



ЭКСПОРТНИНГ ГРАВИТАЦИОН МОДЕЛИНИ ЭКОНОМЕТРИК БАҲОЛАШ:  
ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ МИСОЛИДА

 [doi.org/10.55439/ECED/vol24\\_iss3/a81](https://doi.org/10.55439/ECED/vol24_iss3/a81)

**Исламов Бахтиёр Анварович** -  
и.ф.д., профессор,  
Тошкент давлат иқтисодиёт университети  
**Турдибаева Муниса Мирзалиевна** -  
Тошкентдаги Халқаро Вестминстер  
университети докторанти

**Аннотация.** Ушбу мақолада муаллифлар экспортнинг гравитацион моделларини баҳолашнинг мавжуд эконометрик ёндашувларини ноли кузатувлар, нохолислик, ҳисоб-китобларнинг номувофиқлиги ва самарасизлигини ҳисобга олиш каби муаммоларни ҳал қилиш нуқтаи назаридан танқидий таҳлил қиладилар. Натижада муаллифлар тасодифий эффектларга эга панелли регрессияларни баҳолаш усули Ўзбекистон Республикаси экспорти гравитацион моделини баҳолашнинг энг мақбул усули ҳисобланади, деган хулосага келишади.

**Таянч сўзлар:** савдонинг эконометрик гравитацион моделининг спецификациялари, эконометрик баҳолашларнинг холислиги, мувофиқлиги ва самарадорлиги, ўзгармас ва тасодифий таъсирларни инобатга оладиган панель регрессиялари, панель регрессияларини баҳолаш усуллари.

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГРАВИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЭКСПОРТА:  
НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

**Исламов Бахтиёр Анварович** -  
д.э.н., профессор Ташкентского государственного  
экономического университета  
**Турдибаева Муниса Мирзалиевна** -  
докторант Вестминстерского международного  
университета в Ташкенте

**Аннотация.** В данной статье авторы критически анализируют существующие эконометрические подходы к оценке гравитационных моделей экспорта с точки зрения решения таких проблем, как учет нулевых наблюдений, смещённость, несостоятельность и неэффективность оценок. В итоге, авторы приходят к выводу, что метод пуассоновской оценки псевдомаксимального правдоподобия (Poisson pseudo-maximum-likelihood, PPML) является наиболее предпочтительной для оценивания гравитационной модели экспорта Республики Узбекистан.

**Ключевые слова:** спецификации эконометрической гравитационной модели торговли, несмещённость, состоятельность и эффективность эконометрических оценок, панельные регрессии с фиксированными и случайными эффектами, методы оценки панельных регрессий.

ECONOMETRIC ESTIMATION OF THE GRAVITY MODEL OF EXPORTS:  
A CASE OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

**Islamov Bakhtiyor Anvarovich** -  
DSc., Professor of Tashkent State University of Economics  
**Tur dibaeva Munisa Mirzalievna** -  
PhD student at the Westminster International  
University in Tashkent

**Annotation.** In this article, the authors critically analyze the existing econometric approaches to estimating gravity models of exports from the point of view of solving such problems as taking into account zero observations, bias, inconsistency and inefficiency of estimates. As a result, the authors come to the conclusion that the method of Poisson pseudo-maximum-likelihood estimation (Poisson pseudo-maximum-likelihood, PPML) is the most preferable method for estimating the gravity export model of the Republic of Uzbekistan.

**Keywords:** specifications of the econometric gravity model of trade, unbiasedness, consistency and efficiency of econometric estimates, panel regressions with fixed and random effects, methods for estimating panel regressions.

**Введение.** В данной статье мы попытаемся рассмотреть некоторые эконометрические проблемы, которые до сих пор остаются нерешенными. Во-первых, это игнорирование условий сопротивления многосторонней тор-

говле, что приводит к смещённым оценкам из-за опущенных переменных. Во-вторых, оценка панельной регрессии методом МНК при наличии гетероскедастичности приводит к неустойчивым оценкам. В-третьих, есть некоторые спе-

цифические особенности, которые могут различаться в разных странах, но не охватываться регрессорами (например, реформы, политическая ситуация, инфраструктура и т.д.). Эту ненаблюдаемую неоднородность следует контролировать для получения объективных оценок. Наконец, если в наборе данных отсутствуют двусторонние торговые потоки, а логарифмирование нуля недопустимо, то полезная информация будет потеряна. Целью исследования является совершенствование подходов к разработке эконометрических спецификаций гравитационных моделей экспорта для условий Республики Узбекистан. Для решения поставленных проблем в статье проводится обзор литературы по тематике исследования, формируются эконометрические спецификации гравитационных моделей экспорта Республики Узбекистан, анализируются и обсуждаются результаты оценки этих моделей с формулированием соответствующих выводов и рекомендаций для практического применения разработанного инструментария анализа и прогнозирования экспорта в Республике Узбекистан.

**Обзор литературы.** Эконометрическая спецификация гравитационной модели экспорта – дискуссионная тема в литературе. Нет единого мнения относительно эконометрической спецификации гравитационной модели экспорта. До недавнего времени, считалось, что обычная пространственная эконометрическая спецификация гравитационной модели является достаточной для анализа факторов внешней торговли.

Однако по мнению Джеймса Андерсона и Эрика ван Винкопа, в гравитационных моделях внешней торговли следует учитывать факторы многостороннего сопротивления торговле (далее в тексте – МСТ) [1]. Интуитивно МСТ объясняется крайне просто: чем более затруднена торговля стран с другими странами, тем больше стимулов создается для взаимной торговли. Отметим, что МСТ, хотя имеют место, они, на самом деле, не наблюдаемы на практике. Значит, главный вопрос исследователя состоит в том, чтобы обеспечить учёт этих не наблюдаемых факторов, специфических для каждой из торгующих стран. В литературе для пространственных гравитационных моделей экспорта существуют четыре способа учесть МСТ: использование итерационного метода для оценки МСТ как функции наблюдаемой переменной; использование индексов цен официальной статистики в качестве прокси для МСТ; учёт индекса удаленности экспортёра от импортёра, взвешенную по ВВП импортёра; использование фиктивных переменных, учитывающих фиксированные

эффекты стран-импортеров, если оценивается гравитационная модель для экспорта страны.

Обзор литературы показал, что в большинстве современных исследований используются панельные данные за период не менее 5 лет. По мнению известного эконометриста Джеффри Вулдриджа, причиной является отсутствие важных переменных в пространственных данных может привести к смещенным оценкам и неверным выводам [2]. Исследователями часто предлагается применять панельные данные для оценки гравитационной модели международной торговли [3].

Преимущества использования панельных данных хорошо известны. Во-первых, гораздо больший размер панельных выборок по сравнению с кросс-секционными выборками или выборками временных рядов повышает точность оценок регрессии. Во-вторых, панельные регрессии обеспечивают решение проблемы смещенности переменных и неоднородности, которые часто возникают при кросс-секционных регрессиях. Чтобы устранить оставшееся смещение в оценках модели, рекомендуется дополнить ее меняющимися во времени фиктивными переменными экспортёра и импортёра [4].

В современных приложениях, панельная спецификация гравитационной модели является наиболее популярной и часто используемой, и легко реализуемой в пакетах STATA и EViews. В отличие от панельной модели с фиксированными эффектами, в панельной модели со случайными эффектами предполагается, что эти ошибки некоррелированы с регрессорами, т.е. индивидуальный эффект никак не связан с объясняющими переменными. Если индивидуальные эффекты не коррелируют с регрессорами, то оценки с фиксированными эффектами будут несмещенными и состоятельными, но не неэффективными. В противном же случае оценки со случайными эффектами будут несостоятельными.

Отметим, что панельная модель с фиксированными эффектами не позволяет идентифицировать коэффициенты при переменных, не меняющихся во времени для каждой экономической единицы, например, для переменной «отсутствие выхода к морю». Идентифицировать коэффициенты при не меняющихся во времени регрессорах и одновременно учесть индивидуальные особенности экономических единиц на панельных данных можно с помощью альтернативной панельной модели со случайными эффектами. В этой модели индивидуальный эффект представляет собой случайную ошибку, инвариантную по времени для каждой наблюдаемой единицы. Иными словами, индивидуальные отличия здесь носят случайный ха-

рактер. При сделанных предположениях для модели со случайными эффектами эффективные оценки коэффициентов при регрессорах можно получить, используя обобщенный МНК.

Формальный выбор между панельными моделями с фиксированными и случайными эффектами производится на основе известного теста Хаусмана, в котором проверяется гипотеза о некоррелированности индивидуальных эффектов с остальными объясняющими переменными. Фиксированный эффект предполагает, что ненаблюдаемая неоднородность коррелирует с ошибкой. Напротив, случайный эффект предполагает, что ненаблюдаемая неоднородность является строго экзогенной, то есть он не налагает никакой корреляции между ненаблюдаемой неоднородностью (индивидуальными эффектами) и регрессорами. При нулевой гипотезе о нулевой корреляции модель случайных эффектов эффективна; обе модели состоятельны (consistent), но случайная модель более состоятельна. Если, однако, нулевая гипотеза отклоняется, коэффициенты модели с фиксированными эффектами состоятельны, а коэффициенты модели со случайными эффектами не являются ни состоятельными, ни эффективными.

Отметим, тем не менее, что модель со случайными эффектами пар стран (или экспортера и импортера) в чистом виде плохо согласуется с гравитационной теорией, из которой следует, что регрессоры-детерминанты двусторонних торговых издержек должны коррелировать с ненаблюдаемыми показателями многостороннего сопротивления.

Поэтому в большинстве работ, изучающих влияние на торговлю инвариантных или мало изменяющихся во времени факторов, рассматривается модифицированный вариант модели со случайными эффектами – модель Хаусмана – Тейлора [5], где допускается ненулевая корреляция между частью независимых переменных и случайными индивидуальными эффектами. Оценки модели Хаусмана – Тейлора оказываются статистически более предпочтительными, чем оценки моделей с фиксированными или случайными эффектами, в частности, в исследованиях [6].

Однако преобладание гетероскедастичности как в пространственных, так и в панельных моделях, и нулевые двусторонние торговые потоки впоследствии стали предметом критики [7]. Так, известные эконометристы, Сантос Силва и Сильвана Тенрейро, утверждают, что стандартные эмпирические методы, используемые для оценки уравнений гравитации, непосредственны и приводят к необъективным результатам [8]. Они предполагают, что исполь-

зование стандартных методов (OLS, FE, RE estimators) страдает из-за наличия гетероскедастичности, которая, в свою очередь, может давать смещенные оценки истинных эластичностей факторов внешней торговли. Они, кроме этого, критикуют стандартный подход к оценке, который не учитывает должным образом в логарифмической линейной модели как гетероскедастичность, так и наличие нулевого значения в зависимых переменных. Как отмечают эти авторы, использовать стандартную методику оценивания нелинейных моделей в данном случае нецелесообразно, поскольку оценки коэффициентов регрессии будут несостоятельными и неэффективными. В качестве альтернативного подхода они рекомендовали использование метода псевдо-максимального правдоподобия Пуассона (Poisson pseudo-maximum-likelihood, PPML).

Подводя итог обсуждению методик учета нулевых наблюдений в гравитационной модели, подчеркнем, что ни одна из них априори не является наиболее предпочтительной. Выбор конкретной методики решающим образом зависит от свойств рассматриваемых данных (гетероскедастичность-гомоскедастичность, большое-малое число нулевых наблюдений и т.п.).

**Методы исследования и данные.** В данном исследовании мы использовали метод эконометрического анализа при исследовании факторов экспорта Республики Узбекистан.

В современных приложениях хорошим тоном считается использование сразу нескольких методов оценивания с возможным выбором «лучшей» методики согласно какому-либо критерию с точки зрения «точности прогнозов», например, с помощью теста RESET Рамсея на неправильную спецификацию, и теста согласия. Каждый метод оценки имеет свои плюсы и минусы, и нельзя утверждать, что какой-либо из них превосходит другие. По этой причине мы решили использовать сразу несколько методов оценки для одной и той же базы данных, и провести сравнительный анализ этих подходов на примере оценки эластичностей ряда факторов внешней торговли Узбекистана.

Отметим, что МТС, хотя и имеют место, на практике не наблюдаются. Отсюда главный вопрос исследователя – обеспечить учет этих ненаблюдаемых факторов, характерных для каждой из торгующих стран.

Исходя из результатов обзора литературы, мы будем использовать панельную модель с фиктивными переменными, учитывающие фиксированные эффекты стран-импортеров, если гравитационная модель оценивается для экспорта страны:

$$\ln X_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \ln Y_i + \beta_2 \ln Y_j + \sum_{j=1}^n d_j I_j + \beta_3 \ln BTB_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

где:  $X_{ij}$  - потоки экспорта из страны  $i$  в страну  $j$ ,  $\beta_0$  - константа,  $\beta_{1-3}$  - коэффициенты,  $Y_i$  - объём ВВП страны-экспортёра,  $Y_j$  - объём ВВП страны-импортёра,  $I_j$  - фиктивная переменная, которая принимает значение 1, если торговый партнер является импортером, и 0 - в противном случае, а  $d_j$  - коэффициенты для фиктивных переменных,  $BTB_{ij}$  - двусторонние торговые издержки (барьеры) экспортёра и импортёра во взаимной торговле,  $\varepsilon_{ij}$  - случайная ошибка. Преимущества использования панельных данных хорошо известны. Во-первых, гораздо больший размер панельной выборки по сравнению с выборками поперечного сечения

или временных рядов повышает точность оценок регрессии. Во-вторых, панельные регрессии обеспечивают решение проблемы переменного смещения и неоднородности, которая часто возникает при перекрестных регрессиях.

Для устранения остаточной систематической ошибки в оценках панельной модели рекомендуется дополнить ее изменяющимися во времени фиктивными переменными экспортёра и импортёра,  $E_{it}$  и  $I_{jt}$ , которые призваны измерять многостороннее торговое сопротивление (МТС), т.е. многосторонние торговые издержки (барьеры) экспортёра и импортёра при торговле с другими странами (Baltagi и др., 2003; Baier и Bergstrand, 2007):

$$\ln X_{ijt} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln Y_{it} + \alpha_2 \ln Y_{jt} + \alpha_3 \ln t_{ijt} + \sum_{i=1}^n d_{it} E_{it} + \sum_{j=1}^n d_{jt} I_{jt} + \alpha_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Эмпирическая панельная гравитационная модель экспорта, учитывающая не только факторы многостороннего сопротивления торговле, но и гетероскедастичность, а также

наличие нулевого значения в зависимых переменных, может быть представлена следующим образом [8]:

$$X_{ij} = \beta_0 \beta_1 \ln Y_i \beta_2 \ln Y_j \beta_3 \ln t_{ij} \exp\left(\sum_{i=1}^n d_i E_i + \sum_{j=1}^n d_j I_j\right) \quad (3)$$

где:  $X_{ij}$  - потоки экспорта из страны  $i$  в страну  $j$ ,  $\beta_0$  - константа,  $\beta_1 - \beta_6$  - коэффициенты,  $Y_i$  - объём ВВП страны-экспортёра,  $Y_j$  - объём ВВП страны-импортёра,  $E_{it}$  и  $I_{jt}$  - фиктивные переменные экспортёра и импортёра,  $t_{ij}$  - двусторонние торговые издержки (барьеры) экспортёра и импортёра во взаимной торговле,  $\varepsilon_{ij}$  - случайная ошибка.

**Результаты исследования.** Для сравнения оценок эластичностей факторов внешней торговли мы будем использовать несколько спецификаций - пространственные линейные регрессии, линейные панельные регрессии с фиксированными и случайными эффектами и нелинейную панельную регрессию.

Выборка охватывает экспорт Узбекистана в 78 стран за период 2013-2021 гг. В выборку включены все страны, которые импортируют из Узбекистана в объеме, превышающем один миллион долларов США. Данные были собраны из нескольких источников, включая официальные данные, базу данных МВФ, СЕРП, Всемирный банк и другие источники (таб. 1).

Прежде всего, все используемые временные ряды были протестированы на наличие единичного корня с помощью расширенного теста Дики-Фуллера, которые показали, что панели являются стационарными. Тест Вулдриджа на автокорреляцию в панельных данных показал отсутствие автокорреляции первого порядка (H0: отсутствие автокорреляции первого порядка), т. е.  $F(1, 78) = 1,59$  ( $\text{Prob} > F = 0,21$ ).

В Таблице 2 представлены результаты оценки, полученные в результате применения различных методов оценки. Зависимой переменной является логарифм объёма экспорта во всех случаях, кроме регрессии Пуассона, в которой эта переменная вводится в уровнях.

В первом столбце показаны результаты оценки объединённой линейной регрессии с помощью МНК. Большинство переменных имеют ожидаемый знак и являются высоко статистически значимыми, хотя влияние регионального торгового соглашения (Зоны свободной торговли) между странами СНГ на объём экспорта, вопреки ожиданиям, прогнозируется отрицательным. Причиной этому может быть то, что оценка с помощью МНК несостоятельна из-за наличия ненаблюдаемой неоднородности.

Переменные, использованные для регрессионных оценок панельных данных

ПЕРЕМЕННАЯ	ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ln_ngdp_i	Номинальный валовой национальный продукт Узбекистана (млрд. Долл. США)
ln_ngdp_j	Номинальный валовой национальный продукт страны-партнера Узбекистана (млрд. Долл.США)
ln_ngdp_ij	Фактор взаимодействия, означающий произведение двух переменных, номинального ВВП Узбекистана и номинального ВВП соответствующего торгового партнера.
ln_dist_ij	Прокси для географического расстояния между столицами торговых стран (тыс. км)
ln_exch_rate_i	Прокси для реального обменного курса в Узбекистане (долл. США за один узбекский сум)
musl_ij	Фиктивная переменная в качестве прокси для преимущественно мусульманской страны (принимает значение один, когда обе страны имеют одинаковую религию, и ноль, если наоборот)
rus_lang_ij	Фиктивная переменная в качестве прокси для русского языка (принимает значение 1, если люди в обеих странах говорят на одном и том же русском языке, и 0, если наоборот)
wto memb_j	Фиктивная переменная в качестве прокси для членства в ВТО (принимает значение 1, если страна j является членом ВТО, и 0, если наоборот)
border_ij	Фиктивная переменная в качестве прокси для общей границы (принимает значение один, если страны i и j имеют общую границу, и нулевое, если наоборот)
turk_j	Фиктивная переменная в качестве прокси для тюркской культуры (принимает значение один, если люди в обеих странах имеют одинаковую тюркскую культуру, и ноль, если наоборот)
rta_cis_ij	Показатель наличия регионального торгового соглашения между странами СНГ (принимает значение 1, если страна i или j является членом РТС СНГ, и 0, если наоборот)
landlocked_ij	Фиктивная переменная в качестве показателя взаимного отсутствия выхода к морю торговых стран (принимает значение один, когда страны i и j не имеют выхода к морю, и ноль, если наоборот)

Источник: составлено авторами.

Тест Бройша-Пагана/Кука-Вайсберга подтвердил наличие гетероскедастичности в объединенной регрессии, оценённой с помощью МНК. Более того, тест Бройша и Пагана для панельной регрессии со случайными эффектами

показал, что мы отклоняем нулевое значение и делаем вывод о том, что оценённая МНК-регрессия не является адекватной ( $H_0$ : гетероскедастичность отсутствует), т. е.  $chibar2(01) = 2301,78$  ( $Prob > chibar2 = 0,0$ ).

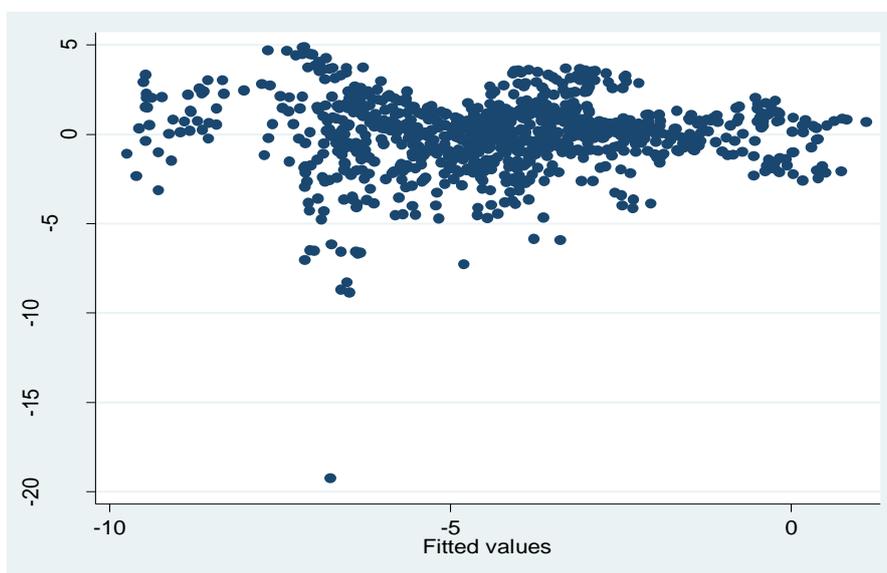


Рис 1. Визуальная проверка на гетероскедастичность в панельных данных

Источник: построено авторами на основе результатов регрессионного анализа.

Следовательно, существуют доказательства значительных различий между странами, поэтому мы не можем считать МНК-регрессию лучшей. Простой анализ остатков и предсказанных значений подтверждает наличие гетероскедастичности в МНК-регрессии (см. рис. 1).

В третьем столбце показаны результаты панельной оценки, предполагающие фиксированные эффекты, а во втором столбце допуская случайное распределение неоднородного компонента. Коэффициенты также значимы и показывают ожидаемый знак.

Альтернативные подходы к оценке экспортных гравитационных моделей: результаты

Переменные	(MНК) ln_exp_ij	(RE) ln_exp_ij	(RE II) ln_exp_ij	(FE) ln_exp_ij	(FE II) ln_exp_ij	(PPML I) exp_ij	(PPML II) exp_ij
ln_ngdp_i	0.383 (0.391)	0.377* (0.225)	-	0.399* (0.226)	-	-0.110 (0.331)	-
ln_ngdp_j	1.268*** (0.0569)	1.193*** (0.144)	-	1.018*** (0.279)	-	0.973*** (0.0508)	-
ln_ngdp_ij	-	-	0.946*** (0.117)	-	0.650*** (0.165)	-	0.942*** (0.0501)
ln_dist_ij	-2.000*** (0.151)	-2.017*** (0.449)	-1.923*** (0.449)	-	-	-1.255*** (0.143)	-1.240*** (0.144)
musl_ij	-2.313*** (0.208)	-2.281*** (0.602)	-2.499*** (0.599)	-	-	-0.667*** (0.247)	-0.748*** (0.246)
rus_lang_ij	3.728*** (0.355)	3.470*** (1.022)	2.767*** (0.997)	-	-	2.149*** (0.267)	2.009*** (0.259)
wto_memb_j	-0.634** (0.267)	0.223 (0.334)	0.142 (0.335)	0.410 (0.362)	0.348 (0.360)	0.333** (0.151)	0.209 (0.163)
border_ij	1.618*** (0.409)	1.666 (1.206)	1.588 (1.210)	-	-	0.554 (0.484)	0.556 (0.494)
turk_j	1.694*** (0.373)	1.862* (1.103)	2.155* (1.102)	-	-	0.776 (0.485)	0.778 (0.497)
rta_cis_ij	-2.825*** (0.411)	-2.468** (1.195)	-2.031* (1.190)	-	-	-0.498** (0.238)	-0.393* (0.235)
ln_exch_rate_i	0.194** (0.0910)	0.189*** (0.0545)	0.243*** (0.0515)	0.204*** (0.0592)	0.252*** (0.0515)	0.182** (0.0827)	0.280*** (0.0825)
landlocked_ij	1.107*** (0.229)	0.955* (0.576)	0.592 (0.565)	0.0676 (1.208)	-0.0241 (1.208)	0.135 (0.162)	0.0390 (0.165)
Константа	2.461 (2.344)	2.315 (3.997)	0.329 (3.954)	-13.66*** (1.688)	-13.00*** (1.640)	0.570 (2.091)	-4.426*** (1.522)
Размер выборки	947	947	947	947	947	947	947
Коэффициент детерминации	0.514	0.5075	0.4955	0.0758	0.053	0.676	0.662

Робастные стандартные ошибки даны в скобках  
\*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$

Источник: расчёты авторов.

Чтобы выбрать между фиксированными или случайными эффектами, мы провели тест Хаусмана, и этот тест показал, что модель со случайными эффектами является более подходящей. Однако модель случайных эффектов демонстрирует наличие гетероскедастичности среди ошибок пространственного сечения. Тест отношения правдоподобия (LR Тест), применённый к модели случайного эффекта показал, что панельная групповая гетероскедастичность существует, т.е. LR = 841,84 (Р-значение > Chi2(78) = 0,0). Следовательно, напрашивается эконометрическая оценка гравитационной модели методом нелинейных панельных регрессий.

В последнем столбце таблицы 2 показаны результаты оценки PPML-регрессии. В этом случае зависимая переменная вводится в уровнях вместо логарифмов. Если страна экспортирует меньше, чем импортирует, у нее отрицательный чистый экспорт, и эта сумма вычитается из ВВП страны, и наоборот. В Узбекистане в течение последних многих лет нетто-экспорт по официальным данным был отрицательным. Это

может быть объяснением отрицательного знака коэффициента ВВП экспортера в регрессии PPML. Однако можно возразить этому, поскольку теория гравитации предполагает, что этот коэффициент положительный.

Чтобы избежать обсуждения знака ngdp\_i в регрессии PPML, мы оценили две регрессии-стандартную (PMML) и видоизменённую (PPML II). Мы умножаем ngdp\_i и ngdp\_j, чтобы сгенерировать новую переменную ngdp\_ij, так что регрессия PPML II теперь позволяет избежать этой проблемы. Хотя знаки и значимость коэффициентов очень схожи со знаками и значимостью коэффициентов панельной регрессии со случайными эффектами, видно PPMLII заметно уменьшает величину коэффициентов, а также стандартные ошибки.

**Обсуждение результатов исследования.**

Как показано в предыдущем разделе, подходы к оценке, по-видимому, влияют на величину, но не на знак коэффициентов для большинства гравитационных переменных. PPML-регрессия показывает самые низкие коэффициенты, поскольку левая часть регрессии выражается не в

логарифмическом, а в абсолютном значении. Как и ожидалось, условия для номинального ВВП экспортера и импортера действительно увеличивают экспорт независимо от используемого подхода к оценке, за исключением того, который применялся для оценки PPML I, в то время как расстояние отрицательно влияет на экспорт.

Принадлежность к региональному торговому соглашению в рамках СНГ (т.е. к зоне свободной торговли), как это ни удивительно, снижает торговлю, хотя и демонстрирует умеренный эффект в регрессии PPML. Основные различия между выявляются в величине коэффициентов. В то время как метод панельной регрессии со случайными эффектами (RE-регрессия) кажется наиболее подходящим в случае моделирования экспорта Узбекистана, в соответствующей литературе, тем не менее, предполагается, что неправильная обработка нулей приводит к завышению коэффициентов в оценке панельной модели. Однако случай Узбекистана не относится к этому, то есть панель данных является сбалансированной. Различия в знаках коэффициентов номинального ВВП предполагают наличие систематической ошибки в оценке нелинейных моделей, например, PPML-регрессий.

То, как исследователь выбирает страны при составлении панельных данных, и диверсифицированный экспорт Узбекистана с учетом их географической направленности, по-видимому, может приводить к тому, что страновые эффекты в панельных данных будут распределены случайным образом, и это может отражаться в выборе гравитационной RE-модели как наиболее подходящей для экспорта Узбекистана. С другой стороны, сбалансированные панельные данные кажутся достаточными для использования методов оценки RE- и FE-регрессий, поскольку метод оценки PPML-регрессий более ориентирован на случай, когда отсутствуют экспортные потоки.

Подводя итоги обсуждения способов оценки гравитационной модели, подчеркнем, что ни один из них априори не является наиболее предпочтительным. Выбор той или иной методики решающим образом зависит от свойств рассматриваемых данных (гетероскедастичность-гомоскедастичность, большое или малое число нулевых наблюдений и т. д.). В современных приложениях считается хорошей практикой использование сразу нескольких методов оценивания, с возможным выбором «лучшего» метода по какому-либо критерию с точки зрения «точности прогноза», например, с использованием теста Рамсея (RESET test) для проверки правильности спецификации модели, чтобы

выбрать гравитационную модель, которая лучше всего подходит для моделирования.

Для набора данных, охватывающего экспорт Узбекистана, было проведено сравнение наиболее часто используемых оценок, показывающее, что метод оценки псевдомаксимального правдоподобия Пуассона (PPML) в целом работает лучше.

**Закключение.** Мы критически проанализировали существующие эконометрические подходы к оценке гравитационных моделей экспорта с точки зрения решения таких проблем, как учет нулевых наблюдений, наличие систематических ошибок, неустойчивость и неэффективность оценок. В результате мы пришли к выводу, что метод оценки псевдомаксимального правдоподобия Пуассона (Poisson pseudo-maximum-likelihood, PPML) является наиболее предпочтительным методом оценки гравитационной модели экспорта из-за наличия нулевой торговли между отдельными странами и гетероскедастичность в распределении пространственной ошибки в панельных данных. Однако, если нулевые торговые потоки отсутствуют, FE- или RE-модели все еще могут рассматриваться как наиболее подходящие. В нашем случае RE-модель показала наилучшие результаты, по-видимому, из-за того, что экспортные потоки Узбекистана диверсифицированы, а эффекты отдельных стран в панельных данных распределены случайным образом.

Исходя из вышеизложенного, мы сформулировали следующие рекомендации:

Во-первых, при моделировании экспорта Республики Узбекистан целесообразно использовать модели случайных эффектов (RE-модели) ввиду того, что экспортные потоки Узбекистана диверсифицированы, экспортные потоки Узбекистана диверсифицированы, а эффекты отдельных стран в панельных данных распределены случайным образом;

Во-вторых, при наличии нулевой торговли между отдельными странами и гетероскедастичности в распределении пространственных ошибок в панельных данных рекомендуется применять метод оценки псевдомаксимального правдоподобия Пуассона (Poisson pseudo-maximum-likelihood, PPML) при оценке гравитационной модели экспорта;

Во-третьих, при разработке прогнозов экспорта Республики Узбекистан с использованием гравитационных моделей следует особое внимание уделить формированию баз статистических данных (так называемых панелей данных) в соответствии с критериями и подходами, выработанными в современных прикладных исследовательских работах.

### Список использованной литературы:

1. J. Anderson, E. van Wincoop. Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle. // *American economic review*, vol. 93, no. 1, 2003, pp. 170-192.
2. Wooldridge, J. M. Fixed-Effects and Related Estimators for Correlated Random-Coefficient and Treatment-Effect Panel Data Models // *Review of Economics and Statistics*, 2005, 87(2), 385–390.
3. Baltagi, B. H., Egger, P., & Pfaffermayr, M. Special issue on the estimation of gravity models of bilateral trade: Editors' introduction. // *Empirical Economics* 50 (1), 2015, pp. 1-4.
4. Baltagi, B. H., Egger, P., & Pfaffermayr, M. A generalized design for bilateral trade flow models. *Economics Letters*, 80(3), 2003, 391–397.
5. Hausman J.A., Taylor W.E. Panel Data and Unobservable Individual Effect. // *Econometrica*, 1981, Vol. 49, pp. 1377–1398.
6. Serlenga, L., & Shin, Y. Gravity models of intra-EU trade: application of the CCEP-HT estimation in heterogeneous panels with unobserved common time-specific factors. // *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 2007, pp. 361–381.
7. Helpman E., Melitz M., Rubinstein Y. Estimating Trade Flows: Trading Partners and Trading Volumes // *Quarterly Journal of Economics*, 2008, vol. 123, pp. 441–487.
8. J. M. C. Santos Silva, Silvana Tenreyro. The Log of Gravity // *The Review of Economics and Statistics*, 2006, 88 (4): 641–658.