

Научная статья

Original article

УДК 519.23

doi: 10.55186/2413046X\_2024\_9\_5\_254

**ПОСТРОЕНИЕ ОБОБЩЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЛИЯНИЯ НА  
ПРИРОСТ ВВП НА ПРИМЕРЕ СТРАН БРИКС  
CONSTRUCTION OF GENERALIZED INDICATORS OF THE IMPACT  
ON GDP GROWTH USING THE EXAMPLE OF THE BRICS COUNTRIES**



**Воробьева Елена Юрьевна**, старший преподаватель кафедры прикладной математики, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, E-mail: [lena-vorobey@yandex.ru](mailto:lena-vorobey@yandex.ru)

**Воробьев Артем Павлович**, кафедра ТТХВ, Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, E-mail: [drsleerwalker@yandex.ru](mailto:drsleerwalker@yandex.ru)

**Vorobyova Elena Urevna**, senior lecturer department of applied mathematics, Perm national research polytechnic university, Perm

**Vorobyov Artem Pavlovich**, department of TTHV, Kazan national research technological university, Kazan

**Аннотация.** Последнее десятилетие благодаря высоким темпам экономического развития роль стран БРИКС в мировой экономике значительно возросла [1]. Анализ существующих методик оценки экономического состояния стран БРИКС показал необходимость построения оптимальной системы социально-экономических показателей, влияющих на прирост валового внутреннего продукта (ВВП) стран, на основании которой можно оценивать их развитие. Целью данного исследования является

агрегирование двенадцати социально-экономических индикаторов для стран БРИКС в обобщенные факторы. Применение методов факторного анализа позволило построить три фактора: производственный фактор, фактор торговли и фактор природных ресурсов. На основании полученных результатов проведено ранжирование стран БРИКС по каждому фактору.

**Abstract.** In the last decade, due to high rates of economic development, the role of BRICS countries in the global economy has significantly increased. An analysis of existing methods for assessing the economic condition of BRICS countries has shown the need to establish an optimal system of socio-economic indicators that affect the growth of the gross domestic product (GDP) of these countries, based on which their development can be evaluated. The aim of this study is to aggregate twelve socio-economic indicators for the BRICS countries into generalized factors. The use of factor analysis methods made it possible to construct three factors: production factor, trade factor, and natural resources factor. Based on the obtained results, the BRICS countries were ranked according to each factor.

**Ключевые слова:** социально-экономические факторы, страны БРИКС, факторный анализ, обобщенные показатели

**Keywords:** socio-economic factors, BRICS countries, factor analysis, generalized indicators

По итогам исследования [2] были получены следующие **результаты:** методами корреляционно-регрессионного анализа проведен анализ системы социально-экономических показателей стран-членов БРИКС, предложенных в качестве оценки экономического положения на основе прироста ВВП по ППС на душу населения; выявлены наиболее влияющие на прирост ВВП на душу населения признаки: «Услуги, в % от ВВП», «Экспорт, в % от ВВП», «Иностранные инвестиции, в % от ВВП» и «Инвестиции в основной капитал, в % от ВВП».

Источником статистических показателей послужили данные всемирного банка, национальных статистических служб стран БРИКС и других открытых источников [3,4,5].

Сокращение числа переменных и их классификация может быть реализована при помощи методов факторного анализа. Для решения задачи агрегирования индикаторов влияния по странам БРИКС была сформирована система из 12 показателей-индикаторов, характеризующих прирост ВВП по ППС на душу населения:

$x_1$  – «Промышленность, % от ВВП»;

$x_2$  – «Сельское хозяйство, % от ВВП»;

$x_3$  – «Услуги, %»;

$x_4$  – «Уровень безработицы, % от ВВП»;

$x_5$  – «Экспорт, % от ВВП»;

$x_6$  – «Импорт, % от ВВП»;

$x_7$  – «Иностранные инвестиции, % от ВВП»;

$x_8$  – «Инвестиции в основной капитал, % от ВВП»;

$x_9$  – «Налоги, % от ВВП»;

$x_{10}$  – «Доходы от природных ресурсов, % от ВВП»;

$x_{11}$  – «Инфляция, %»;

$x_{12}$  – «Внешний долг, % от ВВП».

Для выделения в данной совокупности признаков небольшого числа обобщающих факторов [6,7] данные по показателям стран БРИКС скомпонованы в матрицу "объект-признак"; исследование проводится методом главных компонент.

Во втором столбце таблицы 1 указаны значения собственных чисел, соответствующих выделенным факторам. В третьем столбце приводится процент от общей дисперсии для каждого фактора. Как можно видеть, первый фактор объясняет 42,15% общей дисперсии, второй фактор – 19,68%

процентов, третий – 13,79% и т.д. Четвертый столбец содержит кумулятивные собственные значения.

Таблица 1. Собственные значения

	Собственные значения	% общей дисперсии	Кумулятивные собственные значения	кумулятивный %
1	5,057726	42,14772	5,057726	42,14772
2	2,362303	19,68586	7,420029	61,83357
3	1,655640	13,79700	9,075669	75,63057

Решение о том, когда следует остановить процедуру выделения факторов, главным образом зависит от точки зрения на то, что считать малой "случайной" изменчивостью. Это решение достаточно произвольно, однако имеются некоторые рекомендации, позволяющие рационально выбрать число факторов. По критерию Кайзера [6] необходимо оставить только те факторы, собственные значения которых больше единицы. По существу, это означает, что если фактор не выделяет дисперсию, эквивалентную, по крайней мере, дисперсии одной переменной, то он опускается. Этот критерий является, вероятно, наиболее широко используемым. На основе этого критерия следует сохранить 3 фактора (три главные компоненты), которые объясняют 75,63% кумулятивной дисперсии.

Для определения структуры взаимосвязей между переменными и тремя главными факторами необходимо вычислить коэффициенты их корреляции, которые называются факторными нагрузками и представлены в таблице 2.

Таблица 2. Факторные нагрузки

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
$x_1$ – «Промышленность»	<b>0,725057</b>	0,418740	-0,085959
$x_2$ – «Сельское хозяйство»	<b>0,704273</b>	0,016064	-0,360095
$x_3$ – «Услуги»	<b>-0,856967</b>	-0,214708	-0,036163
$x_4$ – «Уровень безработицы»	<b>-0,853106</b>	0,100825	-0,430700
$x_5$ – «Экспорт»	-0,112566	<b>0,926793</b>	-0,005817
$x_6$ – «Импорт»	-0,114819	<b>0,808211</b>	-0,508932
$x_7$ – «Иностраннные инвестиции»	0,078119	-0,022121	0,513988
$x_8$ – «Инвестиции в основной капитал»	<b>0,878349</b>	0,175521	-0,289200
$x_9$ – «Налоги»	<b>-0,903570</b>	0,194864	-0,231830
$x_{10}$ – «Доходы от природных ресурсов»	-0,102938	0,594503	<b>0,706098</b>
$x_{11}$ – «Инфляция»	-0,173560	0,438509	0,415361
$x_{12}$ – «Внешний долг»	<b>-0,955627</b>	0,057394	-0,007935

Чем теснее связь признака с рассматриваемым фактором, тем выше значение факторной нагрузки. Положительный знак факторной нагрузки указывает на прямую (а отрицательный знак - на обратную) связь данного признака с фактором. Напомним, что новый фактор в действительности является линейной комбинацией исходных переменных [7].

Таким образом, для обобщения показателей получена система из трех агрегированных факторов, включающих в себя двенадцать социально-экономических индикаторов.

$$F_1 = 0,73x_1 + 0,7x_2 - 0,86x_3 - 0,85x_4 - 0,11x_5 - 0,11x_6 + 0,07x_7 + 0,87x_8 - 0,9x_9 - 0,1x_{10} - 0,17x_{11} - 0,95x_{12}$$

$$F_2 = 0,41x_1 + 0,02x_2 - 0,21x_3 + 0,1x_4 + 0,93x_5 + 0,81x_6 - 0,02x_7 + 0,18x_8 + 0,19x_9 + 0,59x_{10} + 0,44x_{11} + 0,06x_{12}$$

$$F_3 = -0,09x_1 - 0,36x_2 - 0,04x_3 - 0,43x_4 - 0,01x_5 - 0,51x_6 + 0,51x_7 - 0,29x_8 - 0,23x_9 + 0,71x_{10} + 0,42x_{11} - 0,01x_{12}$$

Первый фактор отмечен высокими нагрузками на показатели-индикаторы  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_8, x_9, x_{12}$ , поэтому его можно назвать **«Производственным фактором»**.

Во втором факторе наибольший вес принадлежит показателям  $x_5, x_6$ , следовательно, он характеризует торговлю, его назовем **«Фактором торговли»**.

Третий фактор характеризуется высокой нагрузкой на индикатор доходов от природных ресурсов, то его назовем **«Фактором природных ресурсов»**.

Количественные значения выделенных факторов для каждого из имеющихся объектов называют *факторными весами*. Объекту с большим значением факторного веса присуща большая степень проявления свойств, определяемых данным фактором. Так как факторы определяют как стандартизованные показатели с нулевым средним и единичной дисперсией, то положительные факторные веса соответствуют тем объектам, которые обладают степенью проявления свойств больше средней, а отрицательные факторные веса соответствуют тем объектам, для которых степень проявления свойств меньше средней [8].

На основании построенных факторов можно провести ранжирование стран БРИКС по каждому из них. Значениям факторных весов можно присвоить рейтинг, и по его результатам ранжировать страны по уровню влияния фактора на прирост ВВПдн.

Таблица 3. Ранжирование стран БРИКС по факторам

Место страны в рейтинге	Производственный фактор	Фактор торговли	Фактор природных ресурсов
1	Китай	Россия	Россия
2	Индия	ЮАР	Бразилия
3	Россия	Индия	Китай

4	Бразилия	Китай	Индия
5	ЮАР	Бразилия	ЮАР

В таблице 3 и на рисунке 1 представлено распределение стран БРИКС по рейтингу на основе построенных факторов.

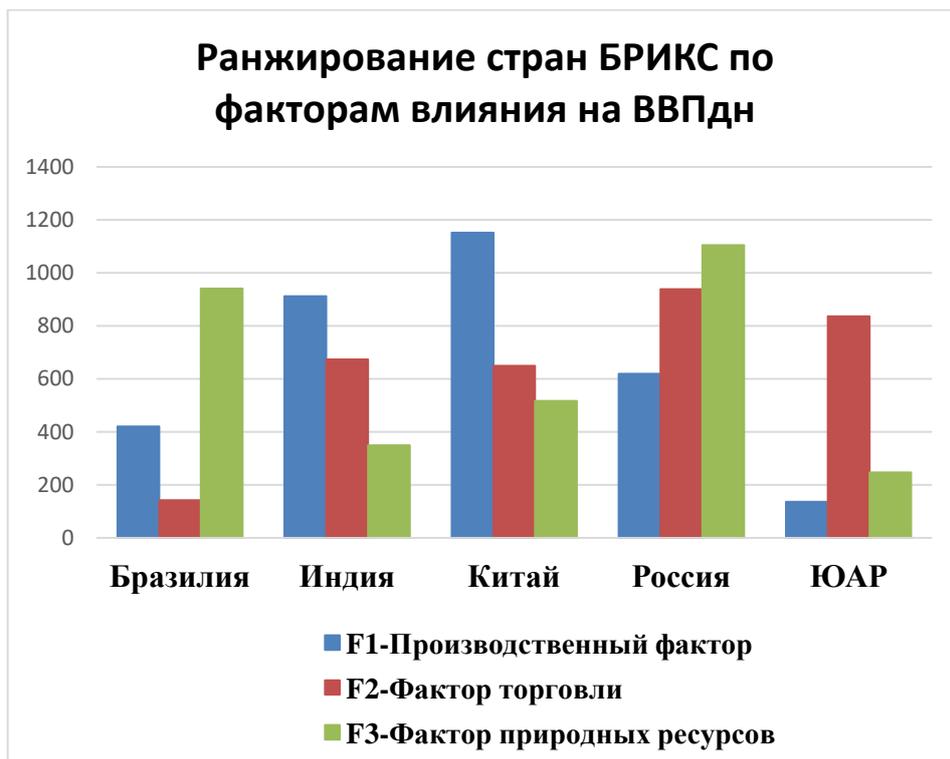


Рисунок 1. Ранжирование стран БРИКС по факторам

Построим уравнение регрессии прироста ВВПдн от агрегированных факторов.

$$\text{Безразмерное уравнение: } \hat{Y}_2 = 0,61F_1 + 0,24F_2 - 0,07F_3.$$

$$\text{Уравнение прогноза: } \hat{Y}_2 = 3,24 + 2,64F_1 + 1,07F_2 - 0,29F_3.$$

Уравнения регрессионной модели значимо на уровне  $p < 0,000001$ . Показателем адекватности построенной линейной модели является  $R^2 = 0,45$ , который показывает около 45% дисперсии прироста ВВП, объясняемой

данной моделью. Учитывая, что модель строилась по реальным статистическим данным, можно считать, это достаточно высокий результат.

Коэффициенты регрессионной модели характеризуют среднее изменение прироста ВВП по ППС на душу населения с изменением соответствующего фактора на единицу при фиксированном среднем значении других факторов.

В уравнение регрессии включено три фактора, два из которых имеют высокую значимость. Статистически значимыми на уровне  $p=0.05$  являются коэффициенты  $\beta_1 = 0,61$ ,  $\beta_2 = 0,24$ , следовательно, наибольшее влияние на прирост ВВП оказывают факторы  $F_1$  – производственный фактор и  $F_2$  – фактор торговли. Знаки коэффициентов регрессии при значимых факторах положительные, следовательно, при росте индикаторов наблюдается прирост ВВП на душу населения.

Подведем итоги:

- ✓ Проведенный факторный анализ позволил обобщить признаки в три агрегированных фактора «Производственный фактор», «Фактор торговли» и «Фактор природных ресурсов», два из которых показали высокую значимость.
- ✓ Несмотря на различный социально-экономический уровень развития стран БРИКС, расхождения в экономической политике и значительной территориальной удаленности членов содружества, объединение государств имеет положительный эффект, который проявляется в росте практически всех секторов их экономик.
- ✓ Работа имеет прикладной характер, полученные результаты могут быть использованы в качестве вспомогательных инструментов анализа системы социально-экономических показателей.

#### Список источников

1. Gorbunova O.A., Ignatova O.V., Soluyanov A.A. Problems and Prospects of the BRICS: System Approach // Lecture Notes in Networks and Systems. 2020. Т. 73. С. 595–604.

2. Воробьев П. В., Пепеляева Т. Ф., Воробьева Е. Ю. Эконометрическое моделирование прироста ВВП на примере стран БРИКС. Московский экономический журнал. № 9. 2023 С. 201-209.
3. Деловые и экономические данные. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.theglobaleconomy.com>
4. Статистика стран. [Электронный ресурс] // <https://svspb.net>
5. БРИКС в цифрах. [Электронный ресурс]//URL: <https://www.nkibrics.ru/pages/brics-figures-and-facts?category>
6. Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика и основы эконометрики. // М.: Юнити, 1998.
7. Дубров А. М., Мхитарян В. С., Трошин Л. И. Многомерные статистические методы. // М.: Финансы и статистика, 1998.
8. Сошникова Л.А. Многомерный статистический анализ в экономике. Учеб. Пособие для студ. Вузов / Л.А. Сошникова, В.Н. Тамашевич. – М.:ЮНИТИ, 1999. – 598 с.

#### References

1. Gorbunova O.A., Ignatova O.V., Soluyanov A.A. Problems and Prospects of the BRICS: System Approach // Lecture Notes in Networks and Systems. 2020. T. 73. S. 595–604.
2. Vorobev P. V., Pepelyaeva T. F., Vorobeva E. Yu. Ekonometricheskoe modelirovanie prirosta VVP na primere stran BRIKS. Moscow economic journal. № 9. 2023 S. 201-209.
3. Delovye i ekonomicheskie dannye. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://ru.theglobaleconomy.com>
4. Statistika stran. [Elektronnyj resurs] // <https://svspb.net>
5. BRIKS v cifrah. [Elektronnyj resurs] // URL: <https://www.nkibrics.ru/pages/brics-figures-and-facts?category>
6. Ajvazyan S. A., Mhitaryan V. S. Prikladnaya statistika i osnovy ekonometriki. // М.: YUniti, 1998.

7. Dubrov A. M., Mhitaryan V. S., Troshin L. I. *Mnogomernye statisticheskie metody.* // М.: Finansy i statistika, 1998.
8. Soshnikova L.A. *Mnogomernyj statisticheskij analiz v ekonomike. Ucheb. Posobie dlya stud. Vuzov* / L.A. Soshnikova, V.N. Tamashevich. – М.:YuNITI, 1999. – 598 s.

*© Воробьева Е.Ю., Воробьев А.П., 2024. Московский экономический журнал,  
2024, № 5.*