

Об одной задаче коинтеграции торговых связей Азербайджана, России, Беларуси и Казахстана

В данной статье по годовым данным с 1994 г. по 2018 г. торгово-экономические процессы между Азербайджаном, Россией, Беларусью и Казахстаном рассматриваются через показатели интегрированности ВВП Азербайджана, оборота внешней торговли с этими странами.

Цель исследования. Целью исследования являются нахождения коинтеграционных соотношений между изучаемыми макроэкономическими показателями, корректное применение векторной модели коррекции ошибок для описания равновесного соотношения между рассмотренными данными межстранового взаимодействия и выработки обоснованные экономически содержательные рекомендации в сфере межстранового торгово-экономического взаимодействия.

Материалы и методология. Используются официальные статистические данные Госкомстата Азербайджана, научные труды ученых-экономистов, посвященные межстрановым интеграционным процессам на постсоветском пространстве. Применены статистические методы обработки информации, применительно к эмпирическому анализу нестационарных временных рядов изучаемых статистических данных, корректно использованы апробированные современные эконометрические методы и все необходимые процедуры эконометрического тестирования для построения коинтеграционных соотношений и векторной модели коррекции ошибок с учетом воздействий внешних шоков. Все расчеты проводились в пакетах прикладных программ Microsoft Excel и Eviews 8.

Результаты. Исследованы особенности применения эконометрической методологии изучения статистической взаимосвязи между многомерными нестационарными временными рядами.

Для этих данных подход авторов состоит в применении коинтеграционного аппарата и механизма векторной коррекции ошибок, практически неприменяемые экономистами в Азербайджане до настоящего времени. Определена новая спецификация модели относительно логарифмов исходных переменных. На основе минимизации среднеквадратической ошибки найдены оценки параметров модели. Исследованы причинности связи по Грэнджеру. Реализованы тесты Йохансена для нахождения коинтеграционного пространства, после чего, построена векторная модель коррекции ошибок, описывающая долгосрочное равновесное соотношение между изучаемыми показателями и пути возвращения к равновесной траектории в случае отклонения от нее. При моделировании использовались все необходимые статистические процедуры, требуемые для идентификации и оценки параметров модели и проверки ее адекватности, точности краткосрочных и долгосрочных прогнозных значений с использованием инструментов Microsoft Excel и Eviews 8.

Заключение. В результате проведенного исследования разработаны эконометрически обоснованные рекомендации, позволяющие провести динамические анализы для эффективного государственного регулирования экспортно-импортных операций между четырьмя странами для балансирования торговли и улучшения соответствующих инклюзивных параметров долгосрочного устойчивого развития этих государств.

Ключевые слова: коинтеграция, механизм коррекции ошибок, тесты Йохансена, декомпозиция дисперсий, импульсная функция отклика.

Elshar G. Orudzhev, Sara M. Huseynova

Baku State University, Baku, Azerbaijan

On One Co-Integration Issue of Trade Links of Azerbaijan, Russia, Belarus and Kazakhstan

This article, based on annual data from 1994 to 2018, considers trade and economic processes between Azerbaijan, Russia, Belarus and Kazakhstan through the GDP integration indicators of Azerbaijan and foreign trade turnover with these countries.

The purpose of the research. The purpose of the study is to find co-integration relationships between the studied macroeconomic indicators and correct application of the vector model of error correction to describe the equilibrium relationship between the considered data of intercountry interaction and to develop sound economically informative recommendations in the sphere of intercountry trade and economic interaction.

Materials and methodology. Official statistics of the State Statistics Committee of Azerbaijan, scientific works of scientists-economists on the inter-country integration processes in the post-soviet region are used. Statistical methods of information processing are applied in relation to the empirical analysis of non-stationary time series of the studied statistical data, and correctly tested modern econometric methods and all the necessary econometric testing procedures are used to build co-integration relations and the vector model of error correction taking into account the effects of external shocks. All the calculations are made in Microsoft Excel and Eviews 8 application software packages.

Results. The properties of applying the econometric methodology of studying the statistical relationship between multidimensional non-stationary time series are investigated. For this data, the authors'

approach is to use the co-integration tool and the mechanism of vector error correction, which are practically not applicable by economists in Azerbaijan to date. A new specification of the model with respect to the logarithms of the source variables is defined. Based on the minimization of the mean square error, estimates of the model parameters are found. The Granger connection causality is investigated. The Johansen tests are implemented to find the co-integration area, after which the vector error correction model is built, which describes the long-term equilibrium relationship between the studied indicators and the path of returning to the equilibrium trajectory if it deviates from it. When modeling, we used all the necessary statistical procedures required to identify and evaluate the parameters of the model and verify its adequacy and the accuracy of short-term and long-term forecast values by applying Microsoft Excel and Eviews 8 tools.

Conclusion. As a result of the study, econometrically sound recommendations are developed, which allow to conduct dynamic analyzes for effective state regulation of export-import operations between the four countries in order to balance the trade and improve the relevant inclusive parameters of the long-term sustainable development of these states.

Keywords: cointegration, error correction mechanism, Johansen tests, dispersion decomposition, impulse response function.

Введение и цель работы

Статья посвящена актуальным вопросам исследования торговых коинтегрированных процессов внешнеэкономической деятельности в малоизученном аспекте системы отношений Азербайджана с группами стран СНГ. Проблема развития торгово-экономических интеграций Азербайджана с зарубежными странами, особенно со странами СНГ, которые являются соседями и традиционно были важнейшими торговыми партнерами, не утрачивает своей актуальности и по сей день, несмотря на сложные геополитические условия, на фоне экономических санкций западных стран и США против России [1], являющейся экономической доминантой постсоветского экономического пространства (Беларусь и Казахстан значительно уступают России по масштабам экономики, внутреннему рынку и внешней торговли). В ходе политических и экономических преобразований возникли новые явления и тенденции в развитии торговых связей между постсоветскими странами. Происходящие изменения требуют регулярного проведения мониторинга интеграционных процессов, изучения новых явлений в целях определения прогнозных параметров перспектив торговых интеграций, выработки рекомендаций по их совершенствованию и тесной увязки национальных отраслевых хозяйственных комплексов, отвечающих современным вызовам геополитических ситуаций и глобальной экономики [2]. Все это определяет актуальность эконометрического исследования интеграционных процессов на макроуровне с данными, являющимися показателями экономической конвергенции и характеризующие масштабы, и динамику объемов взаимных торговых потоков.

В данной статье интеграционные процессы между

Азербайджаном и тремя крупнейшими постсоветскими экономикими, формирующими Единое экономическое пространство, рассматриваются через показатели интегрированности ВВП Азербайджана, оборота внешней торговли с этими странами. Целью работы являются: эконометрическое исследование взаимного влияния ВВП Азербайджана и взаимных торговых отношений этой страны с тремя ведущими участниками ЕАЭС (Евразийский экономический союз), являющийся реально функционирующим интеграционным объединением на постсоветском пространстве; статистическое тестирование заданных макроэкономических переменных на причинно-следственные связи и реакции на внутренние и внешние шоки. В качестве периода наблюдения рассматриваются номинальные с единицей измерения тысячи долларов США данные с 1994 г. по 2018 г. из [3]. В работе использована эконометрическая методология изучения статистической взаимосвязи между многомерными нестационарными временными рядами, включая тесты на коинтеграцию Энга – Грэйнджера и Йохансена, исследование причинности по Грэйнджеру, реакции на шоки [4] на основе векторной модели коррекции ошибок (VECM), выполнение декомпозиции дисперсии ошибок прогноза. Для теоретического анализа расчетов моделирования использовались методы многомерного статистического анализа [5, стр. 106–172], подходы современного эконометрического моделирования [6, стр. 447–493], пакеты прикладных программ EXCEL и Eviews 8.

Анализ последних публикаций

В последние годы опубликованы ряд статей [7–18], посвященных исследованию

интеграционных процессов в Едином экономическом пространстве (Россия, Беларусь и Казахстан), в ЕАЭС, между отдельными [7, 8, 18] и групповыми странами постсоветского пространства с учетом их региональных особенностей [10] в ходе трансформации экономик [14]. В этих статьях в результате исследования показателей взаимной торговли методами комплексного экономико-статистического анализа выявлены тренды тенденции развития торгово-экономического сотрудничества изучаемых стран, определены основные направления совершенствования интеграционных экономических процессов. В частности, в [16] предложен подход к измерению торговых интеграций в ЕАЭС, основанный на использовании декомпозиции внешнеторгового оборота с базовыми показателями доли взаимной торговли во внешнеторговом обороте, характеризующие степень важности торговли между странами и являющиеся инструментами количественного измерения торговых аспектов интеграции. Также следует отметить работу [17], где анализированы некоторые направления модернизации отдельных стран ЕАЭС в аспекте участия российского бизнеса (на примере Беларуси). А в [19] найдены коинтеграционные соотношения взаимных влияний вышесказанных показателей на примере Азербайджана, России и Беларуси. В связи с неоднородностью временных рядов в [19] прогнозные погрешности регрессионных моделей с трендами были получены высокие.

Основные результаты исследования

В данной работе с более обстоятельным сопоставлением с работой [19] определяется новая спецификация модели в дополнении к этим странам республики Казахстан. Про-

гноз соответствующих показателей этих стран до 2028 г. по экспортно-импортным операциям выполнен методом логарифмической аппроксимации фактических данных с последующей экстраполяцией. Уравнение регрессии является линейным относительно логарифмов исходных переменных, модель является двойной логарифмической. При сравнении интерпретаций данной модели с моделью работы [19], можно отметить тот факт, что в линейной множественной модели из [19] коэффициенты показывают изменения в абсолютных единицах (тыс. долл.), а в двойной логарифмической – в относительных (в процентах).

Коэффициенты модели данной работы являются оценками частной эластичности результативного фактора по причинному фактору.

Заметим, что если мы здесь использовали бы показательную форму $y_t = \{\exp(\alpha_0 + \alpha_1 x_{1t} + \alpha_2 x_{2t} + \alpha_3 x_{3t})\} * \{\varepsilon_t\}$, $t = 1, 25$ модели зависимости ВВП Азербайджана от выбранных факторов остальных стран, то для того, чтобы оценить эту модель, можно было логарифмированием привести её к линейному виду. Логарифм зависимой переменной окажется линейной функцией регрессоров. Модель в этом случае будет полул로그арифмической и нетрудно проверить, что оценки будут более низкие, чем оценки модели из [19]. При этом, коэффициенты уравнения имеют смысл полупластичностей, т.е. показывают относительные изменения зависимой переменной при изменении фиксированного регрессора на единицу абсолютного значения. По этой причине мы в данной статье изучаем взаимосвязи факторов, исходя из логарифмических значений всех переменных, в результате чего модель будет иметь высокие характеристики качества оценки.

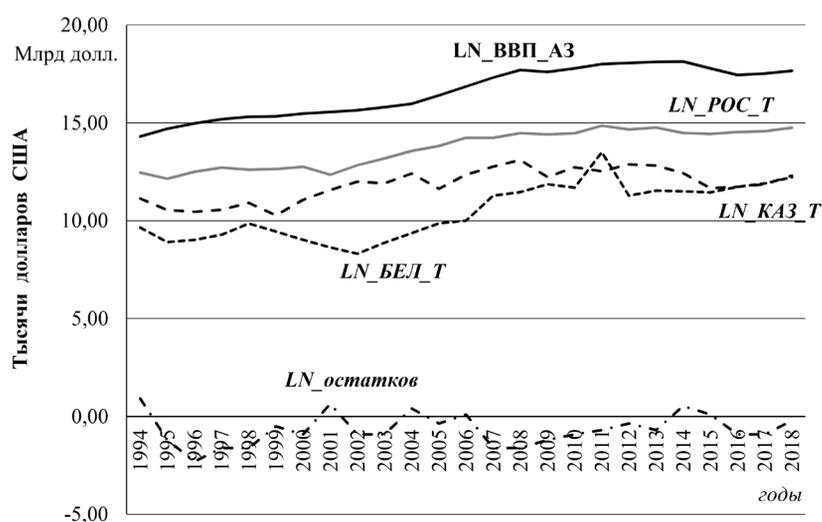


Рис. 1. Динамические описания данных

Все временные ряды будем трансформировать в логарифмические. Такая трансформация позволяет более наглядно представить связь между рассматриваемыми показателями. Первые разности логарифмов являются аппроксимацией темпов прироста соответствующих переменных.

Динамические описания заданных показателей из [3] и дескриптивные статистики по логарифмам этих переменных приведены в рис. 1 и табл. 1.

Исходя из сравнительного анализа с результатами работы [19], рис. 1 и табл. 1, можно выдвинуть предположение о том, что зависимость логарифма ВВП Азербайджана от

логарифмов оборота внешней торговли Азербайджана с Россией, Беларусью и Казахстаном описывается линейной регрессионной моделью

$$\ln y_t = \alpha_0 + \alpha_1 \ln x_{1t} + \alpha_2 \ln x_{2t} + \alpha_3 \ln x_{3t} + \ln \varepsilon_t, \quad t = 1, 25 \quad (1)$$

где y_t , x_{1t} , x_{2t} , x_{3t} – соответствующие факторы, α_0 , α_1 , α_2 , α_3 – неизвестные параметры модели; ε – случайный член, который включает в себя суммарное влияние всех неучтенных в модели факторов, ошибок измерений.

Оцененная модель множественной регрессии по методу

Таблица 1

Дескриптивные статистики по логарифмам переменных

	LN_ВВП_АЗ	LN_РОС_Т	LN_БЕЛ_Т	LN_КАЗ_Т	LN_остатков
Среднее значение	16.58730	13.69969	10.46842	11.83611	-0.671791
Медиан	16.85922	14.23806	10.00607	11.91063	-0.916291
Максимум	18.13612	14.85524	13.50259	13.10277	0.916291
Минимум	14.30366	12.14692	8.314636	10.27433	-2.302585
Стандартное среднее квадратическое отклонение	1.261864	0.953504	1.403027	0.839247	0.805163
Асимметрия	-0.238608	-0.310330	0.201652	-0.400403	0.187125
Экцесс	1.529524	1.397725	1.918589	2.016407	2.465678
Статистика Jarque-Bera	2.489621	3.075526	1.387608	1.675775	0.443295
Вероятность	0.287995	0.214861	0.499672	0.432623	0.801198
Сумма	414.6826	342.4922	261.7106	295.9028	-16.79478
Сумма квадрат. отк.	38.21520	21.82006	47.24362	16.90405	15.55888
Количество проведенных наблюдений	25	25	25	25	25

Таблица 2

наименьших квадратов, реализованная в специальном программном обеспечении Eviews, описывается в табл. 2 и имеет следующий формальный вид:

$$\begin{aligned}
 & \text{LN_ВВП_АЗ} = \\
 & = 1.07383168543 * \text{LN_РУС_Т} + \\
 & + 0.0740796033725 * \\
 & * \text{LN_БЕЛ_Т} + \\
 & + 0.1612699231726 * \\
 & * \text{LN_КАЗАХ_Т} - \\
 & - 0.0317850702229 * \\
 & * \text{LN_остатков} - \\
 & - 0.829506206277. \quad (2)
 \end{aligned}$$

Как видно из полученных в табл. 2 результатов, общая формальная модель наиболее точна, коэффициент детерминации имеет более высокое значение 94%.

Обратим внимание на коэффициенты корреляции между факторами, представленные корреляционной матрицей табл. 3.

Качественная оценка тесноты связи между факторами выявляется по шкале Чедокка. На основе этой шкалы, если значение элемента этой матрицы находится между 0,5 и 0,7, тогда теснота связи между соответствующими факторами считается заметной, а если значение элемента находится в интервале (0,7; 0,9), тогда теснота связи соответствующих пар принимается как высокая.

Для проверки значимости построенной модели (2) рассчитаны наблюдаемое и критическое значения критерия Фишера. Эти значения соответственно равны 85.96079 и 3,07 на уровне значимости 5% и степени свободы $\kappa_1 = 3$, $\kappa_2 = 21$. Ввиду того, что $85.96079 > 3,07$, модель считается значимой. Значимость коэффициентов регрессии подтверждается и с помощью t-статистики.

Проверка автокорреляции осуществляется с помощью d-статистики Дарбина-Уотсона. По таблице критических значений d-статистики для числа наблюдений 25, числа

Оцененная модель множественной регрессии по логарифмам переменных

Зависимая переменная: LN_ВВП_АЗ				
Метод: Наименьших квадратов				
Дата: 18.11.19. Время: 23:17				
Выборка :1994–2018				
Включенные наблюдения: 25				
Переменные	Оценки параметров	Стандартные ошибки	t-Статистика	Вероятность
LN_РОС_Т	1.073832	0.228029	4.709187	0.0001
LN_БЕЛ_Т	0.074080	0.115409	0.641890	0.5282
LN_КАЗ_Т	0.161269	0.149701	1.077278	0.2942
LN_остатков	-0.031785	0.084530	-0.376022	0.7109
С	-0.829506	1.268769	-0.653788	0.5207
Коэффициент детерминации	0.945031	Среднее арифметическое значение зависимой переменной		16.58730
Скорректированный Коэффициент детерминации	0.934038	Стандартное среднее квадратическое отклонение зависимой переменной		1.261864
Стандартная ошибка регрессии	0.324087	Критерий Акаике		0.761244
Сумма квадратов остатков	2.100641	Критерий Шварца		1.005019
Значение функции максимального правдоподобия	-4.515549	Критерий Ханнан-Куинн		0.828857
F-статистика	85.96079	Статистика Дарбина-Уотсона		1.081834
Вероятность (F-статистика)	0.000000			

Таблица 3

Корреляционная матрица

	LN_ВВП_АЗ	LN_РОС_Т	LN_БЕЛ_Т	LN_КАЗ_Т
LN_ВВП_АЗ	1.000000	0.970290	0.873039	0.814083
LN_РОС_Т	0.970290	1.000000	0.892795	0.812951
LN_БЕЛ_Т	0.873039	0.892795	1.000000	0.618328
LN_КАЗ_Т	0.814083	0.812951	0.618328	1.000000

объясняющих переменных 3 и заданного уровня значимости 0,05 значения $d_{\text{нижний}} = 0,93$ и $d_{\text{верхний}} = 1,81$, которые разбивают отрезок [0,4] на пять областей, найдено наблюдаемое значение $d_{\text{набл}} = 1,08$. Так как $0,93 < d_{\text{набл}} = 1,08 < 1,81$, т.е. наблюдаемое значение попадает в зону неопределенности, то ничего нельзя сказать о наличии автокорреляции, используя критерий Дарбина-Уотсона.

Визуально наличие автокорреляции остатков можно определить по графику логарифмов остатков из рис. 1. Так как на графике остатков точки разбросаны вдоль горизон-

тальной линии хаотично без видимой закономерности, то зависимости между остатками не наблюдается.

Теперь рассмотрим задачу на наличие гетероскедастичности. Гетероскедастичность приводит к тому, что оценки коэффициентов регрессии не являются эффективными, увеличиваются дисперсии распределений оценок коэффициентов [20, стр. 184–185]. Здесь гетероскедастичность остатков проверена тестом Уайта и результаты, представленные в табл. 4. Величина $nR^2 = \text{Obs} * R - \text{squared}$, где $n = 25$, R^2 – коэффициент детерминации для вспомогательной регрессии квадратов

Таблица 4

Результаты теста Уайта на наличие гетероскедастичности

F-статистика	1.796901	Вероятность. F(9,15)	0.1517
Наб* Коэффициент детерминации	12.97001	Вероят . Хи-Квадрат (9)	0.1640

Таблица 5

Результаты теста Дики-Фуллера

Переменные	Статистика критерия	Критическое значение 1%	Критическое значение 5%	Критическое значение 10%	Уровень вероятности
Разности второго порядка					
LN_ВВП_АЗ	-4.615559	-4.440739	-3.632896	-3.254671	0.0070
LN_РОС_Т	-8.971618	-4.440739	-3.632896	-3.254671	0.0000
LN_БЕЛ_Т	-5.463308	-4.467895	-3.644963	-3.261452	0.0013
LN_КАЗ_Т	-5.257628	-4.571559	-3.690814	-3.286909	0.0028
LN_остатков	-4.160020	-4.532598	-3.673616	-3.277364	0.0203

остатков на все регрессоры, их квадраты, попарные произведения и константу, равен 12.97001, и эта величина меньше значения $\chi^2_{0,16}(9) = 13.05799$. Соответствующее Р-значение превышает 0,05, т.е. нулевая гипотеза о гомоскедастичности случайного члена не отвергается.

Проверка стационарности временных рядов переменных моделирования проведена при помощи расширенного теста Дики-Фуллера. Результаты тестирования показали, что исходные ряды и их первые разности не являются стационарными, а разностные операторы второго порядка

стационарны. Результаты тестирования показаны в табл. 5:

Проверка причинных связей между факторами для лаговых значений $m = 1, 2, 3, 4$ осуществлена тестом Грэйнджера. Тест на причинность по Грэйнджеру за исключением двух направлений подтвердил наличие двусторонней причинно-следственной связи, что указывает на существование третьей переменной, которая является реальной причиной изменения рассматриваемых двух переменных. Только для лага $m = 1$ между $\Delta LN_КАЗ_Т$ и $\Delta LN_БЕЛ_Т$ и для лага $m = 4$ между $\Delta LN_БЕЛ_Т$ и $\Delta LN_ВВП_АЗ$ обнаруживаются противоположные причинно-следственные связи, где через Δ обозначен разностный оператор соответствующей переменной.

Для полной информативности исследования в дополнение теста Грэйнджера о при-

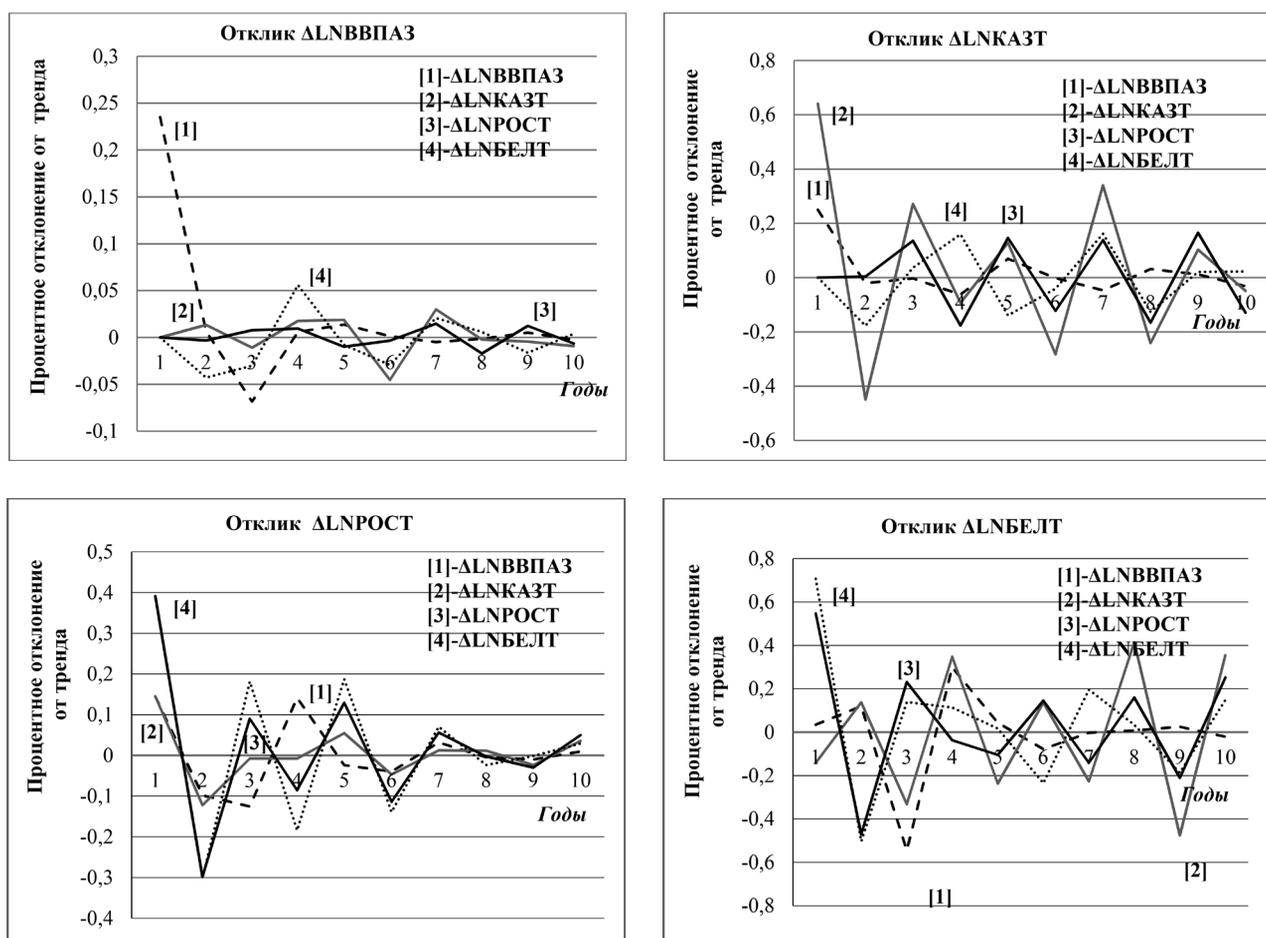


Рис. 2. Реакции импульсных функций отклика

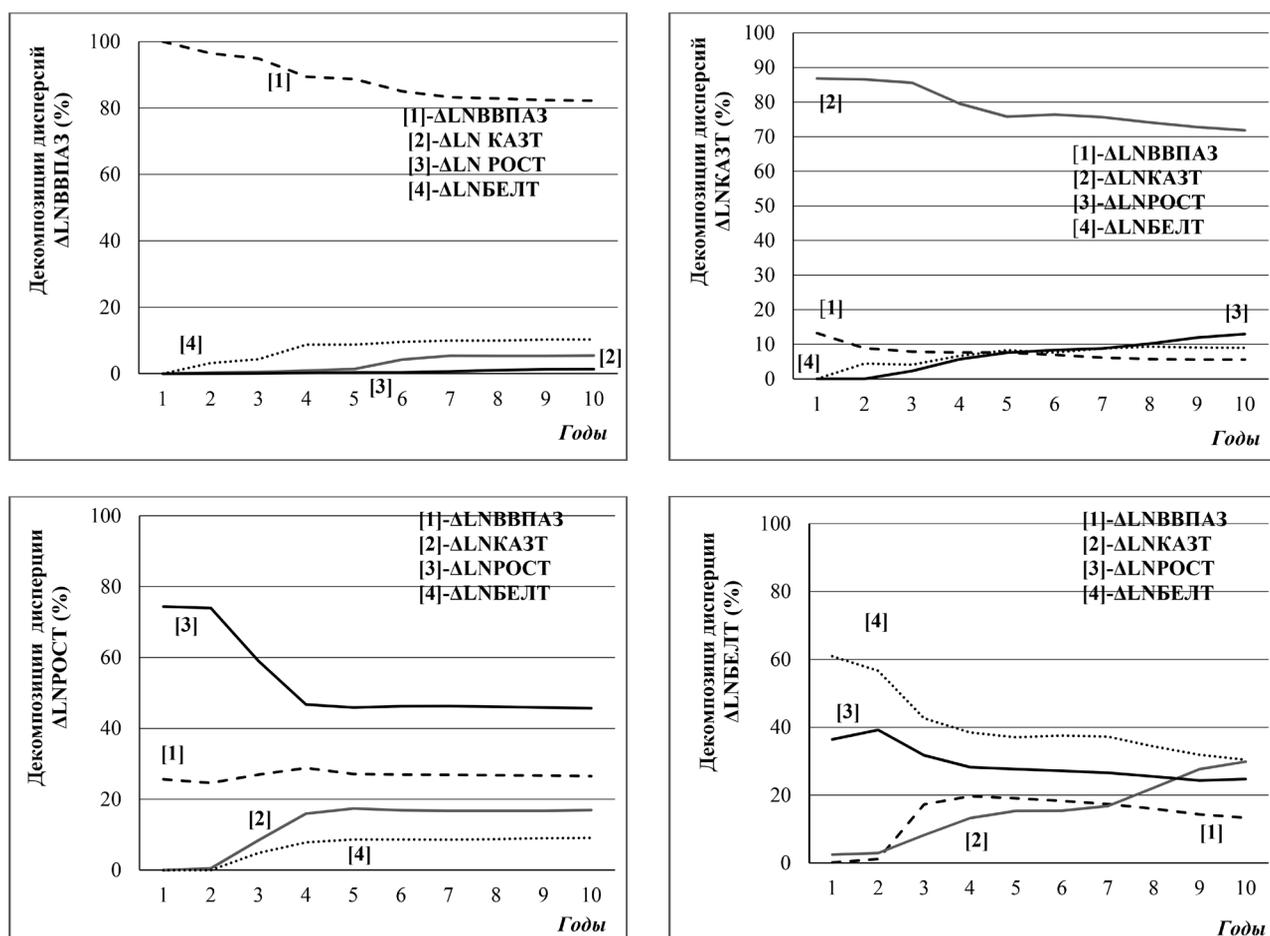


Рис. 3. Декомпозиции дисперсий ошибок прогноза

чинности, необходим анализ реакции импульсных функций. Эти функции представляют собой медианную оценку с 90%-ым доверительным интервалом эндогенной переменной на положительный шок одного стандартного отклонения экзогенной переменной и показывает время возвращения на равновесную траекторию. Доверительные интервалы были получены методом бутстрэппинга с 100 репликациями, как описано в [4]. Результаты тестирования на 10-и годовых временных горизонтах описаны в рис. 2.

Из рис. 2 ясно, что реакция переменных на отклонение от общего стохастического тренда неодинакова. В случае реагирования на шоки эндогенная переменная проходит свою часть пути к равновесию.

Для изучения влияния экзогенных переменных на эндогенную переменную в течение

ближайших 10 лет использован эконометрический метод декомпозиции дисперсий ошибок прогноза, который определяет вклад изменения данной переменной в её собственную дисперсию ошибок прогноза и дисперсию других переменных. Результаты проверки соответствующих тестов изображены на рис. 3.

Тесты Энгла-Грэйнджера и Йохансена показали, что все переменные являются коинтегрированными, что удостоверяет их долгосрочную взаимосвязь и подлинность корреляции. Учитывая информационные критерии Акайке и Шварца, наилучшим оказался лаг, равный 1. Получено одно коинтеграционное соотношение со степенью интеграции 2 и рангом коинтеграции равным 1. Результаты тестирования представлены табл. 6,6.1,6.2:

В табл. 6 анализированы все 5 вариант: $H_2(r)$, $H_1^*(r)$, $H_1(r)$,

$H^*(r)$, $H(r)$, соответственно означающие: $H_2(r)$ – данные не имеют детерминированного тренда, уравнение коинтеграции не содержит ни тренда, ни свободного члена; $H_1^*(r)$ – данные не имеют детерминированного тренда, коинтеграционное соотношение содержит свободный член и не содержит тренда; $H_1(r)$ – данные содержат детерминированный тренд, коинтеграционное уравнение содержит свободный член и не содержит тренд; $H^*(r)$ – данные имеют детерминированный линейный тренд, коинтеграционное соотношение имеет и тренд, и свободный член; $H(r)$ – данные содержат детерминированный квадратичный тренд, коинтеграционное уравнение содержит тренд и свободный член. В случае $H^*(r)$ информационные критерии Акайке и Шварца соответственно имели низкие значения 6.126321 и 7.908717.

Результаты тестов Энга-Грэйнджера и Йохансена на коинтегрированность по логарифмам переменных

Дата: 11/19/19. Время: 09:22					
Выборка: 1994 2018					
Включенные наблюдения: 21					
Ряды: $\Delta \text{LNBBPAZ}$ ΔLNPOCT $\Delta \text{LNБЕЛТ}$ $\Delta \text{LNКАЗТ}$					
Интервал лагов: от 1 до 1					
Выбранный (уровень 0,01 *) количество коинтегрирующих отношений по модели					
Тренд данных:	В данных нет детерминированных трендов	В данных нет детерминированных трендов	В данных есть детерминированный линейный тренд	В данных есть детерминированный линейный тренд	В данных есть детерминированный Квадратичный тренд
Тест типа:	Нет константа	Констант	Констант	Констант	Констант
	Нет тренда	Нет тренда	Нет тренда	Тренд	Тренд
Trace	4	2	4	1	2
Max-Eig	2	1	1	1	1
Информационные критерии по рангу и модели					
Тренд данных:	В данных нет детерминированных трендов	В данных нет детерминированных трендов	В данных есть детерминированный линейный тренд	В данных есть детерминированный линейный тренд	В данных есть детерминированный квадратичный тренд
Ранг	Нет константа	Констант	Констант	Констант	Констант
Коин. Урав.	Нет тренда	Нет тренда	Нет тренда	Тренд	Тренд
Значение функции максимального правдоподобия по рангу (строки) и модели (столбцы)					
0	-61.00067	-61.00067	-60.83193	-60.83193	-60.56315
1	-39.26589	-39.08775	-38.92910	-38.89596	-38.62739
2	-26.81876	-26.50446	-26.36125	-26.32637	-26.09856
3	-19.36194	-19.00406	-18.98557	-18.93177	-18.78093
4	-15.09511	-14.70521	-14.70521	-14.55149	-14.55149
Критерий Акаике по рангу (строки) и модели (столбцы)					
0	7.333397	7.333397	7.698279	7.698279	8.053634
1	6.025323	6.103596	6.374200	6.466282	6.726418
2	5.601787*	5.762330	5.939167	6.126321	6.295101
3	5.653518	5.905149	5.998625	6.279216	6.360089
4	6.009058	6.352877	6.352877	6.719189	6.719189
Критерий Шварца по рангу (строки) и модели (столбцы)					
0	8.129224	8.129224	8.693063	8.693063	9.247374
1	7.219063	7.347075	7.766896	7.908717	8.318071
2	7.193440*	7.453461	7.729777	8.016409	8.284668
3	7.643084	8.043933	8.187149	8.616956	8.747568
4	8.396538	8.939313	8.939313	9.504582	9.504582

Таблица 6.1

Результаты теста Max-Eigenvalue

Гипотезы	Альтернативные гипотезы	Статистика Max-Eigenvalue	Критическое значение 1%	Уровень вероятности
$H_0 : r = 0^*$	$H_A : r > 0$	43.87195	37.48696	0.0012
$H_0 : r = 1$	$H_A : r > 1$	25.13917	30.83396	0.0614
$H_0 : r = 2$	$H_A : r > 2$	14.78921	23.97534	0.2053
$H_0 : r = 3$	$H_A : r > 3$	8.760560	16.55386	0.1956

Таблица 6.2

Результаты Trace-теста

Гипотезы	Альтернативные гипотезы	Trace-статистика	Критическое значение 1%	Уровень вероятности
$H_0 : r = 0^*$	$H_A : r > 0$	92.56089	71.47921	0.0000
$H_0 : r = 1$	$H_A : r > 1$	48.68894	49.36275	0.0120
$H_0 : r = 2$	$H_A : r > 2$	23.54977	31.15385	0.0947
$H_0 : r = 3$	$H_A : r > 3$	8.760560	16.55386	0.1956

В двух последних таблицах для определения количества векторов коинтеграции в рядах динамики мы сначала проверяли нулевую гипотезу, что не существует векторов коинтеграции, т.е. $r = 0$, против альтернативной гипотезы, что существует один такой вектор. Мы отвергли нулевую гипотезу, так как рассчитанные значения были больше критических значений, откуда сделали выводы о том, что существует один вектор коинтеграции. Затем проверили гипотезу, что существует один вектор, против альтернативной гипотезы

о том, что существует два вектора коинтеграции. Здесь рассчитанные критерии меньше критических значений, и мы приняли нулевую гипотезу. То же самое и в случае с альтернативной гипотезой о трёх и четырёх векторах. Таким образом, заключили, что существует один вектор коинтеграции.

Согласно [21, стр. 188–259; 22, стр. 88–97], система интегрированного порядка 2 и коинтегрированных рядов допускает представление в форме векторной модели коррекции ошибок (vector error correction model – VECM) с лагом, равным 1 и рангом 1, выражающей долговременную равновесную взаимосвязь переменных и подлинность их корреляции, позволяющую измерить отклонения от равновесия в случае проявления шоков и скорость его восстановления. Выполняя процедуры программы Eviews 8 найдено следующее уравнение коррекции ошибок для разностей второго порядка логарифмических значений ВВП Азербайджана:

$$\begin{aligned} \Delta(\Delta \text{LNBBPA3}) = & -0.0976936185349 * \\ & * (\Delta \text{LNBBPA3}(-1) - \\ & - 2.17759632192 * \Delta \text{LNPOCT}(-1) + \\ & + 1.06739759315 * \\ & * \Delta \text{LNBELT}(-1) + 1.17581723934 * \\ & * \Delta \text{LNKAZT}(-1) + 0.640628900405 * \\ & * \Delta \text{LNOSTATKOV}(-1) - \\ & - 0.0725522022219) - \\ & - 0.442466799139 * \\ & * \Delta(\Delta \text{LNBBPA3}(-1)) - \\ & - 0.205263147072 * \\ & * \Delta(\Delta \text{LNPOCT}(-1)) + \\ & + 0.068400102541 * \\ & * \Delta(\Delta \text{LNBELT}(-1)) + \\ & + 0.0843090508997 * \\ & * \Delta(\Delta \text{LNKAZT}(-1)) + \\ & + 0.00431292593778 * \\ & * \Delta(\Delta \text{LNOSTATKOV}(-1)) + \\ & + 0.0145565027345 \quad (3) \end{aligned}$$

Выше при реализации теста Грэйнджера о причинности, мы показали, что между переменными имеют место обратные связи. В программных процедурах Eviews 8 выполняя аналогичные процедуры, нетрудно получить модели коррекции ошибок для остальных переменных:

$$\begin{aligned} \Delta(\Delta \text{LNPOCT}) = & 0.0718541618941 * \\ & * (\Delta \text{LNBBPA3}(-1) - \\ & - 2.17759632192 * \Delta \text{LNPOCT}(-1) + \\ & + 1.06739759315 * \Delta \text{LNBELT}(-1) + \\ & + 1.17581723934 * \Delta \text{LNKAZT}(-1) + \\ & + 0.640628900405 * \\ & * \Delta \text{LNOSTATKOV}(-1) - \\ & - 0.0725522022219) + \\ & + 0.15953414249 * \\ & * \Delta(\Delta \text{LNBBPA3}(-1)) - \\ & - 0.485993181165 * \\ & * \Delta(\Delta \text{LNPOCT}(-1)) - \\ & - 0.122283671593 * \\ & * \Delta(\Delta \text{LNBELT}(-1)) - \\ & - 0.148265956992 * \\ & * \Delta(\Delta \text{LNKAZT}(-1)) - \\ & - 0.0430948172639 * \\ & * \Delta(\Delta \text{LNOSTATKOV}(-1)) - \\ & - 0.0159934912758 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta(\Delta \text{LNBELT}) = & -0.650832466952 * \\ & * (\Delta \text{LNBBPA3}(-1) - \\ & - 2.17759632192 * \Delta \text{LNPOCT}(-1) + \\ & + 1.06739759315 * \Delta \text{LNBELT}(-1) + \\ & + 1.17581723934 * \Delta \text{LNKAZT}(-1) + \\ & + 0.640628900405 * \\ & * \Delta \text{LNOSTATKOV}(-1) - \\ & - 0.0725522022219) + \\ & + 1.1121393357 * \\ & * \Delta(\Delta \text{LNBBPA3}(-1)) - \\ & - 0.700802518851 * \\ & * \Delta(\Delta \text{LNPOCT}(-1)) - \\ & - 0.403038990189 * \\ & * \Delta(\Delta \text{LNBELT}(-1)) + \\ & + 0.732078527229 * \\ & * \Delta(\Delta \text{LNKAZT}(-1)) + \\ & + 0.176751175204 * \\ & * \Delta(\Delta \text{LNOSTATKOV}(-1)) - \\ & - 0.0565266091977 \quad (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta(\Delta \text{LNKAZT}) = & -0.693495044674 * \\ & * (\Delta \text{LNBBPA3}(-1) - \\ & - 2.17759632192 * \Delta \text{LNPOCT}(-1) + \\ & + 1.06739759315 * \Delta \text{LNBELT}(-1) + \\ & + 1.17581723934 * \Delta \text{LNKAZT}(-1) + \\ & + 0.640628900405 * \\ & * \Delta \text{LNOSTATKOV}(-1) - \\ & - 0.0725522022219) + \\ & + 0.182176478983 * \\ & * \Delta(\Delta \text{LNBBPA3}(-1)) - \\ & - 1.02391184845 * \\ & * \Delta(\Delta \text{LNPOCT}(-1)) + \\ & + 0.324424635417 * \\ & * \Delta(\Delta \text{LNBELT}(-1)) - \\ & - 0.478661655171 * \\ & * \Delta(\Delta \text{LNKAZT}(-1)) + \\ & + 0.200331373946 * \\ & * \Delta(\Delta \text{LNOSTATKOV}(-1)) - \\ & - 0.0294292882773 \end{aligned}$$

Выводы

Проведенный коинтеграционный анализ взаимного влияния ВВП Азербайджана, оборота внешней торговли этой страны с Россией, Беларусью и

Казахстаном позволяет сформулировать ряд выводов:

1. Результаты лаговых зависимостей показывают, что построенные коинтеграционные соотношения, сформированные из разностных операторов второго порядка действующих логарифмических значений исходных переменных, можно считать значимыми.

2. Построенная векторная модель коррекции ошибок с четырьмя компонентами позволяет оценить количественные характеристики краткосрочной и долгосрочной динамики связи между изучаемыми показателями. В частности, обеспечиваются оценки лаговых параметров и определяются скорости сходимости к равновесной траектории. Отклонения от равновесных траекторий в предыдущих моментах времени в последующих моментах времени восстанавливаются. Скорости восстановления определяются соответствующими множителями при равновесных ошибках в правых частях соотношений (3), (4). Эти коэффициенты показывают, на сколько процентов в текущий момент времени корректируются отклонения от равновесной траектории. Условие расположения этих коэффициентов на отрезке $[-1, 0]$ является необходимым условием обеспечения динамической устойчивости построенной модели. Чем ближе значения этих коэффициентов к (-1) , тем быстрее достигается равновесие. Когда координаты этих векторов близки к нулю, то для возвращения на траекторию равновесия необходимо больше времени.

3. Долгосрочная равновесная взаимосвязь стабильна в том, что, будучи нарушенной в краткосрочных периодах, она восстанавливается. Объединяя в одной строке статистическую долгосрочную и динамическую краткосрочную связи между переменными, соотношения (3) и (4) позволяют измерить

отклонения от равновесия в случае появления шоков и скорость его восстановления.

4. Определяются вклады в дисперсию ошибок прогноза изменения собственной дисперсии резульативного фактора и дисперсии других переменных.

5. Моделирование торговли с помощью вышеописанной методологии позволяет спрогнозировать торговые потоки. Оценки, полученные из механизмов коррекции (3), (4), позволяют провести ди-

намические анализы для эффективного государственного регулирования экспортно-импортных операций между четырьмя странами для балансирования торговли и улучшения соответствующих инклюзивных параметров долгосрочного устойчивого экономического роста этих государств.

6. Полученные результаты показывают, что не только для исследуемых здесь государств, но и для каждой страны, в целях обеспечения эффективности регулирования внешней

торговли и кратко-средне- и долгосрочного прогнозирования ее внешнеэкономической деятельности и участия в региональных и глобальных интеграционных процессах государству весьма важно провести мониторинги с привлечением методики векторной модели коррекции ошибок, так как экспорт, являющийся движущей силой экономического роста страны, одновременно является важным фактором улучшения уровня жизни населения страны.

Литература

1. Зиядуллаев Н.С. Национальные приоритеты и перспективы Евразийского Экономического Союза в условиях интеграции и глобальной нестабильности // Национальные Интересы: приоритеты и безопасность. 2015. № 15 (300). С. 2–19.
2. Лебедева Л.Ф., Мигалева Т.Е., Подбиралина Г.В. Евразийский Экономический Союз: Новый этап экономического взаимодействия // Вестник Российского экономического Университета им. Г.В. Плеханова. 2015. № 3 (81). С. 118–127.
3. Государственный статистический комитет Азербайджанской республики. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: www.stat.gov.az.
4. Hall P. On Bootstrap Confidence Intervals in Nonparametric Regression // Annals of Statistics. 1992. № 20(2). С. 695–711.
5. Тихомиров Н.П., Тихомирова Т.М., Урмаев О.С. Методы эконометрики и многомерного статистического анализа. Москва: Экономика, 2011. 647 с.
6. Вербик М. Путеводитель по современной эконометрике. Пер. с англ. В.А. Банников. М.: Научная книга, 2008. 616 с.
7. Юсубов Ф. Совершенствование торгово-экономического партнерства Беларуси и Азербайджана // Журнал международного права и международных отношений. 2011. № 4. С. 94–102.
8. Андропова И.В. Эволюция интеграционных процессов на постсоветском пространстве // Вестник РУДН. Серия Экономика. 2012. № 5. С. 72–81.
9. Воловик Н.П. Анализ торгово-экономических отношений Российской Федерации со странами Содружества Независимых Государств // Управленческое консультирование. 2015. № 5. С. 121–135.
10. Пылин А.Г. Внешнеэкономические связи Азербайджана в контексте региональной интеграции [Электрон. ресурс] // Проблемы пост-

советского пространства. 2015. Режим доступа: <https://www.postsovietarea.com/jour>.

11. Пелипась И., Шиманович Г., Кирхнер Р. Международные связи и внешние шоки: опыт использования различных спецификаций глобальной VAR для Беларуси // Аналитические записки [PS/02/2016]. Немецкая экономическая группа. [Электрон. ресурс] Берлин / Минск: Исследовательский центр ИПМ., 2016, 31 с. Режим доступа: <http://www.research.by/webroot/delivery/files/ps2016r02.pdf>

12. Апокин А.Ю., Гнидченко А.А., Сабельникова Е.М. Потенциал импортозамещения и выгоды от экономической интеграции: дезагрегированные оценки // Экономическая политика. 2017. № 2. С. 44–71.

13. Дробот Е.В., Костылева С.О. Методы оценки последствий экономической интеграции для стран Евразийского экономического союза // Российское предпринимательство. 2017. № 1. С. 23–38.

14. Вардомский А.Б., Пылин А.Г., Шурубович А.В. К вопросу о модернизации экономик стран СНГ // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2017. № 1. С.22–40.

15. Григорьев Л., Павлушина В., Бондаренко К., Бриллиантова В. Динамика внешней торговли // Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики. Аналитический центр при правительстве Российской Федерации. 2018. № 40. 19 с.

16. Гуроваб И.П., Платонова И.Н., Максимова М.А. Уровень торговой интеграции в Евразийском Экономическом Союзе // Проблемы прогнозирования. 2018. № 4. С. 140–157.

17. Яковлев А.А. Некоторые вопросы активизации участия отечественного бизнеса в государствах ЕАЭС // Вестник экономической безопасности. 2018. № 2. С. 380–384.

18. Куклина Е.А. Энергетический вектор российско-азербайджанского экономического сотрудничества в цифровом пространстве со-

временного мира // ЕВРАЗИЙСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ: экономика, право, политика. 2019. №. 4. С. 50–61.

19. Orudzhev E.G., Huseynova S.M. The cointegration relations between Azerbaijan's GDP and the balances of the trade relations of Russia and Belarus // Journal of Contemporary Applied Mathematics. 2019. Т. 9. №. 2. С. 79–92.

20. Матюшок В.М., Балашова С.А., Лаза-

нюк И.В. Основы эконометрического моделирования с использованием EVIEWS. М.: РУДН, 2011. 206 с.

21. Носко В.П. Эконометрика: Введение в регрессионный анализ временных рядов. М.: МФТИ, 2002. 273 с.

22. Конторович Г.Г. Анализ временных рядов // Экономический журнал Высшей Школы Экономики. 2003. № 1. С. 79–103.

References

1. Ziyadullayev N.S. National priorities and prospects of the Eurasian Economic Union in the context of integration and global instability. Natsional'nyye Interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: priorities and security. 2015; 15(300): 2-19. (In Russ.)

2. Lebedeva L.F., Migaleva T.Ye., Podbiralina G.V. Eurasian Economic Union: A new stage in economic interaction. Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo Universiteta im. G.V. Plekhanova = Bulletin of the Russian Economic University. G.V. Plekhanov. 2015; 3 (81): 118-127. (In Russ.)

3. Gosudarstvennyy statisticheskiy komitet Azerbaydzhanskoj respubliki = The State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. [Internet]. Available from: www.stat.gov.az.

4. Hall P. On Bootstrap Confidence Intervals in Nonparametric Regression. Annals of Statistics. 1992; 20(2): 695-711.

5. Tikhomirov N.P., Tikhomirova T.M., Ushmayev O.S. Metody ekonometriki i mnogomernogo statisticheskogo analiza = Methods of econometrics and multivariate statistical analysis. Moscow: Economics; 2011. 647 p. (In Russ.)

6. Verbik M. Putevoditel' po sovremennyy ekonometrike. Per. s angl. V.A. Bannikov = Guide to modern econometrics. Per. from English V.A. Bannikov. Moscow: Nauchnaya kniga = Scientific book; 2008. 616 p. (In Russ.)

7. Yusubov F. Improving the trade and economic partnership of Belarus and Azerbaijan. Zhurnal mezhdunarodnogo prava i mezhdunarodnykh otnosheniya = Journal of International Law and International Relations. 2011; 4: 94-102. (In Russ.)

8. Andronova I.V. Evolution of integration processes in the post-Soviet space. Vestnik RUDN. Ceriya Ekonomika = Vestnik RUDN. Series Economics. 2012; 5: 72-81. (In Russ.)

9. Volovik N.P. Analysis of trade and economic relations of the Russian Federation with the countries of the Commonwealth of Independent States. Upravlencheskoye konsul'tirovaniye = Management Consulting. 2015; 5: 121-135. (In Russ.)

10. Pylin A.G. oreign economic relations of Azerbaijan in the context of regional integration [Internet]. Problemy postsovetskogo prostranstva = Problems of the post-Soviet space. 2015. Available from: <https://www.postsovietarea.com/jour>. (In Russ.)

11. Pelipas' I., Shimanovich G., Kirkhner R. International relations and external shocks: the experience of using various specifications of the global VAR for Belarus. Analiticheskiye zapiski = Analytical notes [PS/02/2016]. Nemetskaya ekonomicheskaya gruppa = German economic group.. [Internet] Berlin / Minsk: Issledovatel'skiy tsentr IPM= IPM Research Center., 2016; 31 p. Available from: <http://www.research.by/webroot/delivery/files/ps2016r02.pdf>

12. Apokin A.YU., Gnidchenko A.A., Sabel'nikova Ye.M. The potential of import substitution and the benefits of economic integration: disaggregated estimates. Ekonomicheskaya politika = Economic policy. 2017; 2: 44-71. (In Russ.)

13. Drobot Ye.V., Kostyleva S.O. Methods for assessing the consequences of economic integration for the countries of the Eurasian Economic Union. Rossiyskoye predprinimatel'stvo= Russian Journal of Entrepreneurship. 2017; 1: 23-38. (In Russ.)

14. Vardomskiy A.B., Pylin A.G., Shurubovich A.V. On the issue of modernization of the economies of the CIS countries. Vestnik Instituta ekonomiki Rossiyskoy akademii nauk = Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences. 2017; 1: 22-40. (In Russ.)

15. Grigor'yev L., Pavlushina V., Bondarenko K., Brilliantova V. Dynamics of foreign trade. Byulleten' o tekushchikh tendentsiyakh rossiyskoy ekonomiki. Analiticheskiy tsentr pri pravitel'stve Rossiyskiy Federatsii = Bulletin on current trends in the Russian economy. Analytical Center under the Government of the Russian Federation. 2018; 40; 19 p. (In Russ.)

16. Gurovab I.P., Platonova I.N., Maksakova M.A. The level of trade integration in the Eurasian Economic Union. Problemy prognozirovaniya = Problems of forecasting. 2018; 4: 140-157. (In Russ.)

17. Yakovlev A.A. Some issues of enhancing the participation of domestic business in the EAEU states. Vestnik ekonomicheskoy bezopasnosti = Bulletin of Economic Security. 2018; 2: 380-384. (In Russ.)

18. Kuklina Ye.A. The energy vector of Russian-Azerbaijani economic cooperation in the digital space of the modern world. YEVRAZIYSKAYA INTEGRATSIYA: ekonomika, pravo, politika = EURASIAN INTEGRATION: economics, law, politics. 2019; 4: 50-61. (In Russ.)

19. Orudzhev E.G., Huseynova S.M. The cointegration relations between Azerbaijan's GDP and the balances of the trade relations of Russia and Belarus. *Journal of Contemporary Applied Mathematics*. 2019; 9; 2: 79-92. (In Russ.)

20. Matyushok V.M., Balashova S.A., Lazanyuk I.V. Osnovy ekonometricheskogo modelirovaniya s ispol'zovaniyem EViews = Fundamentals of econometric modeling using EViews. Moscow: RUDN; 2011. 206 p. (In Russ.)

21. Nosko V.P. *Ekonometrika: Vvedeniye v regressionnyy analiz vremennykh ryadov* = *Econometrics: An Introduction to Time Series Regression Analysis*. Moscow: MFTI, 2002. 273 s. (In Russ.)

22. Kontorovich G.G. Time Series Analysis. *Ekonomicheskiy zhurnal Vysshey Shkoly Ekonomiki* = *Economic Journal of the Higher School of Economics*. 2003; 1: 79-103. (In Russ.)

Сведения об авторах

Эльшар Гурбан оглы Оруджев

Д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой

«Математическая экономика»

Бакинский Государственный Университет,

г. Баку, Азербайджан

Эл. почта: elsharorucov63@mail.ru

Тел: (+994)516416615

Сара Мубариз гызы Гусейнова

К.э.н, доцент кафедры «Математическая экономика»

Бакинский Государственный Университет,

г. Баку, Азербайджан

Эл. почта: sarahuseynova@gmail.com

Тел: (+994)519806868

Information about the authors

Elshar G. ogly Orudzhev

Dr. Sci. (Engineering), Professor , Chief department of "Mathematical Economy"

Baku State University,

Baku, Azerbaijan

E-mail: elsharorucov63@mail.ru

Tel: (+994)0516416615

Sara M. gizi Huseynova

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of "Mathematical economy"

Baku State University,

Baku, Azerbaijan

E-mail: sarahuseynova@gmail.com

Tel: (+994)0519806868