

Małgorzata Bulkowska

Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut Badawczy
e-mail: bulkowska@ierigz.waw.pl

**MODEL GRAWITACYJNY
W HANDLU ZAGRANICZNYM:
WYBRANE ASPEKTY TEORETYCZNE I METODYCZNE**

**GRAVITY MODEL IN FOREIGN TRADE:
SELECTED THEORETICAL
AND METHODOLOGICAL ASPECTS**

DOI: 10.15611/pn.2018.529.03

JEL Classification: F1, F13, F14, F15

Streszczenie: Celem artykułu jest omówienie podstaw teoretycznych stosowania równania grawitacji w ekonomii oraz wskazanie najważniejszych problemów związanych z konstrukcją modeli, w tym z doбором zmiennych modelowych i metod estymacji. W artykule zastosowano metodę *desk research* obejmującą analizę artykułów naukowych na dany temat. Koncepcja zastosowania modelu grawitacji w badaniach handlu zagranicznego, przedstawiona przez Tinbergena w latach 60. XX wieku poprzez analogię do fizyki, była przez wiele lat krytykowana za niewystarczające podstawy teoretyczne. Od tamtego czasu model grawitacji zyskał silną podbudowę teoretyczną. Obecnie model grawitacji jest ważnym empirycznym narzędziem, które pomaga zrozumieć zjawiska gospodarcze zachodzące między dwoma krajami. Pierwotnie używane do wyjaśnienia przepływów handlowych, znajduje zastosowanie także w innych obszarach badań, w tym do oszacowania przepływów kapitałowych (FDI) czy też ruchów migracyjnych.

Słowa kluczowe: handel zagraniczny, model grawitacyjny, podstawy teoretyczne, metody estymacji.

Summary: The aim of the article is to discuss the theoretical foundations of applying the equation of gravity in economics and to identify the most important problems related to the construction of models, including the selection of model variables and estimation methods. The concept of using the gravity model in foreign trade research presented by Tinbergen in the 1960s by analogy to physics has been criticized for many years for insufficient theoretical foundations. Since then, the gravity model has gained a strong theoretical foundation. Currently, the gravity model is an important empirical tool that helps to understand the economic phenomena occurring between the two countries. Originally used to explain trade flows, it is also applied in other areas of research, including the estimation of capital flows (FDI) or migration movements.

Keywords: foreign trade, gravity model, theoretical foundations, methods of estimation.

1. Wstęp

Handel zagraniczny pozwala gospodarce szybciej się rozwijać, być bardziej konkurencyjną, a mieszkańcom daje większą różnorodność dostępnych towarów po niższych cenach. Modele grawitacji są powszechnie stosowanym narzędziem do badań intensywności relacji handlowych. Zgodnie z nimi handlowa siła przyciągania między krajami jest wprost proporcjonalna do wielkości ich gospodarek, a odwrotnie proporcjonalna do odległości między nimi.

Wiele badań empirycznych, włączając w to pionierskie badania Tinbergena [1962], wykazało, że model grawitacji jest dobrym narzędziem do analizy bilateralnych obrotów handlowych. Mimo to początkowo modele te krytykowano z powodu braku dostatecznych ekonomicznych podstaw teoretycznych. Dopiero w latach 80. i 90. literatura dostarczyła ekonomicznych podstaw teoretycznych dla ekonometrycznego równania grawitacji, co wpłynęło na zwiększenie jego użyteczności w badaniach naukowych. Obecnie równanie grawitacji można wyprowadzić z wielu teoretycznych modeli wymiany międzynarodowej opartych na założeniach neoklasycznych, jak również nowej teorii handlu.

Celem artykułu jest omówienie podstaw teoretycznych stosowania prawa grawitacji w ekonomii oraz wskazanie najważniejszych problemów związanych z konstrukcją modeli, w tym z doбором zmiennych modelowych, równań i metod estymacji. W artykule zastosowano metodę *desk research* obejmującą analizę artykułów naukowych na dany temat.

2. Podstawy teoretyczne modelu grawitacyjnego

W analizie międzynarodowych przepływów towarowych model grawitacji po raz pierwszy został wykorzystany ponad pół wieku temu przez holenderskiego ekonomistę i fizyka Tinbergena [1962]. W nawiązaniu do prawa grawitacji Newtona zakłada on, że handlowa siła przyciągania między krajami jest wprost proporcjonalna do wielkości ich gospodarek, a odwrotnie proporcjonalna do odległości między nimi. W najprostszej postaci model grawitacyjny można opisać następującym wzorem:

$$T_{ij} = A \frac{Y_i Y_j}{D_{ij}},$$

gdzie: A – stała, T_{ij} – wielkość handlu z kraju i do kraju j ; $Y_i Y_j$ – wielkość ekonomiczna kraju i i j ; D_{ij} – odległość między krajami i i j .

Koncepcja zastosowania modelu grawitacji w badaniach handlu zagranicznego, przedstawiona przez Tinbergena poprzez analogię do fizyki, była przez wiele lat krytykowana za niewystarczające podstawy teoretyczne. Badania w tym kierunku podejmowali przez kolejne dziesięciolecia liczni naukowcy, dążąc do stworzenia bardziej precyzyjnego modelu światowych przepływów handlowych, pozwalające-

go na długookresowe wnioski dotyczące kierunku i siły determinant wymiany międzynarodowej, w tym identyfikacji kluczowych barier handlowych.

Do powstania podstaw teoretycznych modelu grawitacji przyczynili się przede wszystkim Anderson [1979], Bergstrand [1985, 1989], Helpman i Krugman [1985] i Deardorff [1998]. W 1979 roku Anderson zaproponował teoretyczne wyjaśnienie równania grawitacji opartego na funkcji popytu ze stałą elastycznością substytucji (*Constant Elasticity of Substitution* – CES), przy założeniu, że produkty są zróżnicowane według miejsca ich pochodzenia, zwanym również założeniem Armingtona [Armington 1969]. Armington zakładał, że dwa towary tego samego rodzaju, ale pochodzące z różnych krajów, są niedoskonałymi substytutami od strony popytu.

Bergstrand [1985, 1989] dokładniej określił podażową stronę gospodarek, wskazując teoretyczne podstawy zależności między wyposażeniem w czynniki produkcji a wymianą handlową. Wprowadził funkcję o stałej elastyczności transformacji (*Constant Elasticity of Transformation* – CET) oraz stwierdził, że ceny w postaci deflatorów PKB mogą być ważną zmienną dodatkową, którą należy włączyć do równania grawitacji.

Helpman i Krugman [1985] i Helpman [1987] teoretycznych podstaw modelu grawitacji doszukiwali się w modelu konkurencji monopolistycznej ze zróżnicowanymi produktami i korzyściami skali. W tym ujęciu podejście związane ze zróżnicowaniem produktu według kraju pochodzenia zostaje zastąpione przez podejście mówiące o różnicowaniu produktu według produkujących je przedsiębiorstw. Model konkurencji monopolistycznej pozwala przede wszystkim wyjaśnić handel wewnątrzgałęziowy, definiowany jako jednoczesny eksport i import produktów należących do tej samej gałęzi przemysłu. Helpman i Krugman wykazali, że im mniejsza jest różnica relatywnych rozmiarów partnerów handlowych, tym większa powinna być intensywność wzajemnej wymiany ogółem oraz wymiany o charakterze wewnątrzgałęziowym w szczególności. Czym bowiem bliższe są sobie rozmiarami dwie gospodarki, tym większe jest prawdopodobieństwo nakładania się popytu na zróżnicowane odmiany dóbr finalnych i pośrednich.

Deardorff podał w wątpliwość interpretację Krugmana i Helpmana, uważając, że podbudowy teoretycznej modelu grawitacji można poszukiwać w teorii Heckschera-Ohlina. Deardorff przyjął dwa scenariusze: handel pozbawiony kosztów transportu i innych barier handlowych oraz handel w sytuacji występujących barier handlowych. Założył on także, zgodnie z preferencjami Armingtona, pełną specjalizację produkcji. Wynikało to z tego, że niemożliwe jest osiągnięcie równowagi cen czynników produkcji, co jest niezbędne do przezwyciężenia barier handlowych, m.in. kosztów transportu.

Ważnym krokiem w rozwoju badań nad modelami grawitacji było uwzględnienie wpływu granic na intensywność bilateralnej wymiany handlowej. McCallum [1995] badał zjawisko efektu granicy (*border puzzle*), porównując handel między poszczególnymi prowincjami Kanady z handlem między Kanadą a poszczególnymi stanami USA. Artykuł McCalluma nie tylko wykazał przydatność równania grawitacji jako

ramy do oszacowania efektów polityki integracji handlowej, ale także wprowadził literaturę próbującą zrozumieć „efekty graniczne”. Uzyskane wyniki wskazywały na istnienie efektu granicy, co implikowało istnienie dodatkowych kosztów w postaci ceł i kosztów transportu. Tym samym niemożliwe stało się utrzymanie założenia o braku różnic w cenach produktów pomiędzy krajami.

Eaton i Kortum [2002] w kontekście modelu grawitacji odnieśli się do ricardiańskiego modelu handlu, który opiera się na założeniu, że handel jest korzystny ze względu na przewagę komparatywną. Kraj, który jest mniej produktywny w wartościach bezwzględnych, może mimo to mieć przewagę komparatywną w produkcji danego towaru. Przewaga komparatywna wynika z różnic w kosztach produkcji lub technologii produkcji.

Z kolei Melitz [2003] wskazuje, że teoretyczne podstawy modelu grawitacji są związane z tendencją selekcji związaną z obecnością heterogenicznych firm działających na skalę międzynarodową. Wbrew temu, co sugerują modele monopolistycznej konkurencji, nie wszystkie istniejące firmy działają na rynkach międzynarodowych. W rzeczywistości tylko niewielka część firm obsługuje rynki zagraniczne. Ponadto nie wszystkie firmy eksportujące eksportują na wszystkie rynki zagraniczne, ponieważ generalnie są aktywne tylko w podgrupie krajów.

Anderson i van Wincoop [2003], nawiązując do podejścia zaproponowanego przez Andersona pod koniec lat 70. XX wieku, wykazali, że na dwustronny handel wpływają zarówno przeszkody handlowe, które istnieją na poziomie bilateralnym (opór dwustronny), jak i względna waga tych przeszkód w odniesieniu do wszystkich innych krajów (tak zwany opór wielostronny). Autorzy zauważają, że wymiana handlowa między dwoma regionami zależy od dwustronnych barier handlowych między nimi w stosunku do średnich barier handlowych, z którymi obaj partnerzy stykają się ze wszystkimi partnerami handlowymi. Ważnym wkładem pracy Andersona i Van Wincoopa [2003] było podkreślenie, że handel dwustronny jest określony względnymi kosztami handlu.

W ostatnich latach próby teoretycznego opisu modeli grawitacji podjęli m.in. Allen i in. [2014], Anderson i in. [2015], Eaton i in. [2016] oraz Anderson i Yotov [2016]. A zatem od momentu przedstawienia przez Tinbergena koncepcji zastosowania równania grawitacji do badania handlu międzynarodowego w latach 60. XX wieku model grawitacji zyskał silną podbudowę teoretyczną.

3. Problem doboru zmiennych w modelach grawitacji

Równanie grawitacji w podstawowej formie może wytłumaczyć relatywnie dużą część bilateralnej wymiany handlowej za pomocą tylko trzech zmiennych objaśniających związanych z wielkościami partnerów handlowych oraz odległością pomiędzy nimi. Spora część handlu pozostaje jednak niewyjaśniona. Z tego względu w badaniach empirycznych często wykorzystuje się równania grawitacji w postaci rozszerzonej, uwzględniającej również inne czynniki, które mogą mieć wpływ na

wielkość bilateralnych obrotów handlowych. Elastyczny dobór zmiennych pozwala na dopasowanie modelu do kontekstu prowadzonych analiz.

W modelach grawitacyjnych istotną kwestią jest określenie zmiennej opisującej „siłę wzajemnego przyciągania” partnerów handlowych, czyli modelową zmienną objaśnianą (zależną). Może nią być eksport, import lub całkowite obroty bilateralne, będące sumą eksportu oraz importu. Zaletą potraktowania eksportu, nie zaś importu, jako zmiennej objaśnianej jest jego mniejsze zniekształcenie wynikające ze stosowania różnych instrumentów protekcji (ceł, barier pozataryfowych) oraz uwzględnianie w cenach kosztów transportu i ubezpieczenia. Dlatego w wielu pracach empirycznych za zmienną objaśnianą przyjmowany jest eksport. Dość często w pracach empirycznych zmienną objaśnianą są także całkowite obroty dwustronne.

Przy konstrukcji modelu grawitacji opisującego relacje międzynarodowe istotne jest również określenie czynników wpływających na siłę przyciągania krajów oraz określenie odległości pomiędzy partnerami handlowymi. Podstawowymi problemami związanymi z konstrukcją grawitacyjnych modeli handlu jest ustalenie, jakie zmienne określają „masy krajów”, a jakie „odległość” między nimi. Zmienne określające masę powinny z jednej strony odzwierciedlać potencjał podaży kraju eksportera, a z drugiej – potencjał popytu kraju importera. Najczęściej miarą masy partnerów handlowych są ich produkty krajowe brutto, które świadczą zarówno o rozmiarach podaży, jak i popytu. Często stosowaną miarą dochodów partnerów jest także PKB *per capita*. Badania empiryczne potwierdzają bowiem, że obroty handlowe pomiędzy krajami bardziej rozwiniętymi są większe.

Odległość w modelu Newtona jest przybliżeniem oporu ruchu, czyli czynnikiem osłabiającym siłę przyciągania. Oznacza to, że im bardziej oddaleni są od siebie partnerzy, tym mniej intensywny jest ich wzajemny handel. Głównym powodem takiego stanu jest istnienie kosztów transakcyjnych handlu, które rosną wraz z wydłużaniem się odległości geograficznej. Do tych kosztów należą m.in. koszty transportu czy też ubezpieczenia ładunku. Na przestrzeni ostatnich lat ewolucji ulegały sposoby rozumienia kategorii odległości wśród zmiennych objaśniających, czego przykładem może być fakt, iż obok odległości fizycznej zaczęto uwzględniać także odległość czasową, ekonomiczną czy też społeczną. Wiąże się to z tym, że na koszty transakcyjne handlu wpływają również inne charakterystyki położenia geograficznego partnerów handlowych, takie jak: posiadanie przez nich wspólnej granicy lądowej, dostęp do morza, długość linii brzegowej i granic lądowych, ale także zmienność ich kursów walutowych, obecność ceł i instrumentów pozataryfowych czy też poziom rozwoju infrastruktury transportowej [Czarny, Folfas 2011].

We współczesnej globalnej gospodarce fizyczny dystans między państwami nie jest już tak istotnym hamulcem wymiany międzynarodowej, przez co odległość w modelu grawitacji może być rozumiana jako stopień podobieństwa handlujących gospodarek. O postępującej globalizacji świadczy długofalowe intensyfikowanie powiązań między krajami, czego przykładem w wymiarze ekonomicznym jest integracja krajowych gospodarek. Dlatego też istotnym czynnikiem wzmacniającym bi-

lateralną wymianę handlową może być także przynależność partnerów handlowych do wolnych stref handlu.

Znaczna elastyczność w kwestii doboru zmiennych, która jest zaletą modeli grawitacji, może jednak wywoływać problemy interpretacyjne.

4. Wybrane aspekty estymacji grawitacyjnych modeli handlu

W modelach grawitacji wykorzystywane jest spektrum metod estymacji modeli panelowych. Mogą to być zarówno modele liniowe (statyczne – m.in. modele z efektami indywidualnymi, efektami czasowymi oraz dynamiczne), jak również modele binarne (m.in. modele logitowe i probitowe). Względnie najprostsze i często wykorzystywane są modele statyczne z jednokierunkowymi efektami indywidualnymi. Ich największym walorem jest możliwość uchwycenia nieobserwowalnych charakterystyk par krajów, czyli siły wzajemnego przyciągania partnerów handlowych. Podstawowymi estymatorami w szacowaniu statycznych modeli z jednokierunkowymi efektami indywidualnymi są: estymator efektów stałych (*Fixed Effects* – FE) oraz estymator efektów losowych (*Random Effects* – RE) [Folfas 2012].

Ograniczeniem podejścia z efektami stałymi jest konieczność usunięcia współliniowości zmiennych objaśniających, co uniemożliwia uwzględnienie w modelu zmiennych, których wartości są stałe w czasie, takich jak np. odległość, granica czy wspólny język. Z kolei estymator efektów losowych wymaga spełnienia warunku braku skorelowania zmiennych objaśniających z efektami indywidualnymi, charakteryzującymi „siłę grawitacji” między partnerami gospodarczymi, w celu uniknięcia endogeniczności zmiennych objaśniających z efektami losowymi. W konsekwencji, najbardziej odpowiednie dla grawitacyjnego modelu handlu wydaje się zastosowanie estymatora Hausmana-Taylora (H-T), który umożliwia uwzględnienie zmiennych stałych w czasie oraz zmiennych skorelowanych z efektami indywidualnymi [Folfas 2012].

W literaturze przedmiotu zwraca się uwagę na bardzo istotny problem związany z estymacją parametrów równania grawitacji w postaci log-liniowej, a mianowicie na obecność zerowych strumieni handlu (*zero trade flows*). Problem ten potwierdza, że zastosowanie grawitacji jako koncepcji zapożyczony z fizyki w ekonomii wiąże się z niemałym problemem, gdyż newtonowskie ujęcie nie przewiduje zerowej grawitacji. Natomiast w świecie realnych zjawisk gospodarczych mają miejsce sytuacje, w których może nie występować handel. W praktyce oznacza to, że w danym okresie wartość obrotów handlowych między dwoma krajami była równa zero bądź była na tyle niska, że nie była rejestrowana w statystykach handlowych. Obecność obserwacji, dla których zmienna objaśniana (wartość strumienia handlu między dwoma krajami) jest równa zero, uniemożliwia wyznaczenie logarytmu takiej zmiennej. W konsekwencji obserwacje te są wykluczane z próby, a model ogranicza się tylko do strumieni handlowych o wartościach dodatnich. Opracowano wiele metod, które pozwalają na rozwiązanie problemu. Jedna z nich proponuje pominięcie

tych obserwacji, dla których zmienna objaśniana ma wartość zero. Zastosowanie tego rozwiązania prowadzi jednak do utraty wielu informacji i stanowi ryzyko błędów pomiaru. Inne podejście dopuszcza zastąpienie par obserwacji z zerowymi wartościami obrotów handlowych liczbą niskiej wartości, np. jednością. Nie tylko nie ma to uzasadnienia teoretycznego, ale również wiąże się z możliwością wypaczenia wyników estymacji.

Santos Silva i Tenreyro [2006] proponują na problemy zerowych strumieni handlu jeszcze jedno rozwiązanie. Rozwiązanie to pozwala też przezwyciężyć niedoskonałości stosowanej metody MNK, która pomija zerowe przepływy handlu i tym samym daje niespójne oszacowania parametrów równania grawitacji z powodu ich heteroskedastyczności. W celu rozwiązania tych problemów proponują zastosowanie nieliniowych technik estymacyjnych (*Poisson Pseudo Maximum Likelihood* – PPML) odpornych na zerowe przepływy handlowe. Inne – alternatywnie do PPML – proponowane metody to: *Negative Binomial Pseudo Maximum Likelihood* (NBPML) oraz *Zero-inflated Pseudo Maximum Likelihood* (ZIPML) i *Zero-inflated Binomial Pseudo Maximum Likelihood* (ZIBPML). Warto dodać, że w konkretnych, specyficznych przypadkach problem *zero trade flows* może dotyczyć znacznej części obserwacji. Zdaniem Heada i Mayera [2014] jeszcze lepszą metodą estymacji jest *Multinomial Pseudo Maximum Likelihood* (MPML) [Gawlikowska-Hueckel, Umiński 2016].

Interpretacja panelowych modeli grawitacji jest złożona ze względu na możliwość występowania efektów indywidualnych, a także efektów czasowych. Ponadto w przypadku modelu bilateralnego pojawia się kwestia jednoczesnego oddziaływania dwóch efektów: efektu wypychania przepływów w przypadku regionów źródeł oraz efektu przyciągania przepływów w przypadku regionów docelowych. Statystyczna istotność odpowiedniego parametru strukturalnego świadczy o istnieniu efektu wypychania lub efektu przyciągania, natomiast statystyczna nieistotność wskazuje na ważny z ekonomicznego punktu widzenia brak wpływu procesów zachodzących w regionach źródłach albo regionach docelowych na badane zjawisko. Znak uzyskanej oceny parametru wskazuje z kolei na kierunek oddziaływania zmiennej objaśniającej w regionie będącym źródłem lub w regionie docelowym na zmienną objaśnianą [Drzewoszewska i in. 2013].

Każda metoda ma swoje zalety i wady i nie można jednoznacznie stwierdzić, że którakolwiek z nich absolutnie przewyższa inne. Z tego powodu w literaturze często stosowano kilka metod szacowania dla tej samej bazy danych.

5. Zakończenie

Klasyczne i nowe teorie handlu zagranicznego skutecznie tłumaczą powody, dla których poszczególne kraje włączają się do światowego handlu; jednakże nie są w stanie odpowiedzieć na pytanie odnośnie do wielkości strumieni handlowych. Pozwala na to model grawitacyjny. Początkowo modele grawitacyjne opierały się głównie na

empirycznych obserwacjach handlu międzynarodowego, przez co były krytykowane za niewystarczające podstawy teoretyczne. Podstawową przyczyną braku akceptacji głównego nurtu było utrzymujące się przekonanie, że równania grawitacyjne są bardziej analogiczne do fizyki niż do analizy ekonomicznej.

Anderson jako pierwszy wprowadził teoretyczne podstawy dla równania grawitacyjnego [1979]. Jednakże dopiero w późnych latach 90. jego znaczenie jako narzędzia wykorzystywanego w ekonomii międzynarodowej zaczęło się zwiększać. Obecnie równania grawitacji mogą być wyprowadzone w oparciu nie tylko o heterogeniczne cechy produktów, lecz także o odwołanie się do niedoskonałej konkurencji, rosnących przychodów skali i zróżnicowania poziomów produktywności. Model grawitacji jest teraz ważnym empirycznym narzędziem, które pomaga zrozumieć zjawiska gospodarcze zachodzące między dwoma krajami. Pierwotnie używane do wyjaśnienia przepływów handlowych, modele grawitacji są obecnie z powodzeniem wykorzystywane również w innych obszarach badań, w tym do oszacowania przepływów kapitałowych (FDI) czy też ruchów migracyjnych.

Do badania handlu międzynarodowego wykorzystuje się różnorodne modele grawitacji. Ich twórcy starają się bowiem jak najbardziej precyzyjnie pokazywać czynniki decydujące o intensywności handlu. We współczesnej globalnej gospodarce fizyczny dystans między państwami nie jest już tak istotnym hamulcem wymiany międzynarodowej, przez co odległość w modelu grawitacji może być rozumiana jako stopień podobieństwa handlujących gospodarek.

Literatura

- Allen T., Arkolakis C., Takahashi Y., 2014, *Universal Gravity*, NBER Working Paper 20787.
- Anderson J.E., 1979, *A theoretical foundation for the gravity equation*, American Economic Review, vol. 69(1), American Economic Association, s. 106–116.
- Anderson J.E., Larch M., Yotov Y.V., 2015, *Anderson Growth and Trade with Frictions: A Structural Estimation Framework*, NBER Working Paper 21377.
- Anderson J.E., Van Wincoop E., 2003, *Gravity with gravitas: A solution to the border puzzle*, American Economic Review, vol. 93(1), s. 170–192.
- Anderson J.E., Yotov Y.V., 2016, *Terms of trade and global efficiency effects of free trade agreements, 1990-2002*, Journal of International Economics, vol. 99(C), Elsevier, s. 279–298.
- Armington P.S., 1969, *A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production*, Staff Papers – International Monetary Fund, vol. 16(1), s. 159–178.
- Bergstrand J.H., 1985, *The gravity equation in international trade: some microeconomic foundations and empirical evidence*, Rev Econ Stat, no. 67, s. 474–481.
- Bergstrand J.H., 1989, *The generalized gravity equation, monopolistic competition, and the factor-proportions theory in international trade*, Review of Economics and Statistics, vol. 71(1), s. 143–153.
- Czarny E., Folfas P., 2011, *Modele grawitacji jako narzędzie analityczne w ekonomii międzynarodowej*, [w:] *Rola informatyki w naukach ekonomicznych i społecznych. Innowacje i implikacje interdyscyplinarne*, t. 2, red. Z.E. Zieliński, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Handlowej, Kielce, s. 146-156.
- Deardorff A.V., 1998, *Determinants of bilateral trade: does gravity work in a neoclassical world?*, [w:] *The Regionalization of the World Economy*, ed. J.A. Frankel, The University of Chicago Press, Chicago.

- Drzewoszewska N., Pietrzak M.B., Wilk J., 2013, *Grawitacyjny model przepływów handlowych między krajami Unii Europejskiej w dobie globalizacji*, Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych Szkoły Głównej Handlowej, t. 30, s. 187–202.
- Eaton J., Kortum S., 2002, *Technology, geography, and trade*, *Econometrica*, vol. 70(5), s. 1741–1779.
- Eaton J., Kortum S., Neiman B., Romalis J., 2016, *Trade and the global recession*, *American Economic Review*, vol. 106(11), s. 3401–3438.
- Folfas P., 2012, *Analiza przepływów kapitału bezpośredniego między państwami członkowskimi UE za pomocą modelu grawitacji*, *Studia Ekonomiczne*, nr 123, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, s. 263–274.
- Gawlikowska-Hueckel K., Umiński S., 2016, *Analiza handlu zagranicznego Polski w świetle najnowszych koncepcji teoretycznych: implikacje dla polityki gospodarczej w dobie kryzysu*, Scholar, Warszawa.
- Head K., Mayer T., 2014, *Gravity equations: Workhorse, toolkit, and cookbook*, [w:] *The Handbook of International Economics*, vol. 4, eds. G. Gopinath, E. Helpman, K. Rogoff, North-Holland, Amsterdam.
- Helpman E., 1987, *Imperfect competition and international trade: evidence from fourteen industrial countries*, *Journal of the Japanese and International Economies*, vol. 1, no. 1, s. 62–81.
- Helpman E., Krugman P.R., 1985, *Market Structure and Foreign Trade: Increasing Returns, Imperfect Competition, and the International Economy*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England.
- McCallum J., 1995, *National borders matter: Canada-U.S. regional trade patterns*, *American Economic Review*, vol. 85(3), s. 615–623.
- Melitz M., 2003, *The impact of trade on aggregate industry productivity and intra-industry reallocations*, *Econometrica*, vol. 71(6), s. 1695–1725.
- Santos Silva J., Tenreyro S., 2006, *The log of gravity*, *The Review of Economics and Statistics*, vol. 88(4), s. 641–658.
- Tinbergen J., 1962, *Shaping The World Economy Suggestions for an International Economic Policy*, The Twentieth Century Fund, New York.