (42)$$

$$\ln \tau_{ij} = b_1 \ln(dist_{ij}) + b_2 contig + b_3 comlang_{off} + b_4 comcol + b_5 col45 + b_6 comrelig + b_7 fta_wto + b_8 rta_coverage \quad (43)$$

Kur *Eksportas* yra nominali eksporto išraiška iš šalies *i* į šalį *j*, *C* modelio konstanta, *Y_i* eksportuojančios šalies nominalus BVP, *Y_j* importuojančios šalies nominalus BVP. τ yra prekybos kaštų vektorius, į kurį įtraukiama *dist* – atstumas tarp šalių *i* ir *j*, *contig* – fiktyvus kintamasis, parodantis ar šalys yra kaimyninės, *comlang_{off}* – fiktyvus kintamasis parodantis, ar šalys dalinasi bendra kalba, *comcol* – fiktyvus kintamasis parodantis, ar šalys dalinasi bendru kolonizatoriumi, *col45* – fiktyvus kintamasis parodantis, ar šalys buvo/yra kolonijiniuose santykiuose po 1945 m., *comrelig* – religinio artumo indeksas, *fta_{wto}* – fiktyvus kintamasis, parodantis, ar šalys yra turi regioninį prekybos susitarimą, *rta_{coverage}* – nusakantis, ar tas susitarimas dengia tik prekes ar/ir paslaugas. α_n , b_n yra modelio parametrai, o ε_{ij} modelio paklaidos.

Sudarius modelį 1990 m. skerspjūvio duomenims gaunama, kad tiek eksportuojančios, tiek importuojančios šalies BVP turi teigiamą poveikį jų tarpusavio prekybai, o atstumas tarp šių šalių neigiamą. Tiesa, šių kintamųjų poveikiai yra šiek tiek silpnesni, nei sudarytame 1990 m. intuityviame gravitacijos modelyje. Taip pat dvišalei prekybai teigiamą poveikį daro bendros kalbos egzistavimas, bendro kolonizatoriaus egzistavimas, kolonijinių santykių turėjimas, ta pati religija, regioniniai susitarimai. Vis dėlto, gana netikėtas rezultatas gaunamas kaimynių šalių įverčio, kadangi jis rodo, kad jei šalys yra kaimyninės, prekyba tarp jų mažėja.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -9,8 + 0,94\ln Y_i + 0,71\ln Y_j - 1,27\ln(dist_{ij}) - 0,55contig + 1,14comlang_off + 0,67comcol + 1,43col45 + 0,25comrelig + 0,16fta_wto + 0,36rta_coverage + \varepsilon_{ij} \quad (44)$$

Sudarius modelį 2000 m. duomenims, gaunama, jog visi į modelį įtraukti kintamieji yra tiesiogiai proporcingi dvišalės prekybos apimčiai ir tik atstumas tarp jų daro neigiamą poveikį. 2000 m. modelyje nebelieka ir anksčiau gauto neigiamo poveikio kaimyninių šalių.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -14,5 + 1,02\ln Y_i + 0,81\ln Y_j - 1,17\ln(dist_{ij}) + 0,82contig + 0,33comlang_off + 1,32comcol + 2,43col45 + 0,08comrelig + 0,54fta_wto + 0,42rta_coverage + \varepsilon_{ij} \quad (45)$$

Galiausiai sudarius modelius 2010 m. ir 2020 m. skerspjuvio duomenims gaunami gana panašūs rezultatai (žiūrėti 44 ir 45 lygtis), tik keičiasi, jog religijos indeksas yra atvirkščiai proporcingas dvišalei prekybai.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -18,8 + 1,22\ln Y_i + 0,89\ln Y_j - 1,38\ln(dist_{ij}) + 0,78contig + 1,24comlang_off + 1,29comcol + 0,89col45 - 0,35comrelig + 0,32fta_wto + 0,45rta_coverage + \varepsilon_{ij} \quad (46)$$

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -21,67 + 1,25\ln Y_i + 0,97\ln Y_j - 1,33\ln(dist_{ij}) + 0,72contig + 0,95comlang_off + 1,35comcol + 0,83col45 - 0,07comrelig + 0,62fta_wto + 0,44rta_coverage + \varepsilon_{ij} \quad (47)$$

Visų sudarytų modelių F statistikos rodo, kad modeliuose egzistuoja bent vienas statistiškai reikšmingas kintamasis. Įvertinant atskirai kiekvieno kintamojo reikšmingumą, pastebima, kad eksportuojančios šalies BVP, importuojančios šalies BVP, atstumas tarp jų, ar tai kaimyninės šalys, ar jos turi bendrą kalbą, ar dalinasi bendru kolonizatoriumi, ar buvo kolonijiniuose santykiuose, koks yra regioninis prekybos susitarimas tarp jų yra statistiškai reikšmingi su 0,05 reikšmingumo lygmeniu (žiūrėti 6 lentelę). Tuo tarpu kintamasis, parodantis, ar šalys turi regioninių prekybos susitarimų, yra statistiškai nereikšmingas tik 1990 m. modelyje, o religijos regresorius reikšmingas tik 2010 m. modelyje. Kadangi pastarasis daugelyje modelių yra nereikšmingas, jį pašaliname.

6 lentelė. Struktūrinių gravitacijos modelių regresorių p reikšmės.

Regresorius\Modelio p reikšmė	1990 m.	2000 m.	2010 m.	2020 m.
Log(gdp_o)	< 2e-16 ***	< 2e-16 ***	< 2e-16 ***	< 2e-16 ***
Log(Gdp_d)	< 2e-16 ***	< 2e-16 ***	< 2e-16 ***	< 2e-16 ***
Log(dist)	< 2e-16 ***	< 2e-16 ***	< 2e-16 ***	< 2e-16 ***
contig	0.01159 *	3.96e-09 ***	1.07e-09 ***	3.39e-08 ***
Comlang_off	8.16e-09 ***	0.0048 **	< 2e-16 ***	< 2e-16 ***
comcol	0.02325 *	< 2e-16 ***	< 2e-16 ***	< 2e-16 ***
Col45	3.43e-05 ***	< 2e-16 ***	0.000335 ***	0.000122 ***
comrelig	0.21958	0.5888	0.004570 **	0.498679
Fta_wto	0.17065	1.58e-08 ***	0.001693 **	3.75e-12 ***
Rta_coverage	0.00489 **	2.33e-06 ***	2.82e-11 ***	5.36e-15 ***

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis.

Pašalinus religijos kintamąjį struktūriniai gravitacijos modeliai atrodo taip:

- 1990 m.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -9,52 + 0,94\ln Y_i + 0,7\ln Y_j - 1,28\ln(dist_{ij}) - 0,5contig + 1,2comlang_off + 0,57comcol + 1,39col45 + 0,18fta_wto + 0,38rta_coverage + \varepsilon_{ij} \quad (48)$$

- 2000 m.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -14,34 + 1,02\ln Y_i + 0,82\ln Y_j - 1,21\ln(dist_{ij}) + 0,82contig + 0,34comlang_off + 1,37comcol + 2,43col45 + 0,52fta_wto + 0,38rta_coverage + \varepsilon_{ij} \quad (49)$$

- 2010 m.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -18,73 + 1,22\ln Y_i + 0,89\ln Y_j - 1,4\ln(dist_{ij}) + 0,85contig + 1,09comlang_off + 1,37comcol + 1,12col45 + 0,39fta_wto + 0,41rta_coverage + \varepsilon_{ij} \quad (50)$$

- 2020 m.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -21,51 + 1,25\ln Y_i + 0,97\ln Y_j - 1,34\ln(dist_{ij}) + 0,84contig + 0,94comlang_off + 1,33comcol + 0,88col45 + 0,52fta_wto + 0,49rta_coverage + \varepsilon_{ij} \quad (51)$$

Nors sudarytuose modeliuose visi nepriklausomi kintamieji yra statistiškai reikšmingi, prieš darant galutines išvadas, kaip ir intuityviuose gravitacijos modeliuose, reikia patikrinti ar neegzistuoja multikolinearumo bei heteroskedastijos reiškiniai.

Suradus visiems sudarytiems modeliams VIF statistikas, paaiškėja, kad multikoninearumo problemos nėra, visos VIF reikšmės nesiekia 2,5, o tai gali reikšti nebent itin silpną koreliaciją tarp regresorių (žiūrėti 7 lentelę).

7 lentelė. *Struktūrinių gravitacijos modelių VIF reikšmės.*

Regresorius\Modelio VIF reikšmė	1990 m.	2000 m.	2010 m.	2020 m.
Log(gdp_o)	1,55	1,35	1,17	1,12
Log(Gdp_d)	1,59	1,28	1,11	1,1
Log(dist)	1,47	1,37	1,26	1,25
Comlang_off	1,34	1,28	1,24	1,25
comcol	2,15	1,48	1,44	1,31
Col45	2,38	1,83	1,52	1,3
comrelig	1,2	1,05	1,06	1,09
Fta_wto	1,21	1,12	1,03	1,05
Rta_coverage	1,3	1,16	1,05	1,08

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis.

Atlikus Breusch-Pagan testą, skirtą nustatyti heteroskedastijai, gauname panašius rezultatus, kaip ir intuityviame gravitacijos modelyje – atmetame nulinę hipotezę, kuri teigia jog modelio paklaidos homoskedastiškos (žiūrėti 8 lentelę). Todėl galima teigti, jog sudarytų modelių įverčiai nepasižymi efektyvumu. Vadinasi įtraukti papildomi reikšmingi kintamieji nepašalina heteroskedastijos problemos. Todėl yra verta pabandyti sudaryti modelį mažesniai imčiai, kuri apima tam tikrą grupę valstybių ar vieną valstybę, ir nustatyti ar heteroskedastijos problema atsiranda dėl per itin didelės imties, kuri lemia išskirčių ir asimetrijų atsiradimą.

8 lentelė. *Breusch-Pagan testo rezultatai intuityviems modeliams.*

Modelis	BP	df	p-value
1990 m.	54,638	9	1,428e-08
2000 m.	214,11	9	<2,2e-16
2010 m.	308,87	9	<2,2e-16
2020 m.	473,36	9	<2,2e-16

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis

Sudarius modelį tik Europos Sąjungai priklausančioms valstybėms, rezultatai nesikeičia – heteroskedacijos problema išlieka. Vis dėlto, sudarius modelius tik atitinkamoms valstybėms, problema turi išnykti. Todėl reikia pereiti prie fiksuotų efektų modelio.

Nepaisant heteroskedacijos problemos, kuri tikėtina, jog atsiranda dėl itin didelės imties, kurioje yra išskirčių, sukeltų skirtingų valstybių, negalima sakyti, jog nei šalių BVP nei prekybos kaštai neturi poveikio tarptautinei prekybai. Tik kyla klausimas, kuris modelis geriau tai įvertina – intuityvus ar struktūrinis gravitacijos? Tai galima patikrinti remiantis determinuotumo rodikliais, tokiais kaip determinacijos koeficientas (R^2), Akaike informacinis kriterijus (AIC) ar Bayesian informacinis kriterijus (BIC), kurie nustato modelio tinkamumo gerumą, bei prognozės tikslumo rodiklius, tokius kaip RMSE.

Apskaičiavus rezultatus 1990 m. ir 2000 m. skerspjūvio duomenims, visi determinuoto ir prognozės tikslumo rodikliai, nustato, jog geresnis yra struktūrinis gravitacijos modelis (žiūrėti 9 lentelę). Tačiau 2010 m. ir 2020 m. gaunami dviprasmiški rezultatai, determinacijos koeficientas bei RMSE rodo, kad tinkamesnis yra struktūrinis modelis, bet AIC ir BIC pateikia priešingus rezultatus – analizei geresnis yra intuityvus gravitacijos modelis.

9 lentelė. Modelių determinuotumo ir prognozės tikslumo rodikliai.

	Intuityvus gravitacijos modelis			
	R^2	AIC	BIC	RMSE
1990 m.	0,6143	42028,84	42064,66	2,18
2000 m.	0,6275	79391,27	79430,14	2,32
2010 m.	0,6151	95171,38	95211,01	2,49
2020 m.	0,6448	85932,02	85971,22	2,38
	Struktūrinis gravitacijos modelis			
	R^2	AIC	BIC	RMSE
1990 m.	0,8088	2600,85	2651,31	1,43
2000 m.	0,7816	7612,323	7679,77	1,66
2010 m.	0,7566	15406,52	15474,99	1,9
2020 m.	0,7601	22428,16	22500,7	1,93

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis.

Neatsižvelgiant į tai, kad nėra vieno sprendimo, kuris modelis geresnis, intuityvus ar struktūrinis, galima teigti, jog tiek prekiaujančių šalių BVP, tiek prekybos kaštai (atstumas, bendra kalba, bendro kolonizatoriaus egzistavimas, kolonijinių santykių turėjimas, regioniniai susitarimai) turi poveikį tarptautinei prekybai ir jų poveikis kinta skirtingais laikotarpiais. Vis dėlto, norint įvertinti tikslesnį modelį reikia pereiti prie fiksuotų efekto modelio, kuriame nebelieka heteroskedastitijos problemos ir gaunami efektyvūs įverčiai.

5.3. Gravitacijos modelis paneliniams duomenims

5.3.1. Intuityvus gravitacijos modelis

Sudarant intuityvų gravitacijos modelį naudojami buvo 1990 m., 2000 m. 2010 m. ir 2010 m. skerspjūvio duomenys, kad būtų galima pamatyti ar modelio rezultatai keičiasi laike. Kadangi pagal intuityvaus modelio principą, laiko kintamasis nėra įtraukiamas, tam kad būtų galima pamatyti ar gaunami skirtingi rezultatai tam tikrais laiko periodais, sudaromi trys duomenų rinkiniai: 1991-2000 m., 2001-2010 m., 2011-2020 m. periodams, o galiausiai sudaromas vienas bendras intuityvus gravitacijos modelis 1990-2020 m. laikotarpiui.

Sudarius intuityvų gravitacijos modelį 1991-2000 m. duomenims, gaunami visi statistiškai reikšmini įverčiai, todėl ir F statistika rodo, kad modelyje tikrai egzistuoja bent vienas statistiškai reikšmingas kintamasis (žiūrėti 1 priedą). Gauti įverčiai rodo, kad didėjant eksportuotojos BVP didėja ir jos eksporto apimtis, išaugus importuotojos BVP, išauga eksportuotojos šalies prekybos apimtis, o atstumas tarp šių šalių turi neigiamą poveikį prekybai.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -14,32 + 1,12 \ln(Y_i) + 0,83 \ln(Y_j) - 1,37 \ln(Atstumas_{ij}) + e_{ij} \quad (52)$$

Sudarius modelį sekančių 10 m. intervalui (2001-2010 m.), gaunami panašūs rezultatai – F statistika rodo, kad egzistuoja bent vienas statistiškai reikšmingas kintamasis, o įvertinus kiekvieną regresorių atskirai, galima matyti, jog kiekvieno iš jų p reikšmė yra mažesnė už 0,05 reikšmingumo lygmenį, o tai indikuoja, kad kintamieji turi reikšmingą poveikį dvišalės prekybos apimčiai (žiūrėti 2 priedą). Prekiaujančių šalių BVP yra tiesiogiai proporcingas prekybos apimčiai tarp jų, o atstumas atvirkščiai proporcingas.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -15,78 + 1,21 \ln(Y_i) + 0,84 \ln(Y_j) - 1,48 \ln(Atstumas_{ij}) + e_{ij} \quad (53)$$

Dar kartą atlikus skaičiavimus tolimesniam laiko periodui (2011-2020 m.), taip pat gaunama, kad tiek sudarytas modelis, tiek visi įtraukti regresoriai yra statistiškai reikšmingi (žiūrėti 3 priedą). Tiesa, galima atkreipti dėmesį, kad kaip ir sudarant modelius skerspjūvio duomenims, kuo labiau artėjama link šių dienų, tuo regresorių poveikis tarptautinei prekybai yra stipresnis. Todėl galima sakyti, kad šalys tampa vis labiau priklausomos viena nuo kitos bėgant laikui.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -18,57 + 1,31 \ln(Y_i) + 0,89 \ln(Y_j) - 1,54 \ln(Atstumas_{ij}) + e_{ij} \quad (54)$$

Įvertinus modelį kiekvienam periodui atskirai, galima pereiti prie bendro 1991-2020 m. intuityvaus gravitacijos modelio. Modelio F-statistika rodo, kad jis yra statistiškai reikšmingas, o įvertinus kiekvieną regresorių atskirai, taip pat matoma, kad visi įtraukti regresoriai yra statistiškai reikšmingi ir turi poveikį tarptautinės prekybos apimčiai (žiūrėti 4 priedą). Pavyzdžiui, jei eksportuotojos šalies BVP padidėtų 1 procentiniu punktu, jos eksporto apimtis išaugtų 1,18 procentinio punkto. Jeigu importuotojos šalies BVP išaugtų 1 procentiniu punktu, tai eksportas į tą šalį padidėtų 0,81 procentinio punkto. Tuo tarpu jei atstumas tarp dviejų prekiaujančių šalių padidėtų 1 procentiniu punktu, tai tarptautinė prekyba tarp jų sumažėtų 1,47 procentinio punkto. Todėl galima sakyti, kad tiek eksportuotojos BVP, tiek importuotojas BVP, tiek atstumas tarp jų, turi poveikį tarptautinei prekybai.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -14,83 + 1,18 \ln(Y_i) + 0,81 \ln(Y_j) - 1,47 \ln(Atstumas_{ij}) + e_{ij} \quad (55)$$

Nepaisant gautų statistiškai reikšmingų įverčių, tikslia jų interpretacija negalima pasitikėti, kadangi nėra patikrinta, ar tie regresoriai tarpusavyje nekoreliuoja ir ar modelio paklaidos yra homoskedastiškos. Todėl, kaip ir modeliams, sudarytiems iš skerspjūvio duomenų, reikia patikrinti ar neegzistuoja multikolinearumo bei heteroskedastijos problemos.

Suradus VIF reikšmes visų sudarytų modelių regresoriams, matoma, kad koeficiento reikšmės yra žemos ir arti 1 (žiūrėti 10 lentelę). Todėl galima daryti išvadą, jog kintamieji nėra vienas kito kartotiniai ir tarpusavyje nekoreliuoja, todėl modeliuose multikolinearumo problema neegzistuoja.

10 lentelė. *VIF reikšmės intuityvaus gravitacijos modelio regresorių.*

Modelis	Log(dist)	Log(gdp_o)	Ln(gdp_d)
1991-2000 m.	1,03	1,09	1,06
2001-2010 m.	1,02	1,05	1,03
2011-2020 m.	1,02	1,05	1,04
1991-2020 m.	1,02	1,05	1,03

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis.

Atlikus Breusch-Pagan testą, gaunama, kad p reikšmės yra mažesnės už 0,05 reikšmingumo lygmenį, o tai identifikuoja, kad reikia atmesti nulinę hipotezę, kuri sako, kad modelio paklaidos

yra vienodai pasiskirsčiusios (žiūrėti 11 lentelę). Todėl galima sakyti, jog visuose modeliuose egzistuoja heteroskedastijos problema.

11 lentelė. *Breusch-Pagan testo rezultatai intuityviems modeliams.*

Modelis	BP	df	p-value
1991-2000 m.	6669,1	3	<2,2e-16
2001-2010 m.	7752	3	<2,2e-16
2011-2020 m.	8990,5	3	<2,2e-16
1991-2020 m.	18378	3	<2,2e-16

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis

Apibendrinus, kaip ir sudarant intuityvų gravitacijos modelį skerspjūvio duomenis, taip ir paneliniams, gaunama, kad tiek prekiaujančių šalių BVP, tiek atstumas tarp jų, turi poveikį tarptautinei prekybai. Vis dėlto, nepaisant to, kad mažiausių kvadratų metodu gaunami nepaslinkti įverčiai, modeliuose nėra multikolinearumo problemos, yra pažeista viena iš MKM prielaidų. Visuose gautuose modeliuose egzistuoja heteroskedastija, o tai lemia, kad gauti įverčiai yra neefektyvūs.

5.2.2. Struktūrinis gravitacijos modelis

Sudarius intuityvius gravitacijos modelius paneliniams duomenims, galima pereiti prie struktūrinio. Jame prekybos kaštus sudaro ne tik atstumas tarp šalių, bet ir kiti reikšmingi kintamieji kaip bendra kalba, ar šalys yra kaimyninės ir kt.

Pirmiausiai sudarome modelį 1991-2000 m. duomenis. Modelio F statistika rodo, kad modelyje yra bent vienas reikšmingas regresorius, o žiūrint į kiekvieną kintamąjį atskirai, matoma, kad visi jie yra statistiškai reikšmingi (žiūrėti 5 priedą). Visi įtraukti regresoriai, išskyrus atstumas tarp šalių, yra tiesiogiai proporcingi dvišalei tarptautinei prekybai.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -11,83 + 0,99\ln Y_i + 0,76\ln Y_j - 1,31\ln(dist_{ij}) + 0,38contig + 0,74comlang_off + 1,17comcol + 2,09col45 + 0,24fta_wto + 0,45rta_coverage + \varepsilon_{ij} \quad (56)$$

Perėjus prie modelio skirtą 2001-2010 m. duomenis, rezultatai panašūs – modelis ir jo regresoriai yra reikšmingi (žiūrėti 6 priedą). Tiesa, galima atkreipti dėmesį, jog šiame modelyje

stipresnį poveikį eksportui turi, jei šalys yra kaimyninės. 1991-2000 m. modelyje, jei šalys turi bendrą sieną, prekyba tarp jų didesnė tik 0,38 procentinio punkto, o 2001-2010 m. modelyje didesnė 1,01.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -15,96 + 1,1\ln Y_i + 0,83\ln Y_j - 1,28\ln(dist_{ij}) + 1,01contig + 0,89comlang_off + 1,27comcol + 1,54col45 + 0,2fta_wto + 0,43rta_coverage + \varepsilon_{ij} \quad (57)$$

Sudarius modelį 2011-2020 m. duomenims, matoma, jog į modelį tikrai įtraukti statistiškai reikšmingi kintamieji (žiūrėti 7 priedą). Gauti įverčiai panašūs į jau anksčiau sudarytą modelį.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -19,83 + 1,24\ln Y_i + 0,92\ln Y_j - 1,39\ln(dist_{ij}) + 0,86contig + 0,88comlang_off + 1,31comcol + 1,02col45 + 0,3fta_wto + 0,44rta_coverage + \varepsilon_{ij} \quad (58)$$

Galiausiai sudarius bendrą modelį 1991-2020 m. taip pat gaunama, jog tiek modelis, tiek visi gauti įverčiai yra statistiškai reikšmingi (žiūrėti 8 priedą). Gautus įverčius galima interpretuoti taip: šalių, kurių BVP didesnis 1 procentiniu punktu, eksportas yra didesnis 1,14 procentinių punktų, jei priimančios šalies BVP didesnis 1 procentiniu punktu, eksportas iš atitinkamos šalies didesnis 0,85 procentinio punkto. Tuo tarpu, jei atstumas tarp prekiaujančių šalių yra didesnis 1 procentiniu punktu, tai prekyba tarp jų bus mažesnė 1,44 procentinio punkto. Jei šalys yra kaimyninės, prekyba tarp jų yra didesnė 0,73 procentinio punkto, lyginant su ne kaimyninėmis šalimis. Jei šalys dalinasi ta pačia kalba, prekyba tarp jų yra didesnė 0,89 procentinio punkto, lyginant su skirtingomis kalbomis šnekančiomis valstybėmis. Jeigu šalys dalinasi tuo pačiu kolonizatoriumi ar buvo kolonijiniuose santykiuose, prekyba atitinkamai yra didesnė 1,29 ir 1,42 procentinio punkto. Taip pat jei šalių pora turi prekybos susitarimų, prekyba tarp jų yra didesnė 0,16 procentinio punkto, ir jeigu susitarimai apima ne tik prekes, ar ne tik paslaugas, prekyba yra didesnė 0,35 procentinio punkto.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -15,68 + 1,14\ln Y_i + 0,85\ln Y_j - 1,44\ln(dist_{ij}) + 0,73contig + 0,89comlang_off + 1,29comcol + 1,42col45 + 0,16fta_wto + 0,35rta_coverage + \varepsilon_{ij} \quad (59)$$

Vis dėlto, nors MKM būdu gauti koeficientai yra visi statistiškai reikšmingi ir nepaslinkti, reikia patikrinti ar yra nepažeidžiamos modelio prielaidos. Kaip ir intuityvaus modelio atveju, pirmiausiai patikrinama, ar įtraukti regresoriai nekoreliuoja tarpusavyje. Suradus regresorių VIF

reikšmės visuose sudarytuose struktūriniuose gravitacijos modeliuose, pastebima, kad reikšmės vos viršija 1, todėl galima sakyti, kad nei viename iš modelių multikolinearumo problema neegzistuoja – regresoriai nėra vienas kito kartotiniai (žiūrėti 12 lentelę).

12 lentelė. *Struktūrinių gravitacijos modelių VIF reikšmės.*

Regresorius\Modelio VIF reikšmė	1991-2000 m.	2001-2010 m.	2011-2020 m.	1991-2020 m.
Log(gdp_o)	1,43	1,27	1,13	1,21
Log(Gdp_d)	1,34	1,22	1,09	1,15
Log(dist)	1,36	1,29	1,27	1,27
contig	1,28	1,25	1,24	1,24
Comlang_off	1,7	1,48	1,38	1,45
comcol	2,09	1,64	1,41	1,57
Col45	1,08	1,04	1,07	1,06
Fta_wto	1,12	1,05	1,06	1,04
Rta_coverage	1,17	1,05	1,05	1,06

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis.

Pereinant prie homoskedastijos tikrinimo, rezultatai gaunami kitokie. Yra pažeidžiama MKM prielaida, jog modelio paklaidos yra pasiskirsčiusios vienodai. Atliktas Breusch-Pagan testas rodo, kad nulinė hipotezė, tvirtinanti, kad paklaidos yra homoskedastiškos turi būti atmetama (žiūrėti 13 lentelę). Todėl gauti įverčiai yra neefektyvūs.

13 lentelė. *Breusch-Pagan testo rezultatai struktūriniams modeliams.*

Modelis	BP	df	p-value
1991-2000 m.	1401,1	9	<2,2e-16
2001-2010 m.	1895,4	9	<2,2e-16
2011-2020 m.	3539,7	9	<2,2e-16
1991-2020 m.	6046,8	9	<2,2e-16

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis

Apibendrinus panelinių duomenų struktūrinio gravitacijos modelio rezultatus, gaunama, jog gauti įverčiai yra statistiškai reikšmingi ir logiškai teisingi. Vis dėlto, nors modeliuose nesusiduriama su multikolinearumo problema, gaunama, jog paklaidos yra nevienodai pasiskirsčiusios ir įverčiai nėra patikimi, todėl reikia pereiti prie fiksuotų efektų modelio.

5.2.3. Fiksuotų efektų modelis

Išbandžius įvertinti intuityvų ir struktūrinį gravitacijos modelį, yra patartina pereiti prie fiksuotų efektų gravitacijos modelio. Pirmiausiai fiksuotus efektus suteikiame šaliai eksportuotojai ir šaliai importuotojai, o kaštų kintamuosius paimame tuos pačius, kaip ir struktūriniame modelyje. Sudarius fiksuotų efektų modelį 1991-2000 m. gaunama, kad pats modelis ir visi kintamieji, išskyrus regioninių prekybos susitarimų aprėpties (*rta_coverage*) yra statistiškai reikšmingi (žiūrėti 9 priedą).

$$\ln(Eksportas_{ij}) = 7,68 - 1,31dist + 0,45contig + 0,79comlang_{off} + 0,99comcol + 2,23col45 + 0,46fta_{wto} - 0,05rta_coverage + F_i + F_j + u_{ij} \quad (60)$$

Vis dėlto, patikrinus modelio VIF reikšmes, gaunama, jog egzistuoja multikolinearumo problema. Todėl pirmas žingsnis jo šaliname yra panaikinti nereikšmingą kintamąjį. Į modelį nebeįtraukus *rta_coverage*, multikolinearumo problema dingsta ir gaunamas modelis su visais statistiškai reikšmingais regresoriais, kurie nekoreliuoja tarpusavyje (žiūrėti 10 priedą).

$$\ln(Eksportas_{ij}) = 11,75 - 1,49dist + 0,83contig + 0,55comlang_{off} + 0,85comcol + 1,79col45 + 0,47fta_{wto} + F_i + F_j + u_{ij} \quad (61)$$

Perėjus prie sekančio laiko intervalo, taip pat gaunamas statistiškai reikšmingas modelis, kuriame visi įtraukti kaštų kintamieji, išskyrus atstumą, turi teigiamą poveikį dvišalei prekybai tarp šalių (žiūrėti 11 priedą). Įvertinus ar modelis susiduria su multikolinearumo problema, gaunama kad nepriklausomi kintamieji tarpusavyje nekoreliuoja.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = 12,16 - 1,61dist + 0,8contig + 0,67comlang_{off} + 0,75comcol + 1,64col45 + 0,59fta_{wto} + F_i + F_j + u_{ij} \quad (62)$$

Įvertinus modelį 2011-2020 m., gaunami panašūs rezultatai – multikolinearumo problemos nėra, modelis ir įtraukti regresoriai yra statistiškai reikšmingi (žiūrėti 12 priedą).

$$\ln(Eksportas_{ij}) = 12,44 - 1,67dist + 0,87contig + 0,72comlang_{off} + 0,86comcol + 1,54col45 + 0,44fta_{wto} + F_i + F_j + u_{ij} \quad (63)$$

Galiausiai sudarius bendrą 1991-2020 m. fiksuotų efektų gravitacijos modelį gaunama, kad jei atstumas tarp prekiaujančių šalių yra didesnis 1 procentiniu punktu, tai prekyba tarp jų bus mažesnė 1,51 procentinio punkto. Jei šalys yra kaimyninės, prekyba tarp jų yra didesnė 0,8 procentinio punkto, lyginant su ne kaimyninėmis šalimis. Jei šalys dalinasi ta pačia kalba, prekyba tarp jų yra didesnė 0,62 procentinio punkto, lyginant su skirtingomis kalbomis šnekančiomis valstybėmis. Jeigu šalys dalinasi tuo pačiu kolonizatoriumi ar buvo kolonijiniuose santykiuose, prekyba atitinkamai yra didesnė 0,75 ir 1,65 procentinio punkto. Taip pat jei šalių pora turi prekybos susitarimų, prekyba tarp jų yra didesnė 0,88 procentinio punkto. Vis dėlto, nors modelyje multikolinearumo problemos nėra, tačiau heteroskedastijos problema nedingo perėjus prie fiksuotų efektų, todėl galima sakyti, kad gauti įverčiai nėra efektyvūs – modelio paklaidos yra nevienodos sklaidos.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = 11,29 - 1,51dist + 0,8contig + 0,62comlang_{off} + 0,75comcol + 1,65col45 + 0,88fta_{wto} + F_i + F_j + u_{ij} \quad (64)$$

Dar viena rekomendacija literatūroje, norint sudaryti geriausią modelį, yra papildomas fiksuotų efektų suteikimas laiko kintamajam – šiuo atveju metams. Todėl be fiksuotų efektų šalims eksportuotojai ir importuotojai, juos suteikiame ir laiko rodikliui. Tokiu atveju modeliai atrodo taip:

- 1991-2000 m.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -99,8 - 1,51dist + 0,83contig + 0,56comlang_{off} + 0,86comcol + 1,8col45 + 0,41fta_{wto} + F_i + F_j + F_t + u_{ij} \quad (65)$$

- 2001-2010 m.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -251,8 - 1,65dist + 0,82contig + 0,68comlang_{off} + 0,77comcol + 1,64col45 + 0,45fta_{wto} + F_i + F_j + F_t + u_{ij} \quad (66)$$

- 2011-2020 m.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = 8,16 - 1,67dist + 0,87contig + 0,72comlang_{off} + 0,86comcol + 1,54col45 + 0,44fta_{wto} + F_i + F_j + F_t + u_{ij} \quad (67)$$

- 1991-2020 m.

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -129,5 - 1,62dist + 0,84contig + 0,65comlang_{off} + 0,82comcol + 1,66col45 + 0,43fta_{wto} + F_i + F_j + F_t + u_{ij} \quad (68)$$

Sudarius intuityvų, struktūrinių, fiksuotų efektų be ir su fiksuotais laiko efektais, galima pereiti prie jų palyginamumo, įvertinant determinuotumo bei prognozės tikslumo rodiklius. Lyginant intuityvius bei struktūrinius gravitacijos modelius tiek AIC, tiek BIC, tiek RMSE reikšmės rodo, kad tinkamesnis yra struktūrinis, o determinacijos koeficientas rodo, kad perėjimas nuo intuityvaus prie struktūrinio gravitacijos modelio, tarptautinės prekybos paaiškinimo galimybes padidina net apie 20 proc. (žiūrėti 14 lentelę). Tuo tarpu, perėjimas nuo struktūrinio prie fiksuotų efektų eksportuotojai ir importuotojai gravitacijos modelio, paaiškinimo galimybes net šiek tiek sumažina. AIC, BIC ir RMSE taip pat padidėja, kas rodo, jog struktūrinis modelis yra tinkamesnis. Vis dėlto, tokie rezultatai gaunami dėl išaugusių laisvės laipsnių skaičiaus dėl fiksuotų efektų. Galiausiai, lyginant fiksuotų efektų modelius tik eksportuotojai ir importuotojai su papildomais fiksuotais efektais ir laikui, pastarasis yra tinkamesnis analizei remiantis determinacijos koeficientu, AIC, BIC bei RMSE reikšmėmis.

14 lentelė. Modelių palyginamumo rodikliai.

Intuityvus gravitacijos modelis				
	R ²	AIC	BIC	RMSE
1991-2000 m.	0,6306	577116,4	577165,4	2,18
2001-2010 m.	0,6169	888114,8	888165,7	2,44
2011-2020 m.	0,6132	961479	961530,1	2,54
1991-2020 m.	0,5383	2458378	2458434	2,48
Struktūrinis gravitacijos modelis				
	R ²	AIC	BIC	RMSE
1991-2000 m.	0,8011	47485,47	47567,49	1,55
2001-2010 m.	0,7426	114408,5	114499,2	1,83
2011-2020 m.	0,7455	201867,6	201964,2	1,98
1991-2020 m.	0,7383	369780,1	369883,4	1,93
Fiksuotų efektų (šalims eksportuotojai ir importuotojai)				
	R ²	AIC	BIC	RMSE
1991-2000 m.	0,7389	531956,6	535664,8	1,833229
2001-2010 m.	0,7302	817331,9	821213,4	2,047036
2011-2020 m.	0,7424	872489,3	876455,5	2,066238
1991-2020 m.	0,7085	2279339	2283864	2,114142
Fiksuotų efektų (šalims eksportuotojai ir importuotojai bei metams)				
	R ²	AIC	BIC	RMSE
1991-2000 m.	0,7406	531113,4	534831,3	1,827332
2001-2010 m.	0,7389	811065,6	814957,3	2,013756
2011-2020 m.	0,7424	872489,6	876466	2,06623
1991-2020 m.	0,7272	2244366	2248902	2,044958

Sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis.

Apibendrinus, nors modelių palyginamumo rodikliai rodo skirtingus rezultatus, kuris modelis geriausias, visi sudaryti modeliai yra statistiškai reikšmingi, įtraukti kaštų regresoriai taip pat svarbūs ir turintys akivaizdų poveikį tarptautinei prekybai, kuris kinta skirtingais laikotarpiais. Pavyzdžiui fiksuotų efektų modelis parodo, kad laikui bėgant, ar šalys yra kaimyninės, ar jos dalinasi ta pačia kalba turi vis reikšmingesnį poveikį eksportui tarp šalių, bet kolojinių santykių poveikis vis silpnėja. Vis dėlto, nepaisant to, kad gauti įverčiai reikšmingi ir logiškai teisingi, regresoriai nėra vienas kito kartotiniai, gauti įverčiai yra neefektyvūs, yra pažeista prielaida, jog modelio paklaidos yra homoskedastiškos. Todėl, norint išvengti pastarosios problemos, anot gravitacijos modelio rekomendacijų, reikia pereiti prie Poisson pseudo didžiausio tikėtumo metodo, kuris šiuo metu laikomas tinkamiausias gravitacijos modelio sudarymui.

5.2.4. Poisson pseudo didžiausio tikėtinumo metodas

Remiantis rekomendacijomis, kurios teigia, kad vienas tinkamiausių metodų gravitacijos modeliui įvertinti yra Poisson pseudo didžiausio tikėtinumo metodas, o ne mažiausių kvadratų, sudaromas fiksuotų efektų Poisson pseudo gravitacijos modelis paneliniams duomenims. Taip pat remiantis literatūros patarimais, fiksuoti efektai suteikiami ne tik šaliai siuntėjai ir gavėjai, bet ir laikui.

Pirmiausiai sudarius modelį 1990-2000 m. duomenims, gaunama, kad kintamasis, parodantis, ar šalys dalinasi bendru kolonizatoriumi yra statistiškai nereikšmingas, todėl yra pašalinamas ir modelis atrodo taip:

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -109 - 0,56 \ln(dist) + 0,71contig + 0,17comlang_{off} + 0,33col45 + 0,78fta_{wto} + F_i + F_j + F_t + \ln(e_{ij}) \quad (69)$$

Pakartojus procesą 2001-2010 m. ir 2011-2020 m. duomenims, gaunama tokios modelio išraiškos:

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -177 - 0,64 \ln(dist) + 0,65contig + 0,004comlang_{off} + 0,38comcol + 0,41col45 + 0,57fta_{wto} + F_i + F_j + F_t + \ln(e_{ij}) \quad (70)$$

$$\ln(Eksportas_{ij}) = 14,59 - 0,64 \ln(dist) + 0,66contig + 0,038comlang_{off} + 0,58comcol + 0,59col45 + 0,48fta_{wto} + F_i + F_j + F_t + \ln(e_{ij}) \quad (71)$$

Sudaryti fiksuotų efektų Poisson pseudo modeliai, kaip ir fiksuotų efektų modeliai, įvertinti mažiausių kvadratų metodu, struktūrinis bei intuityvus gravitacijos modeliai, parodo, kad visi prekybos kaštus nusakantys kintamieji, išskyrus atstumą tarp šalių, turi teigiamą poveikį tarptautinei prekybai. Taip pat visi modeliai leidžia daryti išvadą, kad atstumas tarp šalių laikui bėgant turi vis stipresnį efektą. Vis dėlto, Poisson pseudo metodu gautas įvertis, parodantis kolonijinių santykių poveikį, tarplaikiniu požiūriu parodo priešingą tendenciją, nei vertinant mažiausių kvadratų metodu. Pastarajame, kolonijinių santykių turėjimo poveikis buvo blėstatantis,

tačiau Poisson pseudo gravitacijos modelis parodo, kad kitamasis turi vis reikšmingesnę poveikį. Taip pat modelis parodo, kad regioninių susitarimų poveikis tarptautinei prekybai yra silpsantis bėgant laikui.

Galiausiai, sudarius bendrą modelį visai 1991-2020 m. laiko eilutei gaunamas, toks Poisson pseudo fiksuotų efektų gravitacijos modelis:

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -95,1 - 0,63\ln(dist) + 0,68contig + 0,004comlang_{off} + 0,47comcol + 0,52col45 + 0,57fta_{wto} + F_i + F_j + F_t + \ln(e_{ij}) \quad (72)$$

Tačiau šiame gravitacijos modelyje ne visi įtraukti kintamieji yra statistiškai reikšmingi ir turi poveikį dvišalei prekybai. Anot modelio, fiktyvus kintamasis, parodantis, ar šalių pora turi tą pačią kalbą yra statistiškai nereikšmingas (žiūrėti 13 priedą). Todėl šis regresorius pašalinamas iš modelio. Tuomet gaunamas rezultatas, kad jei atstumas tarp prekiaujančių šalių yra didesnis 1 procentiniu punktu, prekyba tarp jų mažesnė 0,63 procentinio punkto, jei šalys yra kaimyninės, prekyba tarp jų yra didesnė 0,68 procentinio punkto, lyginant su ne kaimyninėmis šalimis. Jeigu šalys dalinasi tuo pačiu kolonizatoriumi ar buvo kolonijiniuose santykiuose, prekyba atitinkamai yra didesnė 0,47 ir 0,52 procentinio punkto. Taip pat, jei šalių pora turi prekybos susitarimų, prekyba tarp jų yra didesnė 0,57 procentinio punkto (žiūrėti 14 priedą).

$$\ln(Eksportas_{ij}) = -95,1 - 0,63\ln(dist) + 0,68contig + 0,47comcol + 0,52col45 + 0,57fta_{wto} + F_i + F_j + F_t + \ln(e_{ij}) \quad (73)$$

Apibendrinus, Poisson pseudo didžiausio tikėtinino metodu gautas gravitacijos modelis, patvirta gautus rezultatus intuityvaus, struktūrinio bei fiksuotų efektų modelių pagalba. Dvišalei prekybai prekybos kaštai turi poveikį. Kuo atstumas tarp šalių yra didesnis, tuo didesnė tikimybė, kad prekyba tarp jų bus mažesnė, lyginant su kaimyninėmis šalimis. Taip pat itin svarbų poveikį turi ir bendro kolonizatoriaus ar kolonijinių santykių turėjimas bei regioninių susitarimų egzistavimas, kurie didina dvišalės tarptautinės prekybos apimtį. Kaip ir kiti modeliai, Poisson pseudo taip pat parodo, kad laikui bėgant atstumas tarp šalių turi vis reikšmingesnę poveikį tarp jų, tačiau priešingai nei fiksuotų efektų modelis, jis taip pat atskleidžia, kad regioniai prekybos susitarimai turi vis mažesnę svarbą prekyboje.

IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

1. Modelio, kuris nagrinėja tarptautinę prekybą atsižvelgiant į prekiaujančių šalių ekonomikos dydį bei prekybos kaštus, pradininku laikomas J. Tinbergen. 1962 m. jis pristatė teoriją, kuri teigia, jog dvišalei prekybai teigiamą poveikį turi eksportuotojos bei importuotojos BVP, o neigiamą atstumas tarp jų (Shepherd, 2016). Toliau tyrėjai šį modelį stengėsi pritaikyti prekybos teorijai ir galiausiai buvo sukurtas empiriniams tyrimams pritaikytas universalus struktūrinis gravitacijos modelis, į kurį vietoje atstumo tarp šalių įtraukiami kiti veiksniai, turintys poveikį prekybos kaštams, kaip bendra siena, regioniniai susitarimai, bei „daugiašaliai pasipriešinimai“, kurie neleidžia padaryti „aukso medalio“ klaidos (World Trade Organization, 2012);

2. Nors iš pirmo žvilgsnio gali atrodyti, jog mažiausių kvadratų metodas yra tinkamas gravitacijos lygties parametrų įvertinimui, nes turi paprastos tiesinės regresijos pavidalą, tačiau dėl autokoreliacijos, heteroskedastijos, heterogeniškumo tikimybės geresniu metodu modelio išmatavimui yra laikomas Poisson pseudo didžiausio tikėtinumo metodas (Kabir ir kt. 2017). Be to, modelio išmatavimui patartina naudoti ne skerspjūvio, o panelinius duomenis, kurie suteikia galimybę rezultatus palyginti laiko atžvilgiu. Be Poisson pseudo didžiausio tikėtinumo metodo ir panelinių duomenų rinkinio, į modelį taip pat vertėtų įtraukti fiksuotus šalies importuotojos bei eksportuotojos efektus, kurie suteikia galimybę išmatuoti kintamųjų poveikį tarptautinei prekybai pagal prekiaujančias šalis (World Trade Organization, 2016);

3. Kadangi gravitacijos modelis yra lankstus ir nesunkiai pritaikomas analizuojamos problemos tyrimui, mokslininkai jį naudoja tiek kažkurios valstybės prekybos potencialui tirti, tiek tam tikros valstybių grupės, kaip EBPO ar EU, dvišalės užsienio prekybos nagrinėjimui. Be to, gravitacijos modelį galima pritaikyti ne tik bendram šalių eksporto/importo tyrimui, bet ir tam tikro sektoriaus ar prekių grupės tarptautinei prekybai analizuoti. Taip pat jis yra geras būdas nagrinėti trumpalaikių šokų poveikį užsienio prekybai.

4. Pirmiausiai įvertinus pirminį intuityvų gravitacijos modelį mažiausių kvadratų metodu skerspjūvio duomenims, buvo gauta, kad atstumas tarp šalių, tiek šalies siuntėjos, tiek šalies gavėjos BVP turi reikšmingą poveikį tarptautinei prekybai tarp jų ir jis yra vis stipresnis pereinant prie vėliausių laikotarpių. Pavyzdžiui, 1990 m. duomenis gaunama, kad prekyba tarp dviejų šalių yra mažesnė 1,29 p.p., jei atstumas tarp jų yra 1 p.p. didesnis, jei šalies siuntėjos BVP yra 1 p.p. didesnis, eksportas iš jos yra 1,025 p.p. didesnis, o jei šalies gavėjos BVP 1 p.p. didesnis, eksportas į ją yra 0,81 p.p. didesnis. 2020 m. modeliui atitinkamai gaunama, 1,52, 1,34 ir 0,92 p.p. Įvertinus

bendrą intuityvų gravitacijos modelį paneliniams duomenis, pastebima, kad rezultatai yra labai panašūs kaip ir vertinant modelį skerspjūvio duomenims.

Perėjus prie sudėtingesnių gravitacijos modelio versijų – struktūrinio gravitacijos modelio, fiksuotų efektų gravitacijos modelio, kuriuose prekybos kaštus sudaro ne tik atstumas tarp šalių, gaunami panašūs rezultatai vertinant skerspjūvio duomenis skirtingiems laikotarpiams bei panelinius duomenis, įvedant fiksuotus efektus tik šalims eksportuotojai ir importuotojai ar papildomai įtraukus laiko fiksuotus efektus. Nepaisant to, visi modeliai patvirtina intuityviu gravitacijos modeliu gautus rezultatus – BVP ir prekybos kaštai turi poveikį tarptautinei prekybai ir jis kinta laike – prekiaujančių šalių BVP ir atstumas pasižymi vis stiprėjančiu poveikiu. Fiksuotų efektų modelis taip pat atskleidžia, kad ar šalys yra kaimyninės, ar jos dalinasi ta pačia kalba turi vis reikšmingesnę poveikį eksportui tarp šalių, tačiau kolojinių santykių poveikis vis silpnėja. Bendru fiksuotų efektų gravitacijos modelio atveju, gaunama, jog, jei atstumas tarp prekiaujančių šalių yra didesnis 1 p.p., tai prekyba tarp jų mažesnė apie 1,62 p.p., jei šalys yra kaimyninės, prekyba tarp jų yra didesnė apie 0,84 procentinio punkto, jei šalys dalinasi ta pačia kalba, prekyba tarp jų yra didesnė apie 0,65 procentinio punkto. Jeigu šalys dalinasi tuo pačiu kolonizatoriumi ar buvo kolonijiniuose santykiuose, prekyba atitinkamai yra didesnė maždaug 0,82 ir 1,66 procentinio punkto. Taip pat jei šalių pora turi prekybos susitarimų, prekyba tarp jų yra didesnė apie 0,43 procentinio punkto.

Nepaisant to, kad tiek intuityviu, tiek struktūriniu gravitacijos modeliu gaunami statistiškai reikšmingi rezultatai, neegzistuoja multikolinearumo problema, teigti, kad gauti įverčiai efektyvūs negalima, kadangi visi modeliai pasižymi heteroskedastija. Todėl, remiantis literatūros rekomendacijomis, pereinama nuo mažiausių kvadrato prie Poisson pseudo didžiausio tikėtimumo metodo. Sudarius Poisson pseudo fiksuotų efektų gravitacijos modelį, anksčiau gauti įverčiai šiek tiek pasikeičia, tačiau nepakeičia išvadų – atstumas tarp šalių, ar šalys yra kaimyninės, ar jos dalinasi bendra kalba, bendro kolonizatoriaus ar buvimo kolonijiniuose santykiuose, prekybos susitarimų egzistavimas turi poveikį tarptautinei prekybai tarp dviejų šalių. Vis dėlto, Poisson pseudo gravitacijos modelis suteikia ir priešingų įžvalgų nei mažiausių kvadratų metodu vertintas fiksuotų efektų modelis. Anot jo, kolonijinių santykių poveikis tarplaikiniu požiūriu turi vis reikšmingesnę poveikį, bet regioninių susitarimų poveikis tarptautinei prekybai silpsta bėgant laikui.

5. Atsižvelgiant į atliktą tarptautinės prekybos analizę gravitacinio modelio pagalba, ateities tyrimai galėtų plačiau taikyti tarplaikinį palyginamumą, tam tikrų šalies ar jų grupių atžvilgiu. Taip pat tyrimą galima būtų atlikti labiau detalizuotiems duomenis, išskaidant juos pagal sektorius, kas leistų atrasti naujų įžvalgų, kurie sektoriai yra jautriausi prekybos kaštams bei kokios rinkos yra ar galėtų būti patrauklios verslui. Be to, modelį būtų naudinga papildyti veiksniais kaip

inovacijų indeksas ar skaitmenizacijos lygis, kurie atskleistų technologinio progreso poveikį tarptautinei prekybai. Kadangi, remiantis rezultatais, prekyba tarp kaimyninių šalių turi vis stipresnį poveikį, nepaisant to, kad dabar prekiauti su tolimesnėmis šalimis yra paprasčiau nei buvo prieš 30 metų, be modelio modifikacijų ateities tyrimams, taip pat galima skirti dėmesio politinėms priemonėms. Pavyzdžiui regioninių prekybos susitarimų skatinimas bei transporto infrastruktūros tobulinimas, leistų didinti prekybą ne tik tarp kaimyninių šalių, bet ir skatintų prekiauti su tolimesnėmis, net kitų kontinentų šalimis.

LITERATŪRA IR ŠALTINIAI

- Anderson, J. E. (2011). The Gravity Model. *Annual Review of Economics*, 3(1), 133-160.
<https://doi.org/10.1146/annurev-economics-111809-125114>
- Baier, S. ir Standaert, S. (2020). Gravity Models and Empirical Trade. Iš *Oxford Research Encyclopedia of Economics and Finance*.
<https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190625979.013.327>
- Balabonienė, I., Bliekienė, R. ir Stundžienė, A. (2013). *Ekonometrija. Praktinis regresijos ir laiko eilučių modelių taikymas*. Technologija.
- Bertrand, T. J. (2022). International trade. *Britanika*. [Žiūrėta 2022-12-13].
<https://www.britannica.com/topic/international-trade>
- Bobbitt, Z. (2020). The Breusch-Pagan Test: Definition & Example. Žiūrėta 2024-04-13. Prieiga internetu: <https://www.statology.org/breusch-pagan-test/>
- Buongiorno, J. (2016). Gravity models of forest products trade: applications to forecasting and policy analysis. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 89 (2), 117-126.
<https://doi.org/10.1093/forestry/cpw005>
- CEPII. Gravity. Žiūrėta 2024-04-13. Prieiga internetu:
http://www.cepii.fr/CEPII/en/bdd_modele/bdd_modele_item.asp?id=8
- Economics Online. (2020). Gravity theory. [Žiūrėta 2022-12-13].
https://www.economicsonline.co.uk/global_economics/gravity_theory_of_trade.html/
- ESCAP. (2012). Alternative Gravity Model Estimators.
https://www.unescap.org/sites/default/d8files/6%20-%204.%20Alternative%20Gravity%20Model%20Estimators_0.pdf
- F Test. ScienceDirect. Žiūrėta 2024-04-13. Prieiga internetu:
<https://www.sciencedirect.com/topics/mathematics/f-test>
- Hayakawa, K. ir Mukunoki, H. (2021). The impact of COVID-19 on international trade: Evidence from the first shock. *Journal of the Japanese and International Economies* 60.
<https://doi.org/10.1016/j.jjie.2021.101135>
- Head, K. ir Mayer, Th. (2014). Gravity Equations: Workhorse, Toolkit, and Cookbook. *Handbook of International Economics* 4, 131-195. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-54314-1.00003-3>
- Irwin, D. A. (2001). A Brief History of International Trade Policy. Econlib.
<https://www.econlib.org/library/Columns/Irwintrade.html>

- Kabir, M., Salim, R. ir Al-Mawali, N. (2017). The gravity model and trade flows: Recent developments in econometric modeling and empirical evidence. *Economic Analysis and Policy*, 56, 60-71. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2017.08.005>
- Karagoz, K. ir Saray, M. O. (2010). Trade Potential of Turkey with Asia-Pacific Countries: Evidence from Panel Gravity Model. *International Economics Studies* 36(1), 19-26. <https://doi.org/10.22108/ies.2022.15523>
- Kuik, O., Branger, F. ir Quirion, Ph. (2019). Competitive advantage in the renewable energy industry: Evidence from a gravity model. *Renewable Energy* 131, 472-481. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.046>
- Larson, J., Baker, J., Latta, G., Ohrel, S. ir Wade, Ch. (2018). Modeling International Trade of Forest Products: Application of PPML to a Gravity Model of Trade. *Forest Products Journal* 68 (3), 303-316. <https://meridian.allenpress.com/fpj/article/68/3/303/73738/Modeling-International-Trade-of-Forest-Products>
- Maciejewski, M. ir Wach, K. (2019). What determines export structure in the EU countries? The use of gravity model in international trade based on the panel data for the years 1995-2015. *Journal of International Studies* 12(1), 151-167. 10.14254/2071-8330.2019/12-1/10
- Maddala, G. S. (1992). *Introduction to Econometrics* (2nd ed.). Macmillan publishing company.
- Mishra, A. K., Gadhia, J. N., Kubendran, N. ir Sahoo, M. (2015). Trade Flows between India and Other BRICS Countries: An Empirical Analysis Using Gravity Model. *Global Business Review* 16(1), 107-122. <https://doi.org/10.1177/0972150914553523>
- Nevil, S. (2024). Coefficient of Determination: How to Calculate It and Interpret the Result. Žiūrēta 2024-04-13. Prieiga internetu: <https://www.investopedia.com/terms/c/coefficient-of-determination.asp>
- Shahriar, S., Qian, L. ir Kea, S. (2018). China's economic integration with the Greater Mekong Sub-region: An empirical analysis by a panel dynamic gravity model. *Economics E-Journal*. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/179241/1/1023617579.pdf>
- Shepherd, B. (2016). The Gravity Model of International Trade: A User Guide. United Nations publication. <https://www.unescap.org/resources/gravity-model-international-trade-user-guide-updated-version>
- Taqi, M. , Shah, S. Z. A., Mazhar, F., Sibt-e-Ali, M. ir Raza S. M. F. (2021). An Empirical analysis of the Influencing Factors of Foreign Trade in Pakistan: Based on the Gravity Model. *Indian Journal of Economics and Business* 20(1), 389-404. <http://www.ashwinanokha.com/resources/27.%20ijeb-raj%20No.%201.pdf>

- The World Bank. Exports of goods and services (current US\$). Žiūrėta 2024-04-13. Prieiga internetu: <https://data.worldbank.org/indicator/NE.EXP.GNFS.CD>
- The World Bank. GDP (current US\$). Žiūrėta 2024-04-13. Prieiga internetu: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD>
- Variance Inflation Factor (VIF). Investopedia. (2023). Žiūrėta 2024-04-13. Prieiga internetu: <https://www.investopedia.com/terms/v/variance-inflation-factor.asp>
- Wang, Ch., Wei, Y. ir Liu, X. (2010). Determinants of Recent Trade Flows in OECD Countries: Evidence from Gravity Panel Data Models. *World Economy* 33(7), 894-915. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9701.2009.01245.x>
- World Trade Organization. (2012). A Practical Guide to Trade Policy Analysis. https://www.wto.org/english/res_e/publications_e/wto_unctad12_e.pdf
- World Trade Organization. (2016). An Advanced Guide to Trade Policy Analysis: The Structural Gravity Model. https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/advancedwtounctad2016_e.pdf

DIFFERENT PERIODS' INTERNATIONAL TRADE ANALYSIS USING THE GRAVITY MODEL

GERDA UTAKYTĖ

Master thesis

Economic analytics

Vilnius University, Faculty of Economics and Business Administration

Supervisor – Dr. Vaiva Petrylė

SUMMARY

66 pages, 14 tables, 1 picture, 30 references.

The main purpose of this master thesis is to investigate the effects of economic size and trade costs on international trade over different periods, based on the gravity model.

The work consists of three main parts: the analysis of literature, the research and its results, conclusion and recommendations.

The literature review examines the construction of the gravity model, its evolution, and the work of other researchers. It was revealed that the first intuitive gravity model was based on Newton's theory of gravity, which states that bilateral trade is positively influenced by the GDP of the exporter and importer and negatively affected by the distance between them. Researchers later sought to adapt this model to trade theory, eventually developing a universal structural gravity model suitable for empirical research. This model incorporates other factors affecting trade costs, such as shared borders, regional agreements, and others, instead of merely the distance between countries. Scholars use the model to study the trade potential of individual countries as well as bilateral trade between specific groups of countries, such as the OECD or the EU. Additionally, the gravity model can be applied not only to the overall analysis of countries' exports and imports but also to the examination of international trade in specific sectors or product groups. It is also an effective tool for analyzing the impact of short-term shocks on foreign trade.

During the research, intuitive, structural, fixed-effects, and Poisson pseudo-gravity models were constructed for both cross-sectional and panel data. The analysis revealed that statistically significant results can be obtained using both intuitive and structural gravity models, and no multicollinearity issues exist. However, it cannot be concluded that the obtained estimates are efficient, as all models exhibit heteroskedasticity. Therefore, based on literature recommendations, the analysis transitioned from the ordinary least squares (OLS) method to the Poisson pseudo-maximum likelihood (PPML) method. After constructing the Poisson pseudo fixed-effects gravity model, the previously obtained estimates changed slightly but did not alter the conclusions: the distance between countries, whether the countries are neighbours, whether they share a common language, colonial ties, or have had colonial relationships, and the existence of trade agreements all influence bilateral trade between countries. Nevertheless, the Poisson pseudo gravity model provides contrasting insights compared to the fixed-effects model evaluated using OLS. According to the PPML model, the impact of colonial ties on trade becomes increasingly significant over time, whereas the influence of regional agreements on international trade diminishes.

The conclusions and recommendations synthesize the findings from the literature review and empirical analysis, providing guidance for future research and policy measures.

PRIEDAI

1 Priedas

1991-2000 m. intuityvaus gravitacijos modelio rezultatai

```
Call:
lm(formula = log(tradeflow_comtrade_o) ~ log(dist) + log(gdp_o) +
    log(gdp_d), data = dr90)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-13.0975  -1.2041   0.1244   1.3887   9.9066
```

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -14.316544   0.088971  -160.9   <2e-16 ***
log(dist)    -1.373369   0.007039  -195.1   <2e-16 ***
log(gdp_o)    1.128298   0.002945   383.2   <2e-16 ***
log(gdp_d)    0.837507   0.002542   329.5   <2e-16 ***
---
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.184 on 131155 degrees of freedom
(224627 stebėjimai panaikinti dėl netrūkstamųjų)
Multiple R-squared: 0.6306, Adjusted R-squared: 0.6306
F-statistic: 7.462e+04 on 3 and 131155 DF, p-value: < 2.2e-16

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis

2 Priedas

2001-2010 m. intuityvaus gravitacijos modelio rezultatai

```
Call:
lm(formula = log(tradeflow_comtrade_o) ~ log(dist) + log(gdp_o) +
    log(gdp_d), data = dr00)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-17.8243  -1.2878   0.1797   1.5550  11.9732
```

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -15.777153   0.084421  -186.9   <2e-16 ***
log(dist)    -1.475137   0.006525  -226.1   <2e-16 ***
log(gdp_o)    1.218227   0.002694   452.2   <2e-16 ***
log(gdp_d)    0.838113   0.002370   353.6   <2e-16 ***
---
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.442 on 192088 degrees of freedom
(198007 stebėjimai panaikinti dėl netrūkstamųjų)
Multiple R-squared: 0.6169, Adjusted R-squared: 0.6169
F-statistic: 1.031e+05 on 3 and 192088 DF, p-value: < 2.2e-16

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis

2011-2020 m. intuityvaus gravitacijos modelio rezultatai

```
Call:
lm(formula = log(tradeflow_comtrade_o) ~ log(dist) + log(gdp_o) +
    log(gdp_d), data = dr10)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-18.0096  -1.2608   0.2397   1.5604  14.2767
```

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -18.570571   0.089408  -207.7  <2e-16 ***
log(dist)    -1.538327   0.006683  -230.2  <2e-16 ***
log(gdp_o)    1.313080   0.002814   466.7  <2e-16 ***
log(gdp_d)    0.888980   0.002479   358.6  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 2.535 on 204627 degrees of freedom
(181981 stebėjimas panaikintas dėl netrūkstamumo)
Multiple R-squared:  0.6132,    Adjusted R-squared:  0.6132
F-statistic: 1.081e+05 on 3 and 204627 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis

1991-2020 m. intuityvaus gravitacijos modelio rezultatai

```
Call:
lm(formula = log(tradeflow_comtrade_o) ~ log(dist) + log(gdp_o) +
    log(gdp_d), data = dr20)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-18.3224  -1.2865   0.2255   1.5797  12.6669
```

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -14.825663   0.051463  -288.1  <2e-16 ***
log(dist)    -1.466158   0.004026  -364.2  <2e-16 ***
log(gdp_o)    1.184510   0.001653   716.7  <2e-16 ***
log(gdp_d)    0.809451   0.001440   562.3  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 2.483 on 527878 degrees of freedom
(604615 stebėjimų panaikinta dėl netrūkstamumų)
Multiple R-squared:  0.5983,    Adjusted R-squared:  0.5983
F-statistic: 2.62e+05 on 3 and 527878 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis

1991-2000 m. struktūrinio gravitacijos modelio rezultatai

```
Call:
lm(formula = log(tradeflow_comtrade_o) ~ log(gdp_o) + log(gdp_d) +
    log(dist) + contig + comlang_off + comcol + col45 + fta_wto +
    rta_coverage, data = dr90)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-9.7725 -0.7071  0.1108  0.9098  7.1213
```

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -11.832660   0.221985 -53.304 < 2e-16 ***
log(gdp_o)    0.994613   0.007305  136.147 < 2e-16 ***
log(gdp_d)    0.755588   0.006764  111.715 < 2e-16 ***
log(dist)    -1.307991   0.018192  -71.898 < 2e-16 ***
contig        0.379864   0.049973   7.601 3.13e-14 ***
comlang_off   0.743206   0.042819  17.357 < 2e-16 ***
comcol        1.170185   0.060873  19.223 < 2e-16 ***
col45         2.090588   0.091474  22.855 < 2e-16 ***
fta_wto       0.237932   0.030960   7.685 1.64e-14 ***
rta_coverage  0.445966   0.030607  14.571 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 1.548 on 12780 degrees of freedom
(342996 stebėjimai panaikinti dėl netrūkstančių)
Multiple R-squared:  0.8012,    Adjusted R-squared:  0.8011
F-statistic: 5724 on 9 and 12780 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis

2001-2010 m. struktūrinio gravitacijos modelio rezultatai

```
Call:
lm(formula = log(tradeflow_comtrade_o) ~ log(gdp_o) + log(gdp_d) +
    log(dist) + contig + comlang_off + comcol + col45 + fta_wto +
    rta_coverage, data = dr00)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-14.934 -0.860   0.141   1.043   7.975
```

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -15.964986   0.162010 -98.543 < 2e-16 ***
log(gdp_o)    1.102923   0.005858  188.271 < 2e-16 ***
log(gdp_d)    0.832892   0.005512  151.096 < 2e-16 ***
log(dist)    -1.280150   0.013175  -97.168 < 2e-16 ***
contig        1.005091   0.039995  25.130 < 2e-16 ***
comlang_off   0.892575   0.031795  28.073 < 2e-16 ***
comcol        1.267882   0.043606  29.076 < 2e-16 ***
col45         1.537957   0.084046  18.299 < 2e-16 ***
fta_wto       0.204338   0.031167   6.556 5.62e-11 ***
rta_coverage  0.427706   0.022387  19.105 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 1.833 on 28239 degrees of freedom
(361850 stebėjimų panaikinta dėl netrūkstančių)
Multiple R-squared:  0.7427,    Adjusted R-squared:  0.7426
F-statistic: 9057 on 9 and 28239 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis

2011-2020 m. struktūrinio gravitacijos modelio rezultatai

```
Call:
lm(formula = log(tradeflow_comtrade_o) ~ log(gdp_o) + log(gdp_d) +
    log(dist) + contig + comlang_off + comcol + col45 + fta_wto +
    rta_coverage, data = dr10)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-16.9907  -0.8890   0.1735   1.1437   8.7366
```

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -19.832989   0.143856  -137.87  <2e-16 ***
log(gdp_o)    1.241316   0.004806   258.30  <2e-16 ***
log(gdp_d)    0.920877   0.004353   211.57  <2e-16 ***
log(dist)    -1.387496   0.009557  -145.18  <2e-16 ***
contig        0.864048   0.039260    22.01  <2e-16 ***
comlang_off   0.878715   0.028076    31.30  <2e-16 ***
comcol        1.309387   0.038330    34.16  <2e-16 ***
col45         1.020770   0.069356    14.72  <2e-16 ***
fta_wto        0.304503   0.025233    12.07  <2e-16 ***
rta_coverage  0.442269   0.018508    23.90  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 1.977 on 48043 degrees of freedom
(338559 stebėjimai panaikinti dėl netrukstamųjų)
Multiple R-squared:  0.7456,    Adjusted R-squared:  0.7455
F-statistic: 1.564e+04 on 9 and 48043 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis

2011-2020 m. struktūrinio gravitacijos modelio rezultatai

```
Call:
lm(formula = log(tradeflow_comtrade_o) ~ log(gdp_o) + log(gdp_d) +
    log(dist) + contig + comlang_off + comcol + col45 + fta_wto +
    rta_coverage, data = dr20)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-17.0280  -0.8539   0.1629   1.1121   9.1018
```

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -15.678478   0.096767  -162.024  <2e-16 ***
log(gdp_o)    1.141520   0.003412   334.598  <2e-16 ***
log(gdp_d)    0.848495   0.003137   270.494  <2e-16 ***
log(dist)    -1.443791   0.007046  -204.897  <2e-16 ***
contig        0.738054   0.025610    28.819  <2e-16 ***
comlang_off   0.890906   0.019612    45.427  <2e-16 ***
comcol        1.288606   0.026937    47.837  <2e-16 ***
col45         1.415712   0.048474    29.205  <2e-16 ***
fta_wto        0.162174   0.017278     9.386  <2e-16 ***
rta_coverage  0.349288   0.013195    26.472  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 1.928 on 89082 degrees of freedom
(1043405 stebėjimai panaikinti dėl netrukstamųjų)
Multiple R-squared:  0.7383,    Adjusted R-squared:  0.7383
F-statistic: 2.793e+04 on 9 and 89082 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis

1991-2000 m. fiksuotų efektų modelio rezultatai.

```
Call:
lm(formula = log(tradeflow_comtrade_o) ~ log(dist) + contig +
    comlang_off + comcol + col45 + fta_wto + rta_coverage + iso3_o +
    iso3_d, data = dr90)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-8.4478 -0.5233  0.0538  0.5860  5.9241
```

```
Coefficients: (7 not defined because of singularities)
```

```
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  7.68002    0.23829   32.230 < 2e-16 ***
log(dist)    -1.31492    0.02408  -54.605 < 2e-16 ***
contig       0.44695    0.04825    9.264 < 2e-16 ***
comlang_off  0.48771    0.05292    9.216 < 2e-16 ***
comcol       0.99001    0.08050   12.298 < 2e-16 ***
col45        2.22744    0.09462   23.542 < 2e-16 ***
fta_wto      0.45799    0.03634   12.603 < 2e-16 ***
rta_coverage -0.05317    0.04138   -1.285  0.198877
iso3_oARE     7.50101    0.36186   20.729 < 2e-16 ***
iso3_oARG    12.17600    0.35376   34.419 < 2e-16 ***
iso3_oARM     3.20146    0.42747    7.489 7.38e-14 ***
iso3_oAUS    12.90966    0.42168   30.615 < 2e-16 ***
iso3_oAUT     8.42093    0.15070   55.878 < 2e-16 ***
iso3_oAZE     4.72346    0.41317   11.432 < 2e-16 ***
iso3_oBEL     9.67982    0.14595   66.322 < 2e-16 ***
iso3_oBEN     3.58908    0.27413   13.093 < 2e-16 ***
iso3_oBFA     4.13215    0.28078   14.717 < 2e-16 ***
iso3_oBGD    10.32358    0.31926   32.336 < 2e-16 ***
iso3_oBGR     6.24122    0.16801   37.148 < 2e-16 ***
iso3_oBHR     5.12306    0.36207   14.149 < 2e-16 ***
iso3_oBHS     2.90717    0.30693    9.472 < 2e-16 ***
iso3_oBLR     7.14049    0.49418   14.449 < 2e-16 ***
iso3_oBLZ     4.73346    0.27337   17.315 < 2e-16 ***
iso3_oBMU     0.11487    0.30041    0.382  0.702202
iso3_oBRA    14.57357    0.35273   41.316 < 2e-16 ***
iso3_oBRB     6.42266    0.26072   24.634 < 2e-16 ***

iso3_dLBY     5.00129    0.20001   25.006 < 2e-16 ***
iso3_dLBN     4.63387    0.14966   30.963 < 2e-16 ***
iso3_dLBR     1.86860    0.27759    6.732 1.75e-11 ***
iso3_dLCA     0.91814    0.19772    4.644 3.46e-06 ***
[ pasiekė getOption("max.print") -- praleista 51 eilutė ]
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 1.195 on 12546 degrees of freedom
(342996 stebėjimai panaikinti dėl netrūkstamumo)
Multiple R-squared:  0.8837,    Adjusted R-squared:  0.8814
F-statistic: 392.2 on 243 and 12546 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis

1991-2000 m. fiksuotų efektų modelio rezultatai.

```

Call:
lm(formula = log(tradeflow_comtrade_o) ~ log(dist) + contig +
    comlang_off + comcol + col45 + fta_wto + iso3_o + iso3_d,
    data = dr90)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-13.8542  -0.9609   0.1310   1.0956   9.8046

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  11.745687   0.200063   58.710 < 2e-16 ***
log(dist)    -1.494111   0.008518  -175.403 < 2e-16 ***
contig        0.826923   0.035436   23.335 < 2e-16 ***
comlang_off   0.552095   0.017920   30.808 < 2e-16 ***
comcol        0.844638   0.023793   35.499 < 2e-16 ***
col45         1.792287   0.050027   35.827 < 2e-16 ***
fta_wto        0.468550   0.023370   20.049 < 2e-16 ***
iso3_oAGO      6.325284   0.422078   14.986 < 2e-16 ***
iso3_oALB      1.210280   0.208194    5.813 6.14e-09 ***
iso3_oAND     -0.538017   0.205990   -2.612 0.009006 **
iso3_oARE      5.582874   0.183034   30.502 < 2e-16 ***
iso3_oARG      8.671759   0.164921   52.581 < 2e-16 ***
iso3_oARM      1.579671   0.212029    7.450 9.37e-14 ***
iso3_oAUS      9.207293   0.163689   56.249 < 2e-16 ***
iso3_oAUT      8.067783   0.163432   49.365 < 2e-16 ***
iso3_oAZE      3.611823   0.188616   19.149 < 2e-16 ***
iso3_oBDI      1.703866   0.204294    8.340 < 2e-16 ***
iso3_oBEL      9.573524   0.163127   58.688 < 2e-16 ***
iso3_oBEN      3.213649   0.173847   18.486 < 2e-16 ***
iso3_oBFA      1.674958   0.186539    8.979 < 2e-16 ***
iso3_oBGD      5.941565   0.167545   35.462 < 2e-16 ***
iso3_oBGR      5.891278   0.171405   34.371 < 2e-16 ***
iso3_oBHR      4.365044   0.176725   24.700 < 2e-16 ***
iso3_oBHS      2.099782   0.190098   11.046 < 2e-16 ***

iso3_dBGR      1.635332   0.117897   13.871 < 2e-16 ***
iso3_dBHR      1.025465   0.120908    8.481 < 2e-16 ***
iso3_dBHS      1.104896   0.119042    9.282 < 2e-16 ***
iso3_dBIH     -0.520943   0.135866   -3.834 0.000126 ***
[ pasiekė getOption("max.print") -- praleistos 178 eilutės ]
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.836 on 130781 degrees of freedom
(224627 stebėjimai panaikinti dėl netrūkstančių)
Multiple R-squared:  0.7397,    Adjusted R-squared:  0.7389
F-statistic: 985.6 on 377 and 130781 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis

2001-2010 m. fiksuotų efektų modelio rezultatai.

```

Call:
lm(formula = log(tradeflow_comtrade_o) ~ log(dist) + contig +
    comlang_off + comcol + col45 + fta_wto + iso3_o + iso3_d,
    data = dr00)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-14.586  -1.054   0.119   1.212  11.923

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 12.15894    0.21664   56.124 < 2e-16 ***
log(dist)   -1.61423    0.00822 -196.381 < 2e-16 ***
contig       0.79994    0.03357   23.828 < 2e-16 ***
comlang_off  0.67146    0.01705   39.379 < 2e-16 ***
comcol       0.75067    0.02132   35.207 < 2e-16 ***
col45        1.64249    0.04981   32.974 < 2e-16 ***
fta_wto      0.58961    0.01779   33.139 < 2e-16 ***
iso3_oAFG    3.43297    0.27442   12.510 < 2e-16 ***
iso3_oAGO    8.97703    0.28398   31.612 < 2e-16 ***
iso3_oALB    1.54311    0.20495    7.529 5.13e-14 ***
iso3_oAND    0.33979    0.20567    1.652 0.098516 .
iso3_oARE    9.04016    0.21013   43.022 < 2e-16 ***
iso3_oARG    9.80507    0.19618   49.979 < 2e-16 ***
iso3_oARM    2.63788    0.20295   12.998 < 2e-16 ***
iso3_oAUS   10.29830    0.19569   52.627 < 2e-16 ***
iso3_oAUT    8.93289    0.19561   45.667 < 2e-16 ***
iso3_oAZE    4.72977    0.20192   23.424 < 2e-16 ***
iso3_oBDI    1.75793    0.21067    8.344 < 2e-16 ***
iso3_oBEL   10.32356    0.19541   52.831 < 2e-16 ***
iso3_oBEN    3.27265    0.20364   16.071 < 2e-16 ***
iso3_oBFA    2.23106    0.20779   10.737 < 2e-16 ***
iso3_oBGD    6.76127    0.19673   34.369 < 2e-16 ***
iso3_oBGR    6.68904    0.19603   34.122 < 2e-16 ***
iso3_oBHR    5.08818    0.20095   25.321 < 2e-16 ***
iso3_oBHS    2.33896    0.20757   11.268 < 2e-16 ***
iso3_oBIH    3.49643    0.20178   17.328 < 2e-16 ***
iso3_oBLR    6.65053    0.19795   33.596 < 2e-16 ***

iso3_dAZE    1.16596    0.10248   11.377 < 2e-16 ***
iso3_dBDI   -0.93121    0.10646   -8.747 < 2e-16 ***
iso3_dBEL    5.81853    0.09242   62.956 < 2e-16 ***
iso3_dBEN    0.81722    0.10000    8.172 3.05e-16 ***
[ pasiekė getOption("max.print") -- praleista 181 eilutė ]
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.049 on 190823 degrees of freedom
(198895 stebėjimai panaikinti dėl netrūkstančių)
Multiple R-squared:  0.7307,    Adjusted R-squared:  0.7302
F-statistic: 1363 on 380 and 190823 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis

2011-2020 m. fiksuotų efektų modelio rezultatai.

```

Call:
lm(formula = log(tradeflow_comtrade_o) ~ log(dist) + contig
    comlang_off + comcol + col45 + fta_wto + iso3_o + iso3_o(
    data = dr10)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-18.2147  -1.0086   0.1133   1.1771  11.5225

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  12.439627   0.308531  40.319 < 2e-16 ***
log(dist)    -1.669928   0.007894 -211.544 < 2e-16 ***
contig        0.871258   0.033461  26.038 < 2e-16 ***
comlang_off   0.717254   0.016838  42.598 < 2e-16 ***
comcol        0.856959   0.020487  41.829 < 2e-16 ***
col45         1.544733   0.049968  30.914 < 2e-16 ***
fta_wto        0.437439   0.014789  29.579 < 2e-16 ***
iso3_oAFG      2.454371   0.303959   8.075 6.80e-16 ***
iso3_oAGO      6.044371   0.291364  20.745 < 2e-16 ***
iso3_oALB      3.146636   0.288704  10.899 < 2e-16 ***
iso3_oAND      0.079473   0.295738   0.269 0.788140
iso3_oARE      9.852610   0.286313  34.412 < 2e-16 ***
iso3_oARG     10.244747   0.286313  35.782 < 2e-16 ***
iso3_oARM      2.931036   0.289882  10.111 < 2e-16 ***
iso3_oAUS     10.508322   0.285948  36.749 < 2e-16 ***
iso3_oAUT      9.209292   0.285850  32.217 < 2e-16 ***
iso3_oAZE      4.950299   0.288864  17.137 < 2e-16 ***
iso3_oBDI      2.008789   0.294355   6.824 8.86e-12 ***
iso3_oBEL     10.286774   0.285759  35.998 < 2e-16 ***
iso3_oBEN      2.925650   0.290072  10.086 < 2e-16 ***
iso3_oBFA      3.156285   0.290261  10.874 < 2e-16 ***
iso3_oBGD      7.613908   0.292736  26.010 < 2e-16 ***
iso3_oBGR      7.426572   0.286000  25.967 < 2e-16 ***
iso3_oBHR      5.445910   0.288475  18.878 < 2e-16 ***
iso3_oBHS      2.121569   0.297436   7.133 9.86e-13 ***
iso3_oBIH      4.378037   0.287646  15.220 < 2e-16 ***

iso3_dAZE      1.705170   0.124065  13.744 < 2e-16 ***
iso3_oBDI     -0.841225   0.127842  -6.580 4.71e-11 ***
iso3_oBEL      6.169825   0.118243  52.179 < 2e-16 ***
iso3_oBEN      1.519697   0.123142  12.341 < 2e-16 ***
iso3_oBFA      0.919431   0.124853   7.364 1.79e-13 ***
[ pasiekė getOption("max.print") -- praleistos 187 eilutės ]
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.068 on 202841 degrees of freedom
(183384 stebėjimai panaikinti dėl netrūkstančių)
Multiple R-squared:  0.7429,    Adjusted R-squared:  0.7424
F-statistic: 1518 on 386 and 202841 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis CEPII duomenimis

1991-2020 m. Poisson-pseudo fiksuotų efektų modelio rezultatai.

```

Call:
y_ppml ~ dist_log + contig + comlang_off + comcol + col45 + fta_wto +
  iso3_o + iso3_d + year

Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -9.506e+01 1.267e+00 -75.026 < 2e-16 ***
dist_log    -6.263e-01 2.397e-03 -261.251 < 2e-16 ***
contig       6.783e-01 5.553e-03 122.153 < 2e-16 ***
comlang_off  4.276e-03 5.693e-03 0.751 0.452581
comcol       4.695e-01 1.215e-02 38.637 < 2e-16 ***
col45        5.158e-01 1.053e-02 48.984 < 2e-16 ***
fta_wto      5.676e-01 5.094e-03 111.440 < 2e-16 ***
iso3_oAFG    2.117e+00 1.238e+00 1.710 0.087227 .
iso3_oAGO    6.711e+00 1.191e+00 5.633 1.77e-08 ***
iso3_oALB    2.487e+00 1.200e+00 2.072 0.038307 *
iso3_oAND    -1.722e-01 1.341e+00 -0.128 0.897869
iso3_oARE    6.945e+00 1.191e+00 5.832 5.49e-09 ***
iso3_oARG    6.667e+00 1.191e+00 5.598 2.17e-08 ***
iso3_oARM    2.547e+00 1.203e+00 2.117 0.034259 *
iso3_oAUS    7.806e+00 1.191e+00 6.555 5.57e-11 ***
iso3_oAUT    6.405e+00 1.191e+00 5.379 7.51e-08 ***
iso3_oAZE    4.986e+00 1.192e+00 4.184 2.87e-05 ***
iso3_oBDI    6.961e-01 1.333e+00 0.522 0.601645
iso3_oBEL    7.127e+00 1.191e+00 5.985 2.16e-09 ***
iso3_oBEN    1.896e+00 1.217e+00 1.558 0.119267
iso3_oBFA    2.269e+00 1.213e+00 1.870 0.061468 .
iso3_oBGD    5.146e+00 1.192e+00 4.317 1.58e-05 ***
iso3_oBGR    4.862e+00 1.192e+00 4.081 4.49e-05 ***
iso3_oBHR    4.037e+00 1.193e+00 3.383 0.000716 ***
iso3_oBHS    1.985e+00 1.218e+00 1.630 0.103088
iso3_oBIH    3.487e+00 1.195e+00 2.919 0.003507 **
iso3_oBLR    5.236e+00 1.191e+00 4.395 1.11e-05 ***
iso3_oBLZ    1.327e+00 1.237e+00 1.073 0.283220
iso3_oBMU    -8.013e-01 1.960e+00 -0.409 0.682683
iso3_oBOL    4.401e+00 1.193e+00 3.688 0.000226 ***
iso3_oBRA    7.910e+00 1.191e+00 6.642 3.10e-11 ***
iso3_oBRB    1.419e+00 1.230e+00 1.154 0.248700
iso3_oBRN    4.310e+00 1.193e+00 3.613 0.000303 ***
iso3_oBTN    2.010e+00 1.262e+00 1.593 0.111206
iso3_oBWA    4.287e+00 1.194e+00 3.591 0.000329 ***
iso3_oVCT    -1.273e-01 1.449e+00 -0.088 0.930005
iso3_oVEN    6.179e+00 1.191e+00 5.186 2.15e-07 ***
iso3_oVNM    6.811e+00 1.191e+00 5.719 1.07e-08 ***
iso3_oVUT    -9.758e-02 2.278e+00 -0.043 0.965828
iso3_oWSM    4.759e-01 1.466e+00 0.324 0.745571
iso3_oZAF    6.878e+00 1.191e+00 5.775 7.70e-09 ***
iso3_oZMB    4.380e+00 1.193e+00 3.670 0.000242 ***
iso3_oZWE    3.666e+00 1.196e+00 3.066 0.002168 **
iso3_dAFG    1.037e+00 1.701e-01 6.098 1.07e-09 ***
iso3_dAGO    1.947e+00 1.614e-01 12.058 < 2e-16 ***
[ pasiekė getOption("max.print") -- praleistos 205 eilutės ]
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for quasipoisson family taken to be 740968.9)

Null deviance: 2.0032e+12 on 525590 degrees of freedom
Residual deviance: 1.6451e+11 on 525186 degrees of freedom
(2291 stebėjimas panaikintas dėl netrukstamumo)
AIC: NA

Number of Fisher Scoring iterations: 8

```

1991-2020 m. Poisson-pseudo fiksuotų efektų modelio rezultatai.

```

Call:
lm(y_ppm1 ~ dist_log + contig + comcol + col45 + fta_wto + iso3_o +
    iso3_d + year)

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -9.505e+01 1.267e+00 -75.043 < 2e-16 ***
dist_log    -6.266e-01 2.361e-03 -265.355 < 2e-16 ***
contig       6.791e-01 5.445e-03 124.714 < 2e-16 ***
comcol       4.697e-01 1.215e-02 38.667 < 2e-16 ***
col45        5.167e-01 1.046e-02 49.374 < 2e-16 ***
fta_wto      5.678e-01 5.086e-03 111.652 < 2e-16 ***
iso3_oAFG    2.116e+00 1.238e+00 1.710 0.087245 .
iso3_oAGO    6.710e+00 1.191e+00 5.634 1.76e-08 ***
iso3_oALB    2.486e+00 1.200e+00 2.072 0.038311 *
iso3_oAND    -1.724e-01 1.341e+00 -0.129 0.897672
iso3_oARE    6.945e+00 1.191e+00 5.833 5.44e-09 ***
iso3_oARG    6.667e+00 1.191e+00 5.599 2.15e-08 ***
iso3_oARM    2.546e+00 1.203e+00 2.117 0.034257 *
iso3_oAUS    7.807e+00 1.191e+00 6.558 5.47e-11 ***
iso3_oAUT    6.405e+00 1.191e+00 5.380 7.45e-08 ***
iso3_oAZE    4.985e+00 1.191e+00 4.184 2.86e-05 ***
iso3_oBDI    6.960e-01 1.333e+00 0.522 0.601612
iso3_oBEL    7.129e+00 1.190e+00 5.988 2.13e-09 ***
iso3_oBEN    1.896e+00 1.217e+00 1.558 0.119265
iso3_oBFA    2.269e+00 1.213e+00 1.871 0.061394 .
iso3_oBGD    5.145e+00 1.192e+00 4.317 1.58e-05 ***
iso3_oBGR    4.862e+00 1.191e+00 4.081 4.48e-05 ***
iso3_oBHR    4.038e+00 1.193e+00 3.385 0.000713 ***
iso3_oBHS    1.987e+00 1.218e+00 1.632 0.102695
iso3_oBIH    3.487e+00 1.194e+00 2.920 0.003504 **
iso3_oBLR    5.235e+00 1.191e+00 4.395 1.11e-05 ***
iso3_oBLZ    1.329e+00 1.236e+00 1.075 0.282303
iso3_oBMU    -7.993e-01 1.960e+00 -0.408 0.683368
iso3_oBOL    4.401e+00 1.193e+00 3.689 0.000225 ***
iso3_oBRA    7.909e+00 1.191e+00 6.643 3.07e-11 ***
iso3_oBRB    1.420e+00 1.230e+00 1.155 0.248092
iso3_oBRN    4.309e+00 1.192e+00 3.614 0.000302 ***
iso3_oBTN    2.009e+00 1.262e+00 1.592 0.111299
iso3_oBWA    4.288e+00 1.193e+00 3.593 0.000327 ***
iso3_oCAF    1.091e+00 1.317e+00 0.829 0.407197
iso3_oZAF    6.879e+00 1.191e+00 5.777 7.59e-09 ***
iso3_oZMB    4.381e+00 1.193e+00 3.672 0.000240 ***
iso3_oZWE    3.667e+00 1.195e+00 3.068 0.002155 **
iso3_oDAFG    1.036e+00 1.700e-01 6.095 1.09e-09 ***
iso3_oDAGO    1.946e+00 1.614e-01 12.058 < 2e-16 ***
iso3_oDALB    2.691e-02 1.799e-01 0.150 0.881089
[ pasiekė getOption("max.print") -- praleistos 204 eilutės ]
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for quasipoisson family taken to be 740555.1)

Null deviance: 2.0032e+12 on 525590 degrees of freedom
Residual deviance: 1.6451e+11 on 525187 degrees of freedom
(2291 stebėjimas panaikintas dėl netrukstamumo)
AIC: NA

Number of Fisher Scoring iterations: 8

```