

Гравитационният модел в ТЪРГОВИЯТА

Наръчник за студенти

Йото В. Йотов

Превод на български език:

Маргарита Е. Михайлова

Драгомир А. Илиев



DREXEL UNIVERSITY

Center for

Global Policy Analysis

LeBow College of Business

Работните документи на CGPA се разпространяват с цел обсъждане и коментар. Те не са преминали научно рецензиране, нито са били прегледани от Управителния съвет на CGPA. CGPA не носи отговорност за съдържанието и коректността на документите от тази серия.

Към преподавателя

Благодаря ви, че използвате този наръчник за вашия курс! Посветих значително време и усилия, за неговото изготвяне, и се надявам той да ви бъде полезен. Наръчникът, данните и кодът за практическо приложение, както и задачите за упражнение и техните решения, са свободно достъпни обществени ресурси. Въпреки това, моля, имайте предвид следното:

- Насърчете студентите си да изтеглят наръчника, заедно с данните и кодовете, директно от този уебсайт: https://yotoyotov.com/Gravity_Undergrads.html. Това ще ми помогне да проследя ефекта от неговото създаване и да преценя дали има смисъл да продължа с това начинание.
- Моля, уведомете ме, ако имате притеснения или откриете несъответствия, печатни грешки или други неточности в наръчника както и в придружаващите го данни и код. Всякакви предложения за подобрения, които биха направили наръчника по-полезен, са винаги добре дошли на адрес: yotov@drexel.edu.
- Пишете ми на yotov@drexel.edu, ако желаете да получите решенията на практическите задачи, включени в края на наръчника.
- И накрая, насърчете студентите си да цитират коректно този наръчник, в случай че го използват в свои изследователски проекти.

За автора



Този наръчник съчетава двете ми най-големи професионални страсти – любовта към преподаването и отдадеността ми към гравитационния модел в търговията. Поради това го считам за един от най-ценните си приноси и се надявам да бъде полезен за много студенти, както и за всички, за които запознаването с този модел би било от полза.

Навремето реших да започна работа по докторска дисертация именно заради преподаването и гравитацията като посветих кариерата си на изследването на гравитационния модел в търговията. Имам редица приноси в тази област, включително разработката на теоретични модели, техники за оценяване, иконометрични методи и създаване на бази с данни. Публикувал съм по темата в авторитетни академични списания, а самия модел съм използвал, за да консултирам и предоставям експертни съвети на множество международни организации, правителства и аналитични центрове.

Може би най-важното във връзка с настоящия наръчник е, че съм преподавал гравитационния модел многократно на стотици студенти, изследователи и експерти в сферата на публичните политики от над 130 държави. Ръководил съм и студентски изследвания в тази област, което ме убеди, че моделът е действително достъпен и полезен за студенти. Приемам този наръчник като уникална възможност да въведа най-съвременни методи и практически инструменти за създаване на политики в обучението на студенти и считам написването му за привилегия.

За преводачите



Мargarита Михайлова има две магистърски степени – по английска филология (1995) и по международен бизнес и мениджмънт (2000) – както и докторска степен по световна икономика и международни икономически отношения (2019). Преподавател в катедра „Чуждоезиково обучение“ на Стопанска академия „Д. А. Ценов“.

Научните ѝ интереси са в областта на бизнес комуникацията и преподаването на английски език за специални цели, международното предприемачество, международния бизнес и корпоративното поведение, в които области е автор и съавтор на над 50 научни публикации.



Dragomir Илиев има магистърска степен по маркетинг (1996) и докторска степен по световна икономика и международни икономически отношения (2005). Преподавател в катедра „Международни икономически отношения“ на СА „Д. А. Ценов“. Бил е директор на Центъра за дистанционно обучение и Центъра за качество, акредитация и дигитализация на обучението в Стопанска академия „Д. А. Ценов“. От 2013 г. е в Редакцията на списание „Диалог“. Има над 65 научни публикации.

Научните му интереси са в областта на международните икономически отношения, международния бизнес, фирмената интернационализация, международния маркетинг и методологията на обучението по икономика.

Благодарности и правни аспекти

Изключително съм благодарен на голям брой колеги и приятели, които пряко или косвено допринесоха за този наръчник, включително Delina Agnosteva, James Anderson, Scott Baier, Richard Baldwin, Richard Barnett, Jeff Bergstrand, Cosimo Beverelli, Ingo Borchert, Sebastien Bradley, Federico Carril-Caccia, Carsten Eckel, Peter Egger, Gabriel Felbermayr, Lisandra Flach, Javier Florez, Lionel Fontagne, Rebecca Freeman, Kaloyan Ganev, Gene Grossman, Jean Grossman, James Harrigan, Beno Heid, Inga Heiland, Julian Hinz, Peter Herman, Paul Ko, Ohyun Kwon, Mario Larch, Maia Linask, Jeff Luckstead, Martina Magli, Inma Martinez-Zarzoso, Xenia Matschke, Jose Antonio Monteiro, Arne Nagengast, Sergei Nigai, Kevin O'Rourke, Jordi Paniagua, Blake Peters, Roberta Piermartini, Ray Riezman, Fernando Rios-Avila, Ana Maria Santacreu, Mauricio Sepulveda, Serge Shikher, João Santos Silva, Ralitsa Simeonova-Ganeva, Bob Staiger, Costas Syropoulos, Angelos Theodorakopoulos, Farid Toubal, Joschka Wanner, Erdal Yalcin, Jangsu Yoon и Tom Zylkin. Особена благодарност изказвам на Blaize Giangiulio за безценната помощ по всички аспекти на наръчника.

Благодаря за подкрепата и насърчението от страна на Center for Global Policy Analysis към Drexel University. Както в повечето академични учебници, броят на цитираните източници е относително малък. Въпреки това в хода на изложението насочвам читателя към някои ключови научни статии и обзорни изследвания. Поемам пълна отговорност за всички изказани твърдения и евентуални грешки.

Изказвам своята благодарност на колегите Маргарита Михайлова и Драгомир Илиев, които работиха по превода на наръчника на български език, и се надявам, че това ще бъде от полза за много студенти.

Гравитационният модел в търговията

Гравитационното уравнение е основният работен модел в международната търговия и най-популярният инструмент за анализ на търговската политика. Например, всички количествени анализи на митата, наложени от президента на САЩ Доналд Тръмп в началото на 2025 г., на ефектите от Брекзит, както и на въздействието на търговските санкции срещу Русия след нахлуването ѝ в Украйна – все теми, широко отразени в масовите медии – са получени чрез различни версии на гравитационния модел. Затова не е изненадващо, че гравитационното уравнение е вероятно единственият емпиричен модел, намерил място на първата страница на в. „Файненшъл Таймс“ (вж. Фигура 1).

Фигура 1: Гравитационното уравнение във в. „Файненшъл Таймс“



Източник: Financial Times, 19 април 2016. Въдъхновено от речта на Питър Нийри пред Кралското икономическо дружество през 2019 г.

Основните причини за широката известност на гравитационното уравнение са, че то: (i) има ненадмината прогностична способност; (ii) стъпва върху солидни теоретични основи; (iii) е интуитивно и достъпно за широка аудитория, включително за студенти; и (iv) може лесно да се прилага емпирично при анализа на различни политики. И все пак, въпреки солидните си теоретични основи, впечатляващия емпиричен успех, интуитивната си яснота и лекотата на прилагане, гравитационното уравнение не е получило необходимото и напълно заслужено място в учебниците по международна търговия за студенти. За да запълни тази празнина, настоящият наръчник си поставя следните цели:

- Да запознае студентите с гравитационния модел в търговията, като обясни защо и как той може да им бъде полезен и да опише характеристиките, които го правят толкова популярен и успешен. Това е разгледано в Раздел 1.
- Да представи теоретичната обосновка на наивното гравитационно уравнение, да покаже как то се преобразува в структурен гравитационен модел и да подчертае следствията от гравитационната теория за приложенията и оценяването на модела. Това е постигнато в Раздел 2.
- Да преобразува теоретичното гравитационно уравнение в иконометричен модел, да разгледа основните иконометрични предизвикателства при оценяването на гравитационни модели и да обобщи няколко интуитивни и лесни за прилагане препоръки за практическо прилагане. Това е направено в Раздел 3.
- Да предложи практически анализ с реални данни и примерен код за прилагане, както и да предостави практически задачи, насоки и допълнителни данни, които могат да бъдат използвани за курсови проекти, занятия по иконометрия и семинарни занятия, както и за написването на дипломна работа. Това е разгледано в Раздел 4 и в приложението, включено в края на наръчника.

1. Гравитационният модел. Защо да го изучаваме? Защо е толкова популярен?

В отговор на въпроси от колеги преподаватели, въз основа на обратната връзка от студенти, които вече са се запознали с гравитационния модел в търговията, както и на личния ми опит в преподаването и консултантската дейност, съм твърдо убеден, че гравитационният модел може и трябва да се преподава на студенти. Причините за включването му в обучението, както и начините, по които той може да бъде полезен за студентите, са изброени в Каре 1.

Каре 1. Защо да се изучава гравитационният модел и как той може да е полезен за студентите?

- Гравитационният модел в търговията е по-успешен в прогнозирането на търговските потоци и се използва по-широко както в академичните изследвания, така и в приложните анализи, в сравнение с всеки от стандартните модели, разглеждани в учебниците по международна търговия.
- Гравитационният модел допълва и затвърждава класическите теории за търговията, най-вече защото емпиричното гравитационно уравнение позволява на студентите да тестват емпирично някои от тези теории.
- Гравитационният модел има ясни практически приложения и множество области на използване. Това е емпиричен модел, който отчита сериозно и реалистично пречките пред търговията¹ и може лесно да се приложи с действителни данни, като по този начин обогатява учебните курсове по международна търговия, в които обикновено преобладава теорията.
- Поради своята интуитивна привлекателност и ясна теоретична обосновка гравитационният модел е достъпен и лесен за разбиране от широка аудитория, включително от студенти.
- Благодарение на последните постижения в иконометрията и изчислителните възможности, прилагането на най-съвременния емпиричен гравитационен модел е възможно дори с базови познания по иконометрия (например чрез използване на метода на най-малките квадрати – OLS и фиксирани ефекти). За улеснение, наръчникът включва реални данни, иконометричен код, емпиричен анализ и практически задачи, свързани с анализа на политики.
- Гравитационният модел може да бъде полезен за студентите и извън сферата на международната търговия. По-конкретно, интуицията и емпиричните инструменти, представени в този наръчник, могат да се прилагат пряко към двустранните миграционни потоци, преките чуждестранни инвестиции (ПЧИ), трансграничните патенти и др.
- Освен че е подходящ за курс по международна търговия за студенти, гравитационният модел може да бъде полезен и в курсове по иконометрия, семинарни занятия, както и за студенти, които пишат дипломна работа или работят по изследователски проекти.

Гравитационният модел в търговията. Гравитационното уравнение в международната търговия предвижда, че двустранните търговски потоци (X_{ij}) между две страни, т.е. вносът на страна j от страна i , са правопрпорционални на произведението от икономическите размери на страната износител (Y_i) и на страната вносител (Y_j), и обратно пропорционални на двустранните пречки пред търговията между двете страни (T_{ij}):

$$X_{ij} = \tilde{G} \frac{Y_i Y_j}{T_{ij}^\theta} \quad (1)$$

където \tilde{G} е търговската гравитационна константа, а θ е еластичността на търговските потоци по отношение на търговските разходи и отразява чувствителността на тези потоци към промени в търговските разходи. Интуитивно, Уравнение (1) означава, че колкото по-големи и по-близки са две държави, толкова повече те ще търгуват помежду си. Простота и интуитивна яснота на гравитационния модел в търговията са сред най-забележителните му черти.

Защо гравитационният модел е толкова популярен? Съществуват четири основни причини, поради които гравитационното уравнение е толкова популярно сред икономистите и анализаторите на политики.

¹ Терминът „trade frictions“ е преведен като „пречки пред търговията“, като с него се обозначава съвкупност от фактори, които възпрепятстват или затрудняват международния обмен. Освен преките транспортни разходи и митата, той включва и непреки, „невидими“ пречки, като административни процедури, регулаторни различия и информационни затруднения (Бел. прев.)

Първо, както вече беше отбелязано, поради аналогията си с Нютоновата гравитация, гравитационният модел в международната търговия е много интуитивен.

1. Гравитационното уравнение е много интуитивно.

Забележителната прилика между гравитационното уравнение в търговията и закона на Нютон за всеобщото привличане е илюстрирана в Каре 2, което демонстрира, че търговията (гравитационната сила) между две страни (обекти) е правопрпорционална на произведението от техните икономически размери (маси) и обратно пропорционална на пречките пред търговията (квадрата на разстоянието) помежду им. Казано по-просто, колкото по-големи и по-близки са две страни, толкова повече ще търгуват една с друга.

Каре 2. Гравитацията във физиката срещу гравитацията в търговията

Гравитацията във физиката

$$F_{ij} = G \frac{M_i M_j}{D_{ij}^2}$$

където:

F_{ij} е гравитационната сила между обекти i и j ;

G е гравитационната константа във физиката;

M_i и M_j са масите на обекти i и j ;

D_{ij} е разстоянието между i и j ;

2 е еластичността на гравитационната сила по отношение на разстоянието.

Гравитацията в търговията

$$X_{ij} = \tilde{G} \frac{Y_i Y_j}{T_{ij}^\theta}$$

където:

X_{ij} е стойността на търговските потоци между страни i и j ;

\tilde{G} е търговската гравитационна константа;

Y_i и Y_j са икономическите размери на страни i и j ;

T_{ij} са търговските разходи/пречки пред търговията между i и j ;

$\theta > 0$ е еластичността на търговските потоци по отношение на търговските разходи.

Това, което прави тази аналогия, както и поразителната прилика между гравитационните уравнения във физиката и в търговията, още по-впечатляващи, е фактът, че гравитационното уравнение в търговията може да бъде изведено от солидни микроикономически основи.

Втората основна причина, поради която гравитационното уравнение е толкова популярно, е фактът че то просто работи. Емпиричният гравитационен модел прогнозира двустранните търговски потоци забележително добре.

2. Гравитационното уравнение има висока прогностична способност.

Гравитационното уравнение устойчиво осигурява много добро съответствие между действителните и прогнозираните данни за търговията, както и правдоподобни (по знак и величина) оценки за редица независими (обясняващи) променливи, известни като „стандартни гравитационни променливи“, включително логаритъма на разстоянието между двете страни и фиктивните променливи² за споделена граница, общ официален език, колониални връзки и членство в регионални търговски споразумения (RTA). Например, двустранната търговия намалява с разстоянието, но нараства при създаване на RTA.

Фигура 2 показва отличното представяне на гравитационния модел, като съпоставя агрегираните двустранни търговски потоци, прогнозирани чрез модела, със съответните действителни търговски потоци за 100-те най-големи износители в света за периода 1990-2023 г. Прогнозите във Фигура 2 са получени чрез съвременен иконометричен гравитационен модел, който ще бъде приложен в Раздел 4 на този наръчник, и

² Английският термин „dummy variables“ е преведен като „фиктивни променливи“. В българската специализирана литература те се срещат често и като „индикаторни променливи“ – това са променливи, които приемат стойност 1 при наличие на дадено условие или признак (напр. обща граница) и стойност 0 в противен случай (Бел. прев.).

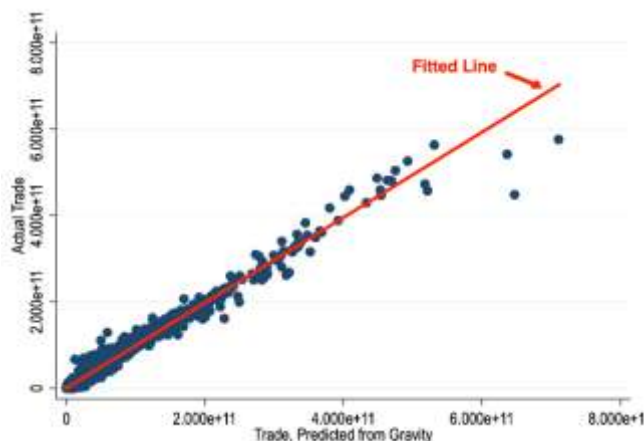
показват, че емпиричното представяне на съвременния гравитационен модел е действително безпрецедентно (напр. корелацията между действителната и прогнозираната търговия е 0.99).

Всъщност, както ще бъде показано в Раздел 4 и чрез практическите приложения, включени в края на наръчника, дори наивният гравитационен модел, със само три независими променливи, прогнозира двустранните търговски потоци доста успешно.

Прогнозите във Фигура 2 се основават на данни за периода 1990–2023 г. Важно е да се отбележи, че гравитационното уравнение се представя изключително добре както с данни за една отделна година (т.е. данни от напречно сечение), така и с данни, обединени за няколко години (т.е. панелни данни). Освен това, гравитационното уравнение работи много добре както при агрегирани, така и при дезагрегирани данни на всяко ниво на агрегация – по продукт, отрасъл, сектор и т.н.

Третата причина за популярността на гравитационното уравнение е, че то е широко приложимо.

Фигура 2: Гравитационният модел работи



Източник: Авторът. Базирано на анализа в Част 4.

3. Гравитационното уравнение е широко приложимо.

Гравитационният модел се използва за обяснение на търговските потоци и за количествена оценка на въздействието на техните определящи фактори (детерминанти) в стотици академични изследвания. Той е и основният инструмент за анализ на търговската политика. В Каре 3 е представен подробен (макар и далеч не изчерпателен) списък на „традиционни“ и „по-нестандартни“ определящи фактори на търговските потоци. С основание може да се заключи, че за изследване на въздействието на който и да е определящ фактор върху търговските потоци или върху други икономически резултати, свързани с тях, неизбежно се стига до някаква версия на гравитационния модел.

Каре 3. Приложения на гравитационното уравнение

„Традиционни“ определящи фактори на търговията. Разстояние, обща граница, БВП, население, равнище на развитие, преференциални търговски споразумения, мита, търговски войни, експортни субсидии, география, нетарифни мерки, членство в СТО, митнически съюзи, Европейски съюз, обща валута и валутни съюзи, членство в ОИСР, членство в МВФ, преки чуждестранни инвестиции, миграция, културни връзки, колониални отношения, общ и споделен език... и др.

„По-нестандартни“ определящи фактори на търговията. Качество на институциите, чуждестранна помощ, доверие, репутация на хората, репутация на продуктите, валутни курсове, Ковид, Брекзит, насърчаване на износа, патенти, технически бариери пред търговията, санитарни и фитосанитарни стандарти, корпоративен данък, данък върху добавената стойност, мащабни спортни събития (Олимпийски игри и Световната купа), ембарго и санкции (напр. срещу Русия), конфликти и войни, пиратство, топене на полярните ледници, затварянето на Суецкия канал, тарифните войни на Тръмп... и др.

Конкретни примери за повечето от горепосочените приложения могат да бъдат намерени в *Yotov (2024)*.

Освен способността си да обхваща всеки определящ фактор на търговията, гравитационният модел има още четири важни измерения на своята приложимост. Първо, той е приложим на всяко ниво на агрегация – за продукти, отрасли, сектори и др. Второ, макар теоретичните му основи да са по-слабо развити извън сферата на търговията, той успешно се използва и за изследване на други двустранни потоци, включително преки чуждестранни инвестиции, миграция, международен трансфер на технологии и др. Трето, съвременният гравитационен модел може лесно да се прилага със стандартен статистически софтуер. И накрая, той може да бъде вложен в по-широки модели, включително модели за инвестиции във физически капитал, екологични модели, пазари на труда и др.

Четвъртата основна причина за успеха на гравитационния модел е, че той може да бъде изведен въз основа на солидни микроикономически теории.

4. Гравитационният модел има солидни (и многобройни) теоретични основи.

Една от най-забележителните характеристики на гравитационното уравнение в търговията е, че при относително стандартни предпоставки то може да бъде изведено от множество алтернативни микроикономически основи. Както е показано на Фигура 3, гравитационното уравнение може да бъде изведено от класическите теории за търговията, които обичайно се разглеждат в учебниците за студенти, включително модела на Рикардо, модела на Хекшер-Олин, модела на монополистичната конкуренция и модела на специфичните фактори. Освен това, същото гравитационно уравнение произтича и от секторни търговски модели, динамични модели на търговията, модели с входно-изходни взаимовръзки и модели на търговията с хетерогенни фирми.

Фигура 3. Някои теоретични основи на гравитационния модел в търговията



Източник: Авторът. Адаптирано по Yotov et al. (2016).

На изследователите в областта на международната търговия им отне доста време, за да осъзнаят, че толкова много различни търговски теории се обединяват около едно и също просто и интуитивно гравитационно уравнение (вж. Каре 4). Погледнато ретроспективно, обаче, едва ли е изненадващо, че двигателите на търговията могат да бъдат обобщени в три интуитивни компонента: сили от страната на износителя, сили от страната на вносителя и двустранни сили. Същата интуиция е валидна за всяка друга социално-икономическа двустранна връзка. Съответно емпиричните методи и практическият анализ, които ще бъдат представени в Раздели 3 и 4, би следвало да са приложими и по-широко, например за преките чуждестранни инвестиции, миграцията, технологичните потоци и др.

Теоретичните основи на гравитационния модел имат много важни следствия за емпиричния анализ, основан на гравитационното уравнение. Например по-тясното придържане към теорията води както до по-добра обща прогностична способност на гравитационния модел, така и до по-точни оценки на ефектите от търговските политики. В този смисъл отчитането на някои от ключовите теоретични характеристики на гравитацията доведе до решаването на няколко значими парадокса в литературата по международна търговия, например, контраинтуитивния извод, че влиянието на разстоянието върху търговията не е намаляло с времето, или че гравитационният модел не може да обясни адекватно двустранните търговски дисбаланси. Гравитационната теория стои и в основата на някои от най-важните препоръки за оценяването на гравитационни модели, например да се отчитат многостранните търговски разходи, разгледани по-подробно в следващия раздел. И накрая, гравитационната теория позволява ефектите от търговията да бъдат пренесени към други икономически резултати, като например въздействие върху пазара на труда, околната среда, инвестициите във физически капитал, икономическия растеж и др.

Преди да продължим, следва да отбележим, че подобно на много други големи научни постижения, гравитационният модел не придобива своята популярност мигновено. Напротив, както е обобщено в Каре 4, са били необходими много години, за да спечели признанието на икономистите и да се превърне в основния работен модел в международната търговия.

Каре 4. История на гравитационния модел

Към 2025 г. гравитационният модел доминира в областта на международната търговия! Пътят му към признанието обаче не е лесен. Първите приложения на гравитацията в икономиката са атеоретични и се основават на аналогия с физиката. Мнозина отдават заслугата за първото приложение на гравитацията в икономиката на Tinbergen (1962). Това може и да е вярно, но само от гледна точка на търговията, тъй като Нобеловият лауреат от 1969 г. е (вероятно) първият, който прилага гравитацията към международните търговски потоци. Много преди Tinbergen, Ravenstein (1885) прилага гравитационното уравнение към миграционните потоци. Някои от студентите на Tinbergen продължават неговите изследвания през 60-те и 70-те години на XX век, но повечето икономисти от този период не възприемат гравитацията като сериозен търговски модел поради липсата на теоретични основи.

Макар да е имало известни спорове и дискусии относно това кой пръв е приложил гравитацията в икономиката, съществува почти пълен консенсус, че първата теоретична основа на гравитационното уравнение в търговията в днешния му вид принадлежи на Anderson (1979). Всъщност е наистина забележително, че с някои „козметични“ теоретични подобрения, гравитационният модел на Anderson от 1979 г. е напълно съвместим със съвременния емпиричен гравитационен анализ.

Въпреки интуитивната си привлекателност, доброто си емпирично представяне и вече солидната си теоретична основа, през 80-те, а дори и през 90-те години на XX век гравитационният модел трудно печели признанието на утвърдените изследователи по международна търговия. Няколко влиятелни обзорни изследвания в *Handbook of International Economics* – компасът за научните изследвания в областта – не са благосклонни към модела. Те поставят под съмнение неговия теоретичен произход и прогнозираят, че той няма да окаже влияние в областта на международната търговия. Ретроспективно, Anderson (2011) описва съдбата на гравитационния модел през този период като на „интелектуално сираче“.

До началото на настоящия век изследователите в областта на международната търговия продължават да пренебрегват гравитационния модел поради незавидната му репутация. През този период той се използва предимно за практически анализ на политики. Редица значими постижения в началото на 2000-те години обаче водят до златната епоха на „Структурната гравитация“ (2002–2012). Първо, и най-важно, фундаменталните теоретични приноси на Eaton and Kortum (2002) и Anderson and van Wincoop (2003) не оставят никакво съмнение, че гравитационният модел има съвсем стабилни теоретични основи. Второ, емпиричните приноси на влиятелни икономисти като Frankel and Romer (1999) и Rose (2000) спомагат за преодоляването на предубеждението срещу използването на гравитационния модел за сериозна научна работа и поставят началото на възраждането му като авторитетен емпиричен инструмент. Трето, този период е белязан от изграждането на мащабни и висококачествени масиви от търговски данни, както и от по-добри иконометрични методи и изчислителни възможности (Baldwin and Taglioni, 2006).

По време на своята „златна епоха“ (2002–2012) гравитационният модел се утвърждава като основния работен модел в търговията и присъства в стотици публикации, включващи практически приложения, теоретични разработки, приноси към методите за оценяване и нови масиви от данни. Повечето изследвания през този период са емпирични приложения, целящи да оценят въздействието на различни политики и определящи фактори на двустранните търговски потоци (напр. споразумения за свободна търговия (ФТА), членство в СТО, разстояние, колониални връзки и др.) Макар мнозина все още да прилагат гравитацията интуитивно, потящото придържане към теорията довежда до по-добро разбиране на двигателите на растежа на търговските потоци и до по-правдоподобни гравитационни оценки.

„Златната епоха на гравитацията“ е белязана и от значителен напредък в теоретичен план, например секторна гравитация, гравитация с хетерогенни фирми и динамична гравитация. Засиленият интерес към теорията и приложенията на гравитационния модел е улеснен от същественото нарастване

на изчислителната мощ и е съпътстван от нови приноси в методите за оценяване, например използването на фиксирани ефекти за износителя, вносителя и двойката държави, които ще бъдат разглеждани в следващия раздел, както и въвеждането на оценителя по метода на псевдомаксималното правдоподобие на Поасон (Poisson Pseudo-Maximum Likelihood – PPML) от Santos Silva and Tenreyro (2006), който впоследствие категорично се утвърждава като най-добрия оценител в гравитационния анализ.

В основополагаща статия Arkolakis et al. (2012) затвърждават пълното господство на структурния гравитационен модел в търговията, демонстрирайки, че различни микротехоретични основи водят до едно и също гравитационно уравнение. Наред с множеството нови приложения и теоретични разработки, моделът взема своя реванш през 2014 г. с обширно представяне в *Handbook of International Economics*, същото издание, в което през 80-те и 90-те години е отхвърлен. През 2018 г. моделът е представен и в *Handbook of International Trade and Transportation*, както и в книги, посветени на анализа на търговската политика и въздействието на глобализацията.

Емпиричното гравитационно уравнение остава предпочитаният модел за нови приложения, а някои изследователи преразглеждат съществуващите резултати чрез нови, по-добри методи за измерване на търговските разходи и за количествена оценка на въздействието на различни определящи фактори на търговските потоци (напр. валутни съюзи, пиратство, общ език, валутни курсове, икономически санкции и др.). По-добрите данни (по отношение на обхвата по държави, сектори и периоди) позволяват изследването на хетерогенните ефекти на множество търговски политики (напр. РТА, валутни съюзи, санкции и др.) в различни измерения. Установено е също, че гравитацията работи много добре при услугите, добивната промишленост и селското стопанство, както и на всяко ниво на агрегация – от продуктово до общо (агрегирано) равнище. Става ясно, че за изследването на въздействието на който и да е фактор върху търговските потоци е необходимо да се разчита на някаква версия на гравитационния модел. Нещо повече, използвайки напредъка в литературата по търговия, изследователи и създатели на политики адаптират търговския гравитационен модел за изучаване на други двустранни потоци, като миграция, ПЧИ, трансгранични патенти и др.

Този период е белязан и от съществени приноси в областта на оценяването, данните и теорията. По отношение на оценяването е установено, че оценителят PPML е напълно съвместим с гравитационната теория, което позволява извършването на всеобхватен анализ на търговската политика със стандартен статистически софтуер и без необходимост от специално програмиране. Значителен напредък е постигнат и в теоретичен план – например чрез разработването на гравитационни модели с входно-изходни взаимовръзки и модели с двустранна динамика. В съчетание със забележителното емпирично представяне и новите иконометрични и изчислителни инструменти, напредъкът в гравитационната теория води до поредица от изследвания, свързващи търговията с различни икономически резултати, като разпространение на технологии, безработица, въглеродни емисии и др. Създадено е ново поколение гравитационни бази данни, обхващащо както обясняващите гравитационни променливи, така и международните и вътрешните търговски потоци на различни нива на агрегация, за да подкрепи теоретичния напредък и новите потребности на приложните изследвания.

Безпрецедентната прогностична способност и успехът на гравитационния модел се проявяват през 2025 г. в отговор на честите промени в митата (напр. митата върху стоманата от Канада, въведени сутринта на 9 март и отменени още същия следобед), наложени от президента на САЩ Доналд Тръмп. Благодарение на огромния напредък в литературата по темата, сме свидетели на нещо действително забележително – възможността в реално време да се анализира пълното въздействие на търговските политики, както в условията на частичното, така и на общото равновесие.

Настоящото резюме на еволюцията на гравитационния модел е адаптирано по Yotov (2024); за по-подробно обсъждане и допълнителни източници насочвам заинтересования читател към тази публикация .

2. Гравитация с научна тежест: Структурният гравитационен модел

Този раздел има три основни учебни цели. Първо, да представи теоретичния/структурния гравитационен модел в търговията. Второ, да сравни наивното и структурното гравитационно уравнение, като открие основните теоретично обусловени различия между тях. Трето, да изведе няколко важни следствия за моделирането на търговските потоци и за оценяването на емпирични гравитационни уравнения по начин, съгласуван с теорията.

2.1. Всички пътища водят към . . . структурната гравитация

Както беше отбелязано по-рано, една от най-забележителните особености на гравитационния модел в търговията е, че едно и също гравитационно уравнение е общо за множество алтернативни микроикономически теоретични основания и може да бъде изведено от тях, като част от тези основания са сред стандартните теми в университетските учебници по международна търговия (вж. Фигура 3). Следвайки развитието на теоретичната литература за гравитационния модел, ще представим съвременния структурен гравитационен модел в две стъпки. Първо, в духа на класическите теории за търговията, представяме структурното гравитационно уравнение в неговия вариант за напречно сечение:³

$$X_{ij} = \frac{Y_i E_j}{Y} \left(\frac{t_{ij}}{T_j T_i} \right)^{-\theta} \quad (2)$$

Три теоретично обусловени характеристики отличават структурното гравитационно Уравнение (2) от наивното гравитационно уравнение, представено по-рано в Уравнение (1). *Първо*, структурният елемент зад търговската гравитационна константа \tilde{G} е стойността на световното производство Y . Това означава, че двустранните търговски потоци са пропорционални на произведението от икономическите размери на двамата търгуващи партньори като дял от съответното световно производство.

Второ, теоретичното гравитационно уравнение разграничава стойността на производството (Y_i) като мярка за икономическия размер на износителя, и разходите (E_j), като мярка за икономическия размер на вносителя. Интуитивно, подходящата мярка за размера на износителя е неговият производствен капацитет, докато за вносителя това е неговият капацитет за потребление. Значението на разграничението между производство и разходи като подходящи мерки за икономическия размер в гравитационния модел е още по-ясно изразено на дезагрегирано равнище, където (напр. поради специализация) секторните търговски дисбаланси (т.е. разликата между националния износ и внос на секторно равнище) могат да бъдат много големи.

Трето, величината (T_{ij}) от Уравнение (1) се разлага на три структурни компонента в Уравнение (2). По-конкретно, t_{ij} обозначава всички двустранни пречки пред търговията, които пряко засягат търговските потоци между две страни – например разстоянието между страните, митата, търговските споразумения, санкциите и др. T_i и T_j са многостранни търговски разходи съответно при износителя и вносителя, които отразяват факта, че търговията между две страни зависи не само от техния икономически размер и от преките двустранни пречки пред търговията помежду им, но и от това колко скъпо е за тези страни да търгуват с други страни. Оттук идва и терминът „многостранни“ търговски разходи.

За да онагледим интуицията зад многостранните търговски разходи, Фигура 4 „телепортира“ САЩ и Канада на Марс. Дори икономическите им размери (Y_i и E_j) и преките двустранни пречки пред търговията (t_{ij} , напр. разстоянието) между САЩ и Канада да останат непроменени, двете страни биха

Фигура 4: Многостранни търговски разходи



Източник: Авторът. Вдъхновено от Krugman (1995).

³ Това уравнение е в съответствие с най-значимите трудове за гравитационния модел на Eaton and Kortum (2002) и Anderson and van Wincoop (2003), като насочвам заинтересованите читатели към Yotov et al. (2016) за алтернативни извеждания на гравитационния модел със същата нотация.

търгували повече помежду си, ако се намираха на Марс, отколкото на сегашното си местоположение на Земята. Защо? Защото на Марс те биха били по-изолирани от останалия свят. Следователно, търговията между САЩ и Канада зависи не само от търговските разходи между тези две страни, но и от търговските им разходи с всички останали държави. Това всъщност е една от ключовите разлики между наивния гравитационен модел и структурния гравитационен модел. Наивният гравитационен модел (неправилно) приема, че само преките двустранни търговски разходи са от значение, докато структурният гравитационен модел взема предвид и многостранните търговски разходи.

Две последни теоретично обосновани корекции водят до съвременния вид на структурния гравитационен модел, представен по-долу:

$$X_{ij,t}^k = \frac{Y_{i,t}^k E_{j,t}^k}{Y_t^k} \left(\frac{t_{ij,t}^k}{T_{j,t}^k T_{i,t}^k} \right)^{-\theta^k}, \quad \forall i, j, t, k. \quad (3)$$

Първо, гравитационният модел може да бъде изведен на всяко ниво на агрегация – например за продукти, отрасли, сектори, както и на агрегирано равнище. Това е отразено чрез горния индекс k в Уравнение (3), който може да се отнася до конкретен продукт, отрасъл или сектор k . Втората корекция е свързана с долния индекс t , който е мотивиран от факта, че – подобно на търговските потоци – както променливите, свързани с размера, така и разходите за търговия в Уравнение (3) – се изменят във времето. Въвеждането на времеви индекс t е продиктувано и от динамичните търговски теории, според които търговията и нейната либерализация могат да доведат до натрупване на производствени фактори – например физически капитал, както е при „макиладора“ – производствени предприятия, разположени по границата между САЩ и Мексико. Следва да се отбележи, че без горния индекс k и долния индекс t Уравнение (3) е идентично с Уравнение (2). И накрая, всяка от основополагащите гравитационни теории предполага, че гравитационният модел се прилага както при международната търговия, $i \neq j$, така и при вътрешната търговия, $i = j$.

2.2. Теоретични следствия за приложенията и оценяването на гравитационния модел

Теоретичните основи на гравитационното уравнение имат много важни следствия както за емпиричния успех на гравитационния модел, така и за правилната спецификация на иконометричното гравитационно уравнение. По-долу разглеждам значението на всяко от основните теоретични следствия.

Многостранни търговски разходи. Многостранните търговски разходи имат две важни следствия за количествената оценка на ефектите от търговските политики. Първо, ако многостранните търговски разходи не бъдат отчетени по подходящ начин в емпиричния гравитационен модел, гравитационното уравнение ще подценява търговията между страни, които са по-изолирани от останалия свят, и ще надценява търговията между страни, заобиколени от голям брой търговски партньори – например европейските държави. Второ, многостранните търговски разходи отразяват доколко лесно държавите могат да пренасочват търговията си към други държави. Това е изключително важно за количествената оценка на ефектите от множество съвременни политики. Например една от основните причини за неефективността на санкциите, наложени на Русия заради нахлуването ѝ в Украйна е, че Русия успя да пренасочи търговията си към държави, които не налагат санкции – като Китай, Индия и Турция. Подобни ефекти се улавят от многостранните търговски разходи. Друг скорошен пример са американските мита върху Канада от 2025 г. Такива мита биха били особено неблагоприятни за Канада, тъй като страната е относително изолирана от останалия свят.

Дезагрегиран гравитационен модел. Теорията предполага, че гравитационната зависимост е валидна на всяко ниво на агрегация – от продуктово до съвкупното (агрегирано) равнище. Основното следствие от това теоретично свойство е, че емпиричният гравитационен модел е много гъвкав и в зависимост от изследователския въпрос анализът може да се съсредоточи върху конкретен продукт, отрасъл, сектор или, по-общо, върху разграничението между стоки и услуги. Възможността за отделен анализ на търговските потоци по отрасли и сектори е особено важна, тъй като търговските разходи (напр. транспортните разходи) варират между секторите, а много търговски политики (напр. митата) се налагат и прилагат именно на дезагрегирано равнище. Дори когато политиките се прилагат на агрегирано равнище (напр. пълно търговско ембарго), техните ефекти могат да се различават съществено при различните продукти, отрасли или сектори. Следователно често е желателно да се използва дезагрегиран гравитационен модел. Теорията дава ясна обосновка и насоки за дезагрегирани анализи.

Гравитационен модел с панелни данни. Времето измерение на гравитационното уравнение има няколко важни емпирични следствия. Първо, включването на данни за повече години в анализа води до по-прецизен гравитационен анализ. Второ, както ще бъде показано в следващия раздел, използването на панелни данни (т.е. изменящи се във времето данни) позволява гъвкаво, всеобхватно и лесно моделиране на всички неизменни във времето двустранни търговски разходи (напр. разстоянието) в гравитационния модел. Трето, използването на панелни данни позволява да се проследят еволюцията и приспособяването на двустранните търговски разходи, както и на ефектите от различни политики във времето. Например, ефектите от регионалните търговски споразумения (RTA) не са незабавни и затова улавянето на приспособяването на търговските потоци в отговор на сключването на такива споразумения може да бъде полезно за целите на политиката. Освен това ефектите от RTA, сключени през 90-те години, могат да се различават значително от въздействието на по-нови споразумения – различия, които не могат да бъдат отчетени без панелни данни.

Производство и разходи. Разликата между стойността на производството и разходите, която следва от гравитационната теория, има няколко емпирични следствия. Първото е, че ако търговските разходи са симетрични (напр. разстоянието между две страни), пренебрегването на различията между стойността на производството и разходите ще доведе до слабо представяне на модела, тъй като той винаги ще прогнозира симетрични двустранни търговски потоци. Второ, разграничението между производство и разходи е още по-важно на дезагрегирано равнище, където различията между националното производство и потреблението са много по-силно изразени. Трето, дори при агрегирани данни, БВП не е най-подходящият показател за икономическия размер в гравитационния модел – не само защото теорията предполага да се отчитат търговските дисбаланси, но и защото БВП се измерва като добавена стойност, докато търговските потоци се измерват на брутна основа, което поражда несъответствие. За щастие, както ще бъде показано в следващия раздел, съществуват много лесни иконометрични техники, които позволяват адекватно отчитане в гравитационния модел на променливите, свързани с икономическия размер, без да възниква необходимост от допълнителни данни или от преодоляване на подобни измервателни затруднения.

Вътрешна търговия. Търговската теория предполага, че гравитационната зависимост е приложима и към вътрешните продажби. Освен това използването на данни за вътрешната търговия носи значителни ползи за гравитационния анализ – например, позволява да бъдат установени възможните ефекти на отклоняване на търговията към или от държави, които не са страни по съответното търговско споразумение, екстериториалните ефекти на санкциите, както и ефектите на недискриминационните търговски политики. Въпреки това, главно поради ограничения, свързани с данните, повечето оценки на гравитационния модел все още се извършват изключително с данни за международната търговия, а използването на вътрешните търговски потоци все още не е стандартна практика. Поради това в съответствие с по-голямата част от съществуващата литература за гравитационния модел, за настоящите цели ще се съсредоточим само върху международните търговски потоци.

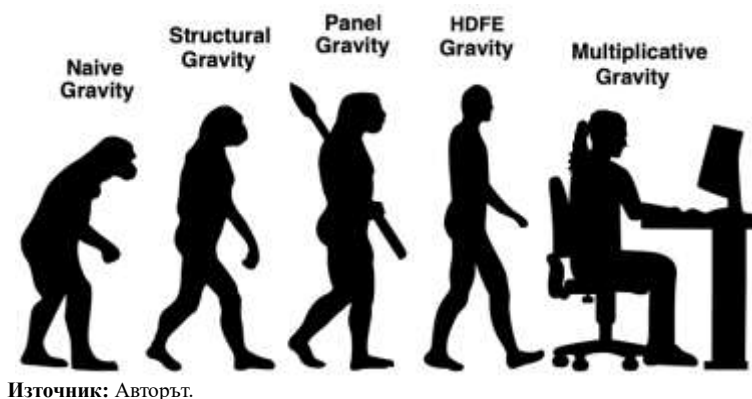
3. От наивния към съвременния гравитационен модел в търговията

Голяма част от забележителния успех на гравитационния модел се дължи най-вече на неговата прогностична способност и приложимостта му в широк кръг от изследвания. Целта на този раздел е да преобразува наивното емпирично гравитационно уравнение в съвременен иконометричен модел, който може да се използва за оценяване на въздействието на множество фактори, определящи търговските потоци. Анализът изисква само основни познания по иконометрия (например използване на OLS и фиксирани ефекти) и е достъпен за всеки студент, преминал въвеждащ курс по иконометрия. Освен това разделът може да бъде полезен и за студенти, които ще изучават иконометрия или ще посещават семинарни занятия по икономика, както и за онези, които планират да работят по дипломна работа или самостоятелно изследване.

Въз основа на теоретичните основи на гравитационния модел и натрупаните до момента познания ще развием иконометричната спецификация на гравитационното уравнение в пет стъпки, които следват еволюцията на емпиричните методи за оценяване на модела, представена на Фигура 5.⁴

⁴ За подробна обосновка и обсъждане на препоръките относно гравитационните оценки вж. [Larch и съавт. \(2025\)](#)

Фигура 5: Еволюция на оценяването на гравитационния модел



Източник: Авторът.

„Наивен“ гравитационен модел. Като следваме подхода от предходния раздел, където преобразувахме наивното гравитационно уравнение в структурен гравитационен модел, ще започнем със специфицирането на наивно емпирично гравитационно уравнение. За целта следваме три прости стъпки. Първо, лог-линеаризираме Уравнение (1) и в резултат получаваме:

$$\ln(X_{ij}) = \ln(\tilde{G}) - \theta \ln(T_{ij}) + \ln(Y_i) + \ln(Y_j) \quad (4)$$

Второ, превръщаме Уравнение (4) в иконометричен модел, като използваме заместители (проху) за независимите променливи. По-конкретно, използваме БВП като заместител на икономическия размер на износителя (GDP_i) и вносителя (GDP_j), а разстоянието между страните ($DIST_{ij}$) и регионалните търговски споразумения (RTA_{ij}) като заместители за двустранните търговски разходи. Разстоянието и регионалните търговски споразумения са двата най-често използвани заместителя за търговски разходи в литературата за гравитационния модел.⁵ Използването им като заместители за търговските разходи е полезно и от педагогическа гледна точка, тъй като единият от тях – разстоянието – е непрекъсната променлива, а другият – RTA – е фиктивна променлива и приема само две стойности – 0 и 1. По-конкретно, променливата RTA приема стойност 1, ако между две страни има действащо търговско споразумение през дадена година, и 0 – в противен случай.

Накрая добавяме константа (β_0), която съответства на търговската гравитационна константа (\tilde{G}), и случайна грешка (ϵ_{ij}), с което получаваме първата иконометрична спецификация на гравитационния модел:

$$\ln(TRADE_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 RTA_{ij} + \beta_2 \ln(DIST_{ij}) + \beta_3 \ln(GDP_i) + \beta_4 \ln(GDP_j) + \epsilon_{ij} \quad (5)$$

Уравнение (5) е най-популярната версия на иконометричния гравитационен модел. То може да бъде оценено чрез OLS, а получените оценки се интерпретират по следния начин. Оценките на коефициентите пред непрекъснатите променливи (т.е. разстоянието и БВП) са еластичности. Например, ако оценката на коефициента за разстоянието е $\beta_2 = -0.8$, това означава, че, при равни други условия, увеличение на разстоянието между две страни с 1% води до 0.8% намаляване на двустранната търговия между тях. За да се интерпретира въздействието на която и да е фиктивна променлива в гравитационния модел (напр., RTA), може да се използва следната формула $[\exp(\beta_1) - 1] \times 100$. Тоест, ако например оценката на коефициента пред RTA е $\beta_1 = 0.5$, това означава, че споразуменията, влезли в сила през разглеждания период, са довели, при равни други условия, до увеличение на търговията между страните-членки с около 65% ($[\exp(0.5) - 1] \times 100 = 64.87$).

Структурен гравитационен модел. След това подобряваме иконометричната спецификация като отчитаме теоретичните следствия от Уравнение (2). По-конкретно, трябва да вземем предвид две теоретични съображения. Първо, трябва да отразим стойността на производството и разходите. Второ, необходимо е да отчетем и многостранните търговски разходи. По принцип възможно е да се направи опит и двата проблема да бъдат решени директно, т.е. чрез използване на наблюдаеми данни. Съществува обаче много по-лесен, съгласуван с теорията и изчерпателен иконометричен подход за отчитане както на (i) разграничението между производство и разходи, така и на (ii) многостранните търговски разходи, а именно използването на фиксирани ефекти за износителя и вносителя, както следва:

$$\ln(TRADE_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 RTA_{ij} + \beta_2 \ln(DIST_{ij}) + \pi_i + \psi_j + \epsilon_{ij} \quad (6)$$

⁵ В практическите приложения в края на главата са представени и други заместители на търговските разходи и променливи, свързани с политики.

Тук π_i представлява набор от фиксирани ефекти за износителя, т.е. фиктивни променливи, които приемат стойност единица за всеки износител, а ψ_j е набор от фиксирани ефекти за вносителя, т.е. фиктивни променливи, които приемат стойност 1 за всеки вносител от базата данни. Така например, ако данните обхващат 100 държави и всяка от тях участва както като вносител, така и като износител, тогава ще има 100 фиксирани ефекта за вносителя и 100 фиксирани ефекта за износителя⁶. Основните предимства на фиксирани ефекти са следните: (i) те напълно контролират всички (наблюдавани и ненаблюдавани) специфични за вносителя и износителя характеристики, включително икономическия размер и многостранните търговски разходи. Тоест не е необходимо да се тревожим за пропуснати променливи или да събираме данни за тези характеристики; и (ii) те лесно се конструират и прилагат емпирично със стандартен статистически софтуер. Това е показано в следващия раздел. Недостатъкът на тези фиксирани ефекти е, че ако се използват, няма да можем да установим ефектите от променливи, специфични за вносителя или за износителя, тъй като тези променливи ще бъдат в пълна колинеарност с фиксирани ефекти и ще бъдат погълнати от тях. Това не засяга основната ни цел да оценим ефектите от двустранните търговски разходи и политики (напр. разстоянието и RTA).

Гравитационен модел с панелни данни. Следващата стъпка е проста: да въведем времево измерение в нашия иконометричен модел. Това означава, че случайната грешка и всички променливи (с изключение на разстоянието, което не се променя във времето) вече получават времеви индекс:

$$\ln(\text{TRADE}_{ij,t}) = \beta_0 + \beta_1 \text{RTA}_{ij,t} + \beta_2 \ln(\text{DIST}_{ij}) + \pi_{i,t} + \psi_{j,t} + \epsilon_{ij,t} \quad (7)$$

Както беше обсъдено в предходния раздел, включването на времево измерение в иконометричния анализ е в съответствие с теорията, а и по-големият обем данни би трябвало да подобри представянето на нашия иконометричен модел. Освен това добавянето на времево измерение ни позволява да проследим еволюцията на ефектите от RTA преди и след тяхното влизане в сила, както и възможните различия между споразумения, сключени през различни периоди (напр. RTA от 1990-те спрямо тези от 2000-те години).

Гравитационен модел с триизмерни фиксирани ефекти. Използването на панелни данни позволява допълнителното включване на фиксирани ефекти по двойки страни⁷ (γ_{ij}) – оттук и наименованието на тази спецификация като гравитационен модел с триизмерни фиксирани ефекти (HDFE). Фиксирани ефекти по двойки страни са фиктивни променливи, които приемат стойност 1 за всяка двойка страни в данните и 0 във всички останали случаи. Моделът придобива следната форма:

$$\ln(\text{TRADE}_{ij,t}) = \beta_0 + \beta_1 \text{RTA}_{ij,t} + \gamma_{ij} + \pi_{i,t} + \psi_{j,t} + \epsilon_{ij,t} \quad (8)$$

Подобно на фиксирани ефекти за износителя и вносителя, фиксирани ефекти по двойки страни напълно контролират всички неизменни във времето двустранни търговски разходи, напр. разстоянието, общата граница и др. Недостатъкът от използването на фиксирани ефекти по двойки страни е, че те не позволяват да бъдат получени оценки за ефектите на разстоянието или други неизменни във времето двустранни променливи. Тоест, Уравнение (8) вече не включва $\ln(\text{DIST}_{ij})$, тъй като тази променлива се поглъща от фиксирани ефекти по двойки страни. Въпреки това, когато целта е да се оценят ефектите от политики, изменящи се във времето – например мита, RTA, санкции и други – използването на фиксирани ефекти по двойки страни е силно препоръчително при оценяването на гравитационни модели, тъй като тяхното включване позволява да се контролират множество потенциално пропуснати променливи, намалява необходимостта от обширно събиране на данни и значително подобрява прогностичната способност на гравитационния модел. Това е онагледено и допълнително потвърдено чрез практическия анализ в следващия раздел.

Мултипликативен гравитационен модел. Последната стъпка, която ни отвежда до предпочитания иконометричен модел е, да се справим с предизвикателството, че лог-линейната спецификация на гравитационния модел изключва всички двустранни търговски потоци със стойност нула (тъй като логаритъмът от нула е неопределен). Решението е просто – експоненцираме двете страни на иконометричното уравнение и получаваме:

$$\text{TRADE}_{ij,t} = \exp[\beta_0 + \beta_1 \text{RTA}_{ij,t} + \gamma_{ij} + \pi_{i,t} + \psi_{j,t}] \times \epsilon_{ij,t} \quad (9)$$

Още две характеристики на мултипликативния иконометричен модел го правят привлекателен. Първо, както е показано в следващия раздел, мултипликативният гравитационен модел може да бъде оценен лесно и бързо чрез вградени команди в стандартните статистически пакети. Второ, интерпретацията на оценките

⁶ Технически, по един фиксиран ефект за износителя и вносителя ще бъдат изключен поради перфектна колинеарност. Това обаче няма да се отрази върху оценките на независимите променливи, които представляват интерес за нас.

⁷ Тук терминът „country-pair fixed effects“ е преведен като „фиксиран ефекти по двойки страни“ в смисъл на ефекти, които улавят ненаблюдавани характеристики на всяка конкретна двойка страни, оставащи неизменни във времето. (Бел. прев.)

на гравитационните коефициенти остава същата както при лог-линейната спецификация, оценявана чрез OLS.

Уравнение (9) представя съвременния иконометричен гравитационен модел, използван от изследователи и анализатори за оценяване на ефектите от различни политики. Въз основа на Уравнение (9) Каре 5 обобщава връзките между теоретичните следствия на гравитационния модел и тяхното емпирично приложение.

Каре 5. ОБОБЩЕНИЕ: От теорията към оценяването

Теоретично следствие	Емпирично приложение
Контролиране на разграничението между производство и разходи	Използване на фиксирани ефекти за износителя (-време) и вносителя (-време)
Контролиране на многостранните търговски разходи	Използване на фиксирани ефекти за износителя (-време) и вносителя (-време)
Отчитане на неизменните във времето двустранни търговски разходи	Използване на фиксирани ефекти по двойки страни (или променливи, неизменни във времето)
Отчитане на изменящите се във времето двустранни търговски разходи	Използване на изменящи се във времето (панелни) данни и променливи за политики
Отчитане на нулевите търговски потоци	Използване на мултипликативния оценител PPML

Преди да продължим, напомням на читателя, че – в съответствие с теорията – гравитационното уравнение е приложимо на всяко ниво на агрегация. Тоест, Уравнение (9) може да бъде оценено за отделни продукти, по отрасли, по сектори или с агрегирани данни. Важното е, че Уравнение (9) се прилага и оценява много лесно чрез стандартен статистически софтуер. Демонстрираме това в следващия раздел чрез прост, но съобразен с най-съвременните методи емпиричен пример.

4. Практическо приложение на гравитационния модел: ефектите на разстоянието, RTA и ЕС

Този раздел включва практически анализ, който последователно прилага уравненията за оценка от предходния раздел. Единствената разлика е, че освен да оценим ефектите на разстоянието и RTA, ще изолираме и ефекта на Европейския съюз (ЕС) от ефектите на всички останали регионални търговски споразумения. За тази цел включваме в нашата спецификация нова фиктивна променлива – $EU_{ij,t}$ – която приема стойност 1, ако две страни i и j са членки на ЕС през година t , и 0 – в противен случай. Така променливата RTA включва всички останали търговски споразумения, но не и ЕС, което се отчита отделно. Тази корекция се прави по четири причини. *Първо*, влиянието на членството в ЕС върху търговията е от значителен интерес както за изследователите, така и за лицата, ангажирани с разработването на политики. *Второ*, очаква се ефектът от ЕС да бъде различен, респективно по-силен от ефектите на останалите RTA. *Трето*, това е пример за това как могат да бъдат изолирани ефектите на различни търговски споразумения.⁸ *Четвърто*, от методологическа гледна точка ЕС е пример за група от голям брой силно интегрирани държави, което, в съответствие с дискусиата в теоретичния раздел, означава, че многостранните търговски разходи могат да имат съществени следствия за оценяването на ефектите на ЕС.

Емпиричният анализ в този раздел ще бъде извършен в Stata, като разделът включва всички команди, необходими за получаване на резултатите, заедно с някои пояснения и тълкуване на резултатите. Всички команди и данни, необходими за оценяването, са събрани в единен do-файл, достъпен на: https://yotoyotov.com/Gravity_Undergrads.html. Важно е да се отбележи, че командите, представени в този раздел, могат лесно да бъдат приложени и в други стандартни (и то безплатни!) статистически пакети. Тоест, те би трябвало да са достъпни за всеки студент с базова подготовка по иконометрия. За допълнително улеснение на сайта са налични и данните, и кодът, използвани в този раздел, и на R.

Гравитационните данни. Към този наръчник съставих базата данни „Гравитационен модел за студенти“ ([Gravity for Undergraduates](#)), която черпи най-актуалните (към март 2025 г.) търговски данни, данни за политики и гравитационни данни, достъпни за академични изследвания и анализ на икономически политики. Следователно данните, използвани за емпиричния анализ в този раздел и за практическите приложения в края на наръчника, са подходящи за анализ на политики и изследователски проекти. Базата данни включва агрегирани търговски и гравитационни променливи за 100-те най-големи износители в света и обхваща 98,9% от световния износ, 97,7% от световния внос и 98,3% от световния БВП през периода 1990–2023 г. По-долу е представен списък на променливите, използвани в анализа в този раздел,

⁸ Практическите приложения в края на главата включват повече примери.

заедно с кратко описание и източниците на данни. Останалите променливи ще бъдат разгледани в раздела „Практически приложения“ в края на наръчника.

Износител (Exporter)	ISO код на страната износител i . Идентификационна променлива.
Вносител (Importer)	ISO код на страната вносител j . Идентификационна променлива.
Година (Year)	Година t , приемаща стойности от 1990 до 2023. Идентификационна променлива.
Търговия (Trade)	Агрегирани двустранни търговски потоци между i и j през година t , измерени в номинални (текущи) щатски долари. Източник: UN COMTRADE database, https://comtradeplus.un.org/ .
Разстояние (Distance)	Разстояние, претеглено по население, в километри между i и j . Източник: USITC DGD database, https://www.usitc.gov/data/gravity/dgd.htm .
RTA (RTA)	Индикатор за наличие на регионално търговско споразумение (RTA) между i и j през година t . Източник: базата данни на Mario Larch – https://www.ewf.uni-bayreuth.de/en/research/RTA-data/
EC (EU)	Индикатор, че страните i и j са членки на Европейския съюз през година t . Източник: Авторът, въз основа на данни от Европейската комисия.
БВП_Износител (GDP_Exporter)	Брутен вътрешен продукт на страната износител i през година t , измерен в номинални (текущи) щатски долари. Източник: World Bank WDI database, https://datacatalog.worldbank.org/home
БВП_Вносител (GDP_Importer)	Брутен вътрешен продукт на страната вносител j през година t , измерен в номинални (текущи) щатски долари. Източник: World Bank WDI database, https://datacatalog.worldbank.org/home

Фигура 6 представя извадка от данните за три държави (Канада, Мексико и САЩ) за три години (1993-1995). Данните показват, че търговията между тези три страни е значителна, асиметрична и се изменя във времето. По дефиниция разстоянието за всяка двойка страни е симетрично. Променливата RTA приема стойност 1 за търговията между Канада и САЩ през всички години поради търговското споразумение между двете страни от 1989 г., докато за двойките САЩ–Мексико и Канада–Мексико променливата RTA преминава от 0 към 1 през 1994 г. поради Северноамериканското споразумение за свободна търговия (NAFTA). Променливата EU винаги е равна на 0, тъй като нито една от тези държави не е член на Европейския съюз. Променливите за БВП (GDP) отразяват различията в икономическия размер на държавите. И накрая, макар че няма да се налага изрично да създават и включват фиксирани ефекти, Фигура 6 съдържа четири примера за такива ефекти. ‘CAN_exp_1993’ е фиксираният ефект за износителя Канада през 1993 г., ‘USA_imp_1995’ е фиксираният ефект за вносителя САЩ през 1995 г., ‘CAN_MEX’, е фиксираният ефект за двойката страни при износа на Канада за Мексико, а ‘MEX_CAN’ е фиксираният ефект за двойката страни при износа на Мексико за Канада.

Фигура 6: Структурата на гравитационните данни

	Exporter	Importer	Year	Trade	Distance	RTA	EU	GDP_Exporter	GDP_Importer	CAN_exp_1993	USA_imp_1995	CAN_MEX	MEX_CAN
1	CAN	MEX	1993	9.882e+08	3472.085	0	0	5.791e+11	5.302e+11	1	0	1	0
2	CAN	MEX	1994	1.620e+09	3472.085	1	0	5.799e+11	5.536e+11	0	0	1	0
3	CAN	MEX	1995	1.374e+09	3472.085	1	0	6.060e+11	3.802e+11	0	0	1	0
4	CAN	USA	1993	1.136e+11	2134.945	1	0	5.791e+11	6.859e+12	1	0	0	0
5	CAN	USA	1994	1.319e+11	2134.945	1	0	5.799e+11	7.287e+12	0	0	0	0
6	CAN	USA	1995	1.483e+11	2134.945	1	0	6.060e+11	7.640e+12	0	1	0	0
7	MEX	CAN	1993	2.785e+09	3472.085	0	0	5.302e+11	5.791e+11	0	0	0	1
8	MEX	CAN	1994	3.274e+09	3472.085	1	0	5.536e+11	5.799e+11	0	0	0	1
9	MEX	CAN	1995	3.981e+09	3472.085	1	0	3.802e+11	6.060e+11	0	0	0	1
10	MEX	USA	1993	4.072e+10	2492.987	0	0	5.302e+11	6.859e+12	0	0	0	0
11	MEX	USA	1994	5.033e+10	2492.987	1	0	5.536e+11	7.287e+12	0	0	0	0
12	MEX	USA	1995	6.275e+10	2492.987	1	0	3.802e+11	7.640e+12	0	1	0	0
13	USA	CAN	1993	8.804e+10	2134.945	1	0	6.859e+12	5.791e+11	0	0	0	0
14	USA	CAN	1994	1.002e+11	2134.945	1	0	7.287e+12	5.799e+11	0	0	0	0
15	USA	CAN	1995	1.098e+11	2134.945	1	0	7.640e+12	6.060e+11	0	0	0	0
16	USA	MEX	1993	4.832e+10	2492.987	0	0	6.859e+12	5.302e+11	0	0	0	0
17	USA	MEX	1994	5.481e+10	2492.987	1	0	7.287e+12	5.536e+11	0	0	0	0
18	USA	MEX	1995	5.397e+10	2492.987	1	0	7.640e+12	3.802e+11	0	0	0	0

Източник: Базата данни „Гравитационен модел за студенти“

Извадката, представена на Фигура 6, съдържа 18 наблюдения, тъй като в нея участват 3 държави, като всяка от тях изнася за и внася от другите две през всяка от трите години, т.е. $(3 \text{ държави}) \times (2 \text{ партньора}) \times (3 \text{ години}) = 18$. Следователно, ако имаше данни за всички двойки държави и за всички години, броят на наблюденията в базата данни би бил $100 \times 99 \times 34 = 336\,600$. Базата данни обаче не е напълно балансирана, тъй като някои държави, например бившите съветски републики, не са били независими в началото на 90-те години и данните за тяхната търговия и БВП са налични едва за по-късни години. В резултат на това броят на наблюденията в базата е 320 920.

Преди да преминем към иконометричния анализ, е необходимо да преобразуваме някои от променливите (т.е. търговията, разстояние и БВП) в логаритмична форма. Това става чрез следния прост код на Stata:

```
generate ln_trade=ln(Trade)
generate ln_dist=ln(Distance)
generate ln_gdp_exp=ln(GDP_Exporter)
generate ln_gdp_imp=ln(GDP_Importer)
```

Оценяване на найвния гравитационен модел. Следният команден ред в Stata дава най-„традиционните“ (но „наивни“) оценки на гравитационния модел чрез проста OLS спецификация, съответстваща на Уравнение (5):

```
regress ln_trade ln_dist RTA EU ln_gdp_exp ln_gdp_imp if Year==2023
```

Елементите на този команден ред са следните: „regress“ – стандартната команда в Stata за оценяване чрез OLS; „ln_trade“ – зависимата променлива; „ln_dist“, „RTA“, „EU“, „ln_gdp_exp“ и „ln_gdp_imp“ – независимите променливи. Накрая, условието „if Year==2023“ гарантира, че анализът се извършва само за една година – 2023 г., като тази година може да бъде заменена с която и да е друга година от наличните данни, т.е. всяка година от 1990 до 2023.

Гравитационните оценки от това уравнение са представени в колона (1) на Таблица 1. Като цяло резултатите са в съответствие с очакванията. Открояват се *пет* основни извода. *Първо*, оценката за ефекта на разстоянието върху търговията е отрицателна и статистически значима, което означава, че увеличение на разстоянието с 1% води до намаление на търговията с 1.179%. *Второ*, оценките за ефекта на RTA и на ЕС са положителни и статистически значими. Оценката за RTA показва, че при равни други условия търговските споразумения са довели до увеличение на търговията между страните членки с 94% (изчислено като $[\exp(0.664) - 1] \times 100 = 94.25$). *Трето*, може би не е изненадващо, тъй като ЕС представлява много дълбока форма на интеграция, ефектът на ЕС върху търговията е още по-голям. (Като използвате изчислението за ефекта на RTA като пример, можете ли да оцените увеличението на търговията между страните членки на ЕС, дължащо се на ЕС?) *Четвърто*, големите, положителни и статистически значими оценки за ефекта на БВП, както за вносителя, така и за износителя, потвърждават силната положителна връзка между икономическия размер и търговията. *Накрая*, с $R^2 = 0.64$, „наивният“ гравитационен модел показва добро съответствие дори само с пет стандартни обясняващи променливи.

Таблица 1: Еволюция на гравитационните оценки

	(1) Наивен гравитационен модел	(2) Структурен гравитационен модел	(3) Панелен гравитационен модел	(4) Гравитационен модел с многоизмерни фиксиранни ефекти	(5) Мултипликативен гравитационен модел
ln_dist	-1.179 (0.032)**	-1.473 (0.034)**	-1.583 (0.006)**		
RTA	0.664 (0.049)**	0.236 (0.051)**	0.147 (0.010)**	0.103 (0.013)**	0.076 (0.012)**
EU	0.900 (0.112)**	-0.261 (0.117)*	-0.526 (0.022)**	0.427 (0.030)**	0.273 (0.024)**
ln_gdp_exp	1.352 (0.015)				
ln_gdp_imp	1.143 (0.015)**				
Constant	-37.864 (0.600)**				
<i>N</i>	9564	9564	288085	288085	320920
<i>R</i> ²	0.643	0.759	0.772	0.897	

Източник: Авторът. Стандартни грешки в скоби. ⁺ $p < 0.10$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$. За подробности за всяко от уравненията – вж. основния текст на наръчника.

Оценяване на структурния гравитационен модел. За да оценим структурния гравитационен модел правим две промени в предходния команден ред (6):

```
reghdfe ln_trade ln_dist RTA EU if Year==2023, absorb(Exporter Importer)
```

Първо, използваме командата ‘reghdfe’⁹. Макар че е напълно допустимо да се използва стандартната команда ‘regress’ от предходното уравнение, тук ‘reghdfe’ е за предпочитане, тъй като позволява лесно включване на голям брой фиксирани ефекти, което е и *втората* промяна, която въвеждаме в командния ред. По-конкретно, използването на опцията ‘absorb(Exporter Importer)’ означава, че оценяването се извършва с фиксирани ефекти за износителя и вносителя, които контролират всички наблюдавани и ненаблюдавани характеристики от страна на износителя (например стойността на производството) и от страна на вносителя (например разходите), както и многостранните търговски разходи, които могат да влияят върху двустранната търговия. Следователно, новите резултати от оценяването, представени в колона (2) на Таблица 1, вече не включват оценки за ефекта на БВП върху търговията.¹⁰

Съществуват четири основни разлики между оценките в колони (1) и (2). *Първо*, оценката за ефекта на разстоянието в колона (2) остава отрицателна и статистически значима, но е по-голяма по абсолютна стойност. *Второ*, оценката за ефекта на ЕС е много по-малка, всъщност отрицателна. Този резултат е в съответствие с обсъждането на теоретичните следствия от многостранните търговски разходи в предходния раздел. По-конкретно, както предвижда теорията, след като многостранните търговски разходи бъдат отчетени, ефектът на ЕС се оказва значително по-малък. *Трето*, виждаме, че оценката за RTA също е по-малка, но остава положителна и статистически значима. *И накрая*, стойността на R^2 в колона (2) е по-висока. Това, разбира се, е очаквано и се дължи на използването на фиксирани ефекти за износителя и вносителя, които отчитат всички наблюдавани и ненаблюдавани фактори, определящи търговските потоци, специфични за износителя и за вносителя.

Оценяване на панелния гравитационен модел. Правим две промени в предходния команден ред, за да получим панелни оценки на гравитационния модел, съответстващи на Уравнение (7):

```
reghdfe ln_trade ln_dist RTA EU, absorb(Exporter#Year Importer#Year)
```

Първо, премахваме условието ‘if year==2023’, тъй като искаме да използваме всички години в данните. *Второ*, допускаме фиксирани ефекти в иконометричния модел също да се изменят във времето, т.е. вече използваме фиксирани ефекти за износител–година (Exporter#Year) и за вносител–година (Importer#Year). Следва да се отбележи, че измеренията на фиксирани ефекти в панелната спецификация са в съответствие с теорията на панелния гравитационен модел (3), при който специфичните за износителя и вносителя променливи (тоест, променливите, свързани с икономическия размер и многостранните търговски разходи) също се изменят във времето.

Панелните оценки са представени в колона (3) на Таблица 1. Първо отбелязваме, че, както се очаква, броят на наблюденията (N) в колона (3) е значително по-голям. Във връзка с това, т.е. поради използването на повече данни, стандартните грешки в колона (3) действително са по-малки. Оценката за ефекта на разстоянието е съпоставима със съответния резултат от оценката с данни от напречното сечение в колона (2). Оценката за ефекта на RTA е по-малка, но остава положителна и статистически значима. Оценката за ЕС в колона (3) обаче е голяма, отрицателна и статистически значима. Този резултат е много изненадващ от гледна точка на икономическата политика. От методологична гледна точка обаче той не е изненадващ, а обяснението е, че тази панелна спецификация пропуска много потенциално важни двустранни търговски разходи. Този проблем се решава в следващата спецификация.

Оценяване на гравитационния модел с триизмерни фиксирани ефекти. Следващата корекция в панелния гравитационен модел е включването на фиксирани ефекти по двойки страни. Това става лесно чрез опцията ‘absorb’ в командния ред, където към фиксирани ефекти за износител – година и вносител – година – вече добавяме и фиксирани ефекти по двойки страни (Importer#Exporter). Командният ред става:

⁹ Командата ‘reghdfe’ както и други бързи команди за оценки с многоизмерни фиксирани ефекти (‘ppmlhdfc’), която е използвана в тази глава дължим съответно на Correia (2016) и Correia et al. (2020).

¹⁰ След като се включат фиксирани ефекти, оценката на константата губи своето стандартно тълкуване. Затова тя също се пропуска.

```
reghdfe In_trade RTA EU, absorb(Exporter#Year Importer#Year Importer#Exporter)
```

Следва да се отбележи, че променливата „In_dist“ вече не присъства в новия команден ред. Причината е, че след въвеждането на фиксираните ефекти по двойки страни, те поглъщат и напълно контролират всички неизменни във времето двустранни търговски разходи, включително разстоянието. Доколкото значителна част от двустранните търговски разходи се определя от географски фактори, фиксираните ефекти по двойки страни са много мощен иконометричен инструмент за контрол върху множество променливи, които не могат да бъдат лесно измерени или дори наблюдавани. Това ни позволява да се съсредоточим върху интересуващите ни променливи, свързани с търговската политика, като в нашия случай това са ЕС и RTA, които също са двустранни, но се изменят във времето. Ако интересът е насочен към факторите, определящи търговските потоци, които са неизменни във времето (напр. разстояние, обща граница, общ език и др.), тогава фиксираните ефекти по двойки страни не могат да бъдат използвани, тъй като включването им изключва възможността за оценяване на такива ефекти. Подобни анализи са представени в практическите въпроси в края на главата.

Гравитационните оценки с фиксирани ефекти по двойки страни са представени в колона (4) на Таблица 1. Тази спецификация води до много различна оценка на ефекта на ЕС. По-конкретно, оценката за ефекта на ЕС вече е голяма, положителна и статистически значима, както и се очакваше. Оценката за RTA е малко по-ниска от предишната, но остава положителна и статистически значима. Както беше отбелязано по-рано, обяснението за промените в оценките на ефектите на политиките е, че предходните спецификации не включват важни неизменни във времето независими променливи, които тук са напълно контролирани чрез фиксираните ефекти по двойки страни. Следователно, доколкото предмет на интерес е ефектът на двустранни променливи, свързани с търговската политика (напр. RTA, членство в ЕС, мита, санкции и др.), спецификацията с фиксирани ефекти по двойки страни е силно препоръчителна. Използването на фиксирани ефекти по двойки страни води и до допълнително подобряване на общото съответствие на модела, което се вижда от стойността на $R^2 = 0.9$.

Оценяване на мултипликативния гравитационен модел. В последната спецификация оценяваме гравитационния модел в мултипликативна форма. Съответният команден ред е:

```
ppmlhdfe Trade RTA EU, absorb(Exporter#Year Importer#Year Importer#Exporter)
```

Двете прости корекции, които ни позволяват да оценим гравитационния модел в мултипликативна форма, са (i) да заменим командата 'reghdfe' с командата 'ppmlhdfe' и (ii) да използваме търговските потоци в равнища: 'Trade' вместо логаритъма на търговските потоци 'ln_trade'. Новата команда 'ppmlhdfe' отразява факта, че ще използваме мултипликативния оценител PPML, вместо стандартния OLS. PPML се е утвърдил като стандартен оценител в гравитационния анализ, тъй като има редица иконометрични предимства пред OLS, включително и факта, че благодарение на мултипликативната си форма може да отчита нулевите търговски потоци в данните.¹¹ Важно е да се отбележи, че интерпретацията на гравитационните оценки остава същата, когато те са получени чрез PPML. Освен това, благодарение на последните развития в изчислителните методи, оценителят PPML е бърз и устойчив.

Последната група гравитационни оценки е представена в колона (5) на Таблица 1. Мултипликативният гравитационен модел дава оценка за RTA от 0.076, което означава, че при равни други условия въздействието на RTA, влезли в сила през разглеждания период, е увеличение на търговията между страните-членки на съответните RTA с около 8%. Оценката за ЕС предполага съответен ефект от около 31%. Оценките и за двете променливи могат да изглеждат сравнително малки, но трябва да се има предвид следното. *Първо*, поради използването на фиксирани ефекти по двойки страни, нашите оценки улавят единствено ефектите на търговските споразумения, влезли в сила след 1990 г., както и ефектите, дължащи се на държавите-членки на ЕС, присъединили се след 1990 г. *Второ*, ефектите както на ЕС, така и на RTA могат да бъдат силно хетерогенни. За RTA това е показано в раздела с практически приложения в края на наръчника. *Накрая*, следва да се отбележи, че в колона (5) не е отчетена стойност на R^2 .¹² Вместо това, за

¹¹ За по-подробно обсъждане на оценителя PPML в гравитационния анализ вж. Santos Silva and Tenreiro (2006) и Larch et al. (2025).

¹² Причината е, че нелинейният PPML оценител дава „псевдо- R^2 “, който не е съпоставимо с R^2 от предходните OLS спецификации. Вижте <https://www.statalist.org/forums/forum/general-stata-discussion/general/1528609-ppmlhdfe-pseudo-r2>.

да се прецени общото съответствие на модела, насочвам читателя към Фигура 2, която е изготвена въз основа на тази спецификация.

Една последна бележка. Ако разбирате смисъла, обосновката и следствията от всеки от елементите в мултипликативната гравитационна спецификация, която току-що разгледахме, значи сте изминали дълъг път и можете да се гордеете със себе си. Както ще бъде показано в раздела с практическите приложения в края на наръчника, само чрез добавяне на съответните независими променливи към тази спецификация ще можете да оценявате ефектите на множество двустранни политики, изменящи се във времето (например санкции, митнически съюзи и др.) върху търговията. Освен това, ако се интересувате от ефектите на неизменни във времето фактори, определящи търговските потоци (като разстояние, колониални връзки, общ официален език и др.), можете да включите тези променливи вместо фиксираните ефекти по двойки страни. Като цяло, на този етап вече разполагате с много добра подготовка, за да изследвате влиянието на различни политики върху търговските потоци с помощта на съвременен емпиричен гравитационен модел.

Преди да приключим, остава още един елемент на иконометричния гравитационен модел, който не обсъдихме. Той е свързан с третирането на стандартните грешки в гравитационните оценки и не беше разгледан по-рано по три причини. Първо, темата вероятно е твърде сложна с оглед на настоящите цели. Второ, няма твърдо установени практики за нейното решаване. Трето, оценките на коефициентите пред независимите променливи няма да се променят, докато съответните стандартни грешки може да се увеличат или намалят, макар че това често води само до малки различия в резултатите от гравитационния модел. Ето защо, без да навлизам в подробности, моята препоръка е да следвате една от най-широко използваните практики за третиране на стандартните грешки в гравитационния модел, като просто добавите опцията `cluster(Exporter#Importer)` в края на командния ред. Тъй като дори водещи иконометрици не са постигнали единодушие по този въпрос, не бива да се тревожите твърде много за него; а ако някой ви попита защо сте направили тази корекция, можете просто да отговорите: „Виновен е Йото Йотов!“

Библиография

- Anderson, James E.** 1979. "A Theoretical Foundation for the Gravity Equation." *American Economic Review* 69 (1): 106–116.
- Anderson, James E.** 2011. "The Gravity Model." *Annual Review of Economics* 3: 133–160.
- Anderson, James E., and Eric van Wincoop.** 2003. "Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle." *American Economic Review* 93 (1): 170–192.
- Arkolakis, Costas, Arnaud Costinot, and Andrés Rodríguez-Clare.** 2012. "New Trade Models, Same Old Gains?" *American Economic Review* 102 (1): 94–130.
- Baldwin, Richard E., and Daria Taglioni.** 2006. "Gravity for Dummies and Dummies for Gravity Equations." *NBER Working Paper No. 12516*.
- Correia, Sergio.** 2016. "A Feasible Estimator for Linear Models with Multi-Way Fixed Effects." *unpublished manuscript available at <http://scorreia.com/research/hdfe.pdf>*.
- Correia, Sergio, Paulo Guimarães, and Thomas Zylkin.** 2020. "Fast Poisson Estimation with HighDimensional Fixed Effects." *The Stata Journal* 20 (1): 95–115. [10.1177/1536867x20909691](https://doi.org/10.1177/1536867x20909691).
- Eaton, Jonathan, and Samuel Kortum.** 2002. "Technology, Geography and Trade." *Econometrica* 70 (5): 1741–1779.
- Frankel, J.A., and D. Romer.** 1999. "Does Trade Cause Growth?" *American Economic Review* 89 (3): 379–399.
- Krugman, Paul.** 1995. "Increasing returns, imperfect competition and the positive theory of international trade." In *Handbook of International Economics*, edited by Grossman, G. M., and K. Rogoff Volume 3. 1st edition, Chap. 24: 1243–1277.
- Larch, Mario, Serge Shikher, and Yoto Yotov.** 2025. "Estimating Gravity Equations: Theory Implications, Econometric Developments, and Practical Recommendations." Working Papers 2025001, Center for Global Policy Analysis, LeBow College of Business, Drexel University, <https://ideas.repec.org/p/drx/wpaper/2025001.html>.
- Ravenstein, ErnestGeorge.** 1885. "The Laws of Migration: Part 1." *Journal of the Statistical Society of London* 48 (2): 167–235.
- Rose, Andrew K.** 2000. "One money, one market: the effect of common currencies on trade." *Economic Policy* 15 (30): 08–45.
- Santos Silva, João M.C., and Silvana Tenreyro.** 2006. "The Log of Gravity." *Review of Economics and Statistics* 88 (4): 641–658.
- Tinbergen, Jan.** 1962. *Shaping the World Economy: Suggestions for an International Economic Policy*. New York: The Twentieth Century Fund.
- Yotov, Yoto V.** 2024. "The evolution of structural gravity: The workhorse model of trade." *Contemporary Economic Policy* 42 (4): 578–603.
- Yotov, Yoto V., Roberta Piermartini, Jose-Antonio Monteiro, and Mario Larch.** 2016. *An Advanced Guide to Trade Policy Analysis: The Structural Gravity Model*. Geneva: UNCTAD and WTO.

Практически приложения

Практическите приложения в този раздел са разработени с оглед на няколко цели. Първо, да затвърдят материала и инструментите, разгледани в наръчника. Второ, да упражнят и разширят уменията ви за програмиране. Трето, да предложат повече и по-реалистични приложения, свързани с политиките. Задачите са подредени по трудност – от по-лесни към по-сложни. Всяка задача е самостоятелна и може (а и следва) да бъде решавана независимо. Някои от задачите са разделени на части, като решението на всяка част изисква само няколко реда код. Данните, необходими за изпълнение на всички задачи, са единствено тези, предоставени в базата “Гравитационен модел за студенти”: https://yotoyotov.com/Gravity_Undergrads.html

1. Физика и търговия. Използвайте БВП на износителя и на вносителя, както и променливата за разстояние (Distance) за 2023 г. от базата данни, за да конструирате търговските потоци съгласно наивния гравитационен модел (1). В съответствие със съществуващата литература по международна търговия, приемете, че еластичността на търговията спрямо разстоянието е $\theta = -1$. Освен това тъй като ще се интересувате от корелацията между конструираните и действителните търговски потоци, приемете, че търговската гравитационна константа е $\tilde{G} = 1$. Изчислете корелацията между търговските потоци, конструирани чрез наивния гравитационен модел, и действителните търговски потоци от данните. Какъв е корелационният коефициент? Сравнете средните стойности на двете променливи. Какво може да обясни разликите?

2. Оценки с данни от напречно сечение във времето. Използвайте базата данни, за да оцените наивния гравитационен модел от Раздел 4 на наръчника (т.е. спецификацията в колона (1) на Таблица 1) за годините 1990, 2000, 2010 и 2020. Обсъдете как се изменят във времето оценките на петте гравитационни променливи (Съвет: Можете да оцените четири отделни уравнения или да напишете цикъл.)

3. Стандартните гравитационни променливи. Логаритъмът на разстоянието между две страни, наличието на обща граница, общ официален език и колониални връзки са четирите най-често използвани в специализираната литература заместители (проху) на неизменните във времето търговски разходи. В тази задача използвайте базата данни, за да оцените ефектите на тези „стандартни“ гравитационни променливи върху търговията.

3.a. Започнете с мултипликативния гравитационен модел от Раздел 4 на наръчника (т.е. спецификацията в колона (5) на Таблица 1) и добавете променливите ‘ln_dist’, ‘Contiguous_Border’, ‘Common_Language’ и ‘Colonial_Ties’ директно към тази спецификация. Можете ли да установите ефектите от тези променливи? Защо?

3.b. Сега оценете същата спецификация, но без фиксираните ефекти по двойки страни. Кой елемент от вашата спецификация добавя фиксираните ефекти по двойки страни? Премахнете го. Получавате ли оценки за новите променливи от 3.a.? Интерпретирайте новите оценки по знак и по големина.

4. Ефектите на митническите съюзи (‘Customs_Union’). Митническите съюзи са форма на RTA, при която страните членки приемат и обща външнотърговска политика по отношение на държави извън съюза. Следователно, митническите съюзи са „по-дълбоки“ регионални търговски споразумения и като такива се очаква да насърчават търговията в по-голяма степен от RTA. В тази задача ще използвате базата данни, за да проверите тази хипотеза.

4.a. Като използвате базата данни, оценете мултипликативния гравитационен модел от Раздел 4 на наръчника (т.е. спецификацията от колона (5) на Таблица 1), като добавите променливата ‘Customs_Union’. Интерпретирайте и обсъдете оценката за ‘Customs_Union’.

4.b. Тъй като по дефиниция митническите съюзи са регионални търговски споразумения, променливата RTA вече ги включва. Следователно оценката за ‘Customs_Union’ от точка 4.a. следва да се интерпретира като отклонение спрямо оценката за RTA. За да получите оценката за ефекта на митническите съюзи в равнища, задайте фиктивната променлива RTA на 0, когато ‘Customs_Union’ е равна на 1. След това преоценете модела от 4.a. Сравнете оценките за ‘Customs_Union’ от 4.a. и 4.b. и след това интерпретирайте новата оценка.

5. Ефектите на търговските санкции (‘Trade Sanctions’). Икономическите санкции се превърнаха в неразделна част от съвременната държавна политика. В тази задача ще използвате базата данни, за да оцените ефектите на пълните търговски санкции и да изолирате ефектите на санкциите срещу Русия.

5.a. Като използвате базата данни приложете мултипликативния гравитационен модел от Раздел 4 на наръчника (т.е. спецификацията в колона (5) от Таблица 1) като добавите променливата 'Trade_Sanction'. Интерпретирайте и обсъдете оценката за ефекта на санкциите.

5.b. Като използвате предишната спецификация от 5.a. изолирайте ефекта на санкциите срещу Русия. За целта използвайте променливата 'Trade_Sanction', за да конструирате нова променлива за санкциите срещу Русия – 'Russia_Sanction', която приема стойност 1, ако Русия е обект на търговска санкция и 0 – в противен случай. След това задайте стойност 0 на променливата 'Trade_Sanction', когато 'Russia_Sanction' е равна на 1, и оценете модела от 5.a., като добавите променливата 'Russia_Sanction'. Интерпретирайте резултатите си.

5.c. Изолирайте ефектите на санкциите срещу Русия през 2022 г., наложени вследствие на инвазията ѝ в Украйна. За тази цел разделете променливата 'Russia_Sanction' от предходната спецификация на две променливи: 'Russia_Sanction_Old' за санкциите преди 2022 г.; и 'Russia_Sanction_New' за санкциите, наложени през 2022. След това оценете модела от 5.b., като замените променливата 'Russia_Sanction' с двете нови променливи за санкциите срещу Русия. Обсъдете и интерпретирайте резултатите си.

6. Хетерогенни ефекти на RTA. Единната оценка за ефекта на RTA, получена в наръчника, може да прикрива значителна хетерогенност в ефектите на RTA. В тази задача ще използвате базата данни, за да изследвате няколко измерения на тази хетерогенност.

6.a. Като използвате базата данни, оценете мултипликативния гравитационен модел от Раздел 4 на наръчника (т.е. спецификацията в колона (5) от Таблица 1) като допуснете ефектите на RTA да се различават за периодите 1990-1999, 2000-2009 и 2010-2023. (Съвет: Разделете променливата RTA на три променливи - по една за всеки период). Обсъдете получените резултати.

6.b. Като започнете с мултипликативния гравитационен модел от Раздел 4 на наръчника (т.е. спецификацията в колона (5) на Таблица 1), изолирайте ефекта на Споразумението за свободна търговия между Австралия и Китай (ChAFTA) от 2015 г. За тази цел конструирайте фиктивна променлива ChAFTA, която приема стойност 1 за търговията между Австралия и Китай през годините след 2014 г. Добавете тази променлива към мултипликативния гравитационен модел.

6.c. Спецификацията от 6.b. дава оценка на ефекта на ChAFTA като отклонение от ефекта на RTA. Причината е, че променливата RTA включва и ChAFTA. За да получите оценка за пълния ефект на ChAFTA, задайте стойност 0 на променливата RTA, когато ChAFTA е равна на 1. След това оценете отново спецификацията от 6.b.. Сравнете оценките за ChAFTA от двете спецификации и интерпретирайте новата оценка за ChAFTA.

6.d. Проверете дали ефектите на ChAFTA са асиметрични. (Съвет: Разделете променливата ChAFTA на две променливи според посоката на търговските потоци, т.е. от Австралия към Китай и от Китай към Австралия. След това използвайте двете променливи вместо променливата ChAFTA в предходната спецификация и сравнете техните оценки).