

DOI: 10.15593/2499-9873/2021.1.08

УДК 330.43

А.Н. Алимханова¹, А.А. Мицель^{1,2}

¹Томский государственный университет систем
управления и радиоэлектроники, Томск, Россия

²Национальный исследовательский
Томский политехнический университет, Томск, Россия

МЕТОД СТОХАСТИЧЕСКОЙ ГРАНИЦЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

На текущий момент прослеживается увеличение значимости эффективности в любом секторе экономики. Оценка эффективности предприятия дает возможность осуществить верную и выгодную стратегию распределения ресурсов, что показывает ее потенциальный уровень. В связи с ежегодным ростом числа обанкротившихся предприятий проблема оценки эффективности деятельности предприятий актуальна как для их собственников и управляющих лиц, так и для кредиторов.

Существуют различные методы и модели оценки эффективности деятельности предприятий. Данное исследование посвящено усовершенствованию одного из параметрических методов оценки эффективности деятельности предприятий – метода SFA (Stochastic Frontier Analysis). Классический метод SFA основан на производственной функции предприятия, связывающей объем выпускаемой продукции с объемами потребляемых ресурсов. При этом модель SFA использует несколько входных (объемы потребляемых ресурсов) и только один выходной параметр – объем выпускаемой продукции.

Суть предлагаемой модификации модели на основе метода SFA заключается в использовании финансовых показателей деятельности предприятий вместо данных о потребляемых ресурсах и объеме выпуска, использовании ряда выходных параметров, на основе которых оценивается финансовая деятельность исследуемых экономических объектов.

Разработанную модель предполагается использовать для оценки эффективности деятельности предприятия по его финансовым показателям.

Ключевые слова: эффективность, метод стохастической границы, финансовые показатели, бухгалтерская отчетность, ликвидность, финансовая устойчивость, банкротство, метод огибающих, рентабельность, коэффициент задолженности.

A.N. Alimkhanova¹, A.A. Mitsel^{1,2}

¹Tomsk State University of Control System
and Radioelectronics, Tomsk, Russian Federation

²Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation

STOCHASTIC FRONTIER METHOD FOR EVALUATING THE EFFICIENCY OF ENTERPRISES

At the moment, there is an increase in the importance of efficiency in another sector of the economy. Evaluating the efficiency of an enterprise makes it possible to implement a correct and profitable resource allocation strategy, which shows its potential level. In connection with the annual increase in the number of bankrupt enterprises, the problem of assessing the efficiency of enterprises' activities is relevant both for their owners and managers, and for creditors.

There are various methods and models for assessing the efficiency of enterprises. One study focuses on the improvement of a parametric method for assessing the performance of objects - the SFA (Stochastic Frontier Analysis) method. The classical SFA method is based on the production function of an enterprise,

linking the volume of output with the volume of consumed resources. In this case, the SFA model uses several input (volumes of consumed resources) and only one output parameter - the volume of output.

The essence of the proposed modification of the model based on the SFA method is to use financial indicators of enterprises' activities instead of data on consumed resources and output, on the basis of evaluating the financial activity of the economic objects under study.

The developed model of the situation for assessing the efficiency of the enterprise in terms of its financial indicators.

Keywords: efficiency, stochastic frontier analysis, financial indicators, financial statements, liquidity, financial stability, bankruptcy, data envelopment analysis, rate of return, equity-debt ratio.

Введение

В условиях рыночной экономики предприятию свойственно возникновение различных ситуаций, в том числе и кризисных, которые могут привести к его гибели. Одним из таких кризисов является банкротство.

В законодательстве Российской Федерации институт банкротства получил правовое закрепление в 1992 г. в Законе РФ от 19 ноября 1992 г. № 3929-1 «О несостоятельности (банкротстве) предприятий».

Несмотря на разнообразие существующих подходов и предлагаемых методик, сегодня отсутствует комплексное взаимосвязанное математическое и программное обеспечение для задач стратегического управления риском банкротства на всех его этапах. В связи с этим актуальна разработка методов и моделей, обеспечивающих поддержку принятия решений на основных этапах управления риском банкротства предприятия.

Таким образом, методика, построенная на основе метода SFA, может послужить как инструмент для оценки банкротства.

1. Краткий обзор литературы

Существующие методы оценки эффективности классифицируются на параметрические и непараметрические, примеры которых представлены ниже.

Методы оценки эффективности

Непараметрические	Параметрические
TFA	COLS
DEA	SFA

TFA-метод (Thick Frontier Analysis – метод толстой границы) основан на построении границы эффективности предприятия по панель-

ным данным. Анализ согласно данному методу начинается с сортировки данных по средним затратам. Данная процедура выполняется до формирования двух «толстых границ» для самого низкого и самого высокого квартилей средних затрат фирм. Эти регрессии выполняются независимо для каждого года в выборке. Затем вычисляется средняя неэффективность компаний с наивысшим квартилем путем сравнения двух толстых границ [1].

DEA-метод [2–4] (Data Envelopment Analysis – метод огибающих, метод обволакивающей поверхности) оценивает техническую эффективность предприятия. Показатели эффективности определяются методами линейного программирования. Эффективными считаются такие предприятия, для которых не существуют какие-то другие предприятия или линейная комбинация предприятий, выпуск которых больше (при фиксированных затратах) или затраты которых меньше (при фиксированном выпуске). По полученным эффективным фирмам строится огибающая, которая и представляет собой эффективную границу. С фирмами, лежащими на границе, сравниваются все остальные предприятия [2].

Метод огибающих одновременно учитывает все виды ресурсов и выпуска, построение границы осуществляется в точном соответствии с имеющимися данными, также метод не требует априорных ограничений на функциональную форму границы. Однако модель не учитывает случайную ошибку, что может быть критичным при построении эффективных границ по небольшим выборкам, включающим данные, подверженные случайным ошибкам измерения [2]. В работах [4, 5] авторы оценивают техническую эффективность российских университетов с помощью метода DEA.

В рассмотренных литературных источниках для сравнения эффективности деятельности предприятий исходными данными являются объемы используемых ресурсов и готовой продукции предприятий.

Для анализа эффективности предприятия выделяется детерминированный подход параметрической коррекции обычными наименьшими квадратами Parametric Corrected Ordinary Least Squares (COLS) [6, 7]. Данный метод основан на построении регрессивной модели границы эффективности и ее параллельном сдвиге до первой точки касания с одним из наблюдаемых значений. Объект, наблюдаемые значения которого лежат на границе эффективности, считается эффективным, отклонение от границы считается неэффективностью.

Известен параметрический метод стохастического граничного анализа Stochastic Frontier Analysis (SFA) [8], основанный на стохастической модели производственной функции. Предполагается, что вариация продуктивности связана как с неэффективностью деятельности, так и с «шумом», поэтому граница эффективности «погружена» в область реализации фактических результатов деятельности. Метод SFA основан на предположении, что неэффективность распределена несимметрично, тогда как случайная ошибка подчиняется симметричному распределению [9, 10].

Предполагается, что случайная ошибка является суммой двух случайных составляющих: шумовой составляющей, которая симметрично распределена вокруг нуля (для моделирования ошибок измерения и ненаблюдаемых потрясений), и компонента ошибки, который является строго отрицательным (для измерения неэффективности). Модель можно записать как

$$y_i = f(x_i, \beta) \cdot \exp(v_i - u_i),$$

где y_i – выпуск; $f(x_i, \beta)$ – производственная функция с неизвестным вектором параметров β ; v_i – случайная ошибка, а u_i – неэффективность компании i ($u_i \geq 0$). Обычно производственная функция выбирается логарифмически линейной по ее аргументам; v_i предполагаются независимыми и одинаково распределенными случайными в соответствии с нормальным распределением и независимыми от неэффективности u_i ; величины u_i , в свою очередь, также являются независимыми и одинаково распределенными случайными величинами с нормальным усеченным или экспоненциальным распределением.

Среди отечественных работ, использующих метод SFA и посвященных отдельным видам экономической деятельности, следует выделить работы [11–16]. В работе [11] авторы исследовали эффективность некоммерческих организаций; работа [12] посвящена производству резиновых и пластмассовых изделий; в работе [13] авторы рассматривают предприятия, которые производят бетон и цемент в соответствии с ОКВЭД; авторы работы [14] изучают техническую эффективность предприятий по производству и сбыту товаров хозяйственного назначения; работа [15] посвящена отрасли разработки программного обеспечения и фармацевтики. В работе [16] авторы исследовали влияние

уровня технической эффективности на риски потери финансовой устойчивости российскими промышленными организациями.

Среди зарубежных авторов следует отметить: работу [17], в которой авторы исследовали отдачу от масштаба индонезийских банков с помощью оценки эффективности издержек; работу [18], в которой проведено исследование влияния размера фирмы на сектор распределения электричества Бразилии; работу [19], в которой авторы анализируют техническую эффективность в китайском промышленном секторе.

Актуальные исследования направлены также на сравнение различных методов оценки эффективности предприятий. Так, в работе [20] представлены результаты исследования и применения методов DEA и SFA для оценки эффективности сельскохозяйственного производства. Показано, что на эффективность производства влияют разнородные социальноэкономические факторы, при этом требуется детальное исследование оценки эффективности данных методов при множестве выводов и их точности. Из работы [21] известно, что наиболее часто используемым показателем эффективности вложенных инвестиций на промышленном предприятии выступает внутренняя норма доходности. Следующим по частоте применения можно отметить чистый приведенный доход. В работе [22] приведено обоснование целесообразности применения методов DEA и SFA для оценки эффективности деятельности лечебно-профилактических учреждений. На основе анализа показателей технико-экономической эффективности предприятия показано, что метод DEA эффективен в целях стратегического управления и внешнего контроля деятельности учреждения, в то время как для использования метода SFA требуется дополнительный анализ оцениваемых параметров и их корректировка.

2. Модификация метода SFA

Классический метод SFA основан на производственной функции предприятия, связывающей объем выпускаемой продукции с объемами потребляемых ресурсов. При этом модель SFA использует несколько входных (объемы потребляемых ресурсов) и только один выходной параметр – объем выпускаемой продукции.

Суть предлагаемой модификации модели на основе метода SFA заключается в следующем: 1) вместо данных о потребляемых ресурсах и объеме выпуска использовать финансовые показатели деятельности предприятия; 2) использовать не один выходной параметр, а одновременно учитывать несколько ключевых финансовых показателей в ка-

честве выходных данных, на основе которых оценивается финансовая деятельность исследуемых экономических объектов.

Для проведения исследования используется информационно-эмпирическая база, данные которой берутся из 1-й и 2-й форм обязательной отчетности промышленных предприятий. Все данные берутся из открытых источников¹.

В каждой группе показателей финансового анализа насчитывается от 6 до 12 различных коэффициентов (в общей сложности около 41). Для последующих исследований не включались дублирующие коэффициенты. Например, был исключен коэффициент оборачиваемости запасов в днях, но включен коэффициент оборачиваемости запасов в оборотах.

Модель SFA принимает следующий вид:

$$\ln y^{(i)} = \mathbf{x}^{(i)}\boldsymbol{\beta} + v^{(i)} - u^{(i)}, \quad i = 1, 2, \dots, N,$$

где $\ln y^{(i)}$ – натуральный логарифм числового значения выпуска i -го предприятия; $\mathbf{x}^{(i)}$ – вектор, размерность которого $(k + 1)$; N – количество рассматриваемых предприятий; $\boldsymbol{\beta}$ – вектор неизвестных параметров, размерность которого $(k + 1)$, подлежащих оценке; $v^{(i)}$ – случайная ошибка, предназначенная для имитации воздействия на значение выходной переменной случайных факторов; $u^{(i)}$ – случайная переменная, которая имеет положительное значение, связанная с технической неэффективностью предприятий в отрасли.

3. Результаты моделирования

Для исследования были взяты данные бухгалтерской отчетности предприятий промышленной отрасли (форма № 1 «Бухгалтерский баланс» и форма № 2 «Отчет о финансовых результатах»).

В качестве зависимых переменных были выбраны следующие показатели:

- коэффициент маневренности оборотного капитала (отражает долю собственных оборотных средств в собственном капитале);
- коэффициент задолженности (показывает долю активов, сформированных в результате привлечения долгового финансирования).

¹ Центр раскрытия корпоративной информации: сайт. URL: <http://www.e-disclosure.ru/> (дата обращения: 20.06.2019).

Единый федеральный реестр сведений о банкротстве: сайт. URL: <https://bankrot.fedresurs.ru/?attempt=1> (дата обращения: 15.05.2019).

Объясняющими переменными является система показателей:

- коэффициент ликвидности;
- коэффициент рентабельности;
- коэффициент финансовой устойчивости;
- коэффициент деловой активности.

В таблице приведены результаты расчета эффективности за 2017 и 2018 гг. для 75 предприятий, из которых 70 действующих и 5 обанкротившихся. На рис. 1 представлена динамика эффективности финансово-хозяйственной деятельности действующих (синий и красный цвета) и обанкротившихся (зеленый и фиолетовый цвета) предприятий соответственно за временной период с 2017 по 2018 г. Следует отметить, что наимудшими значениями эффективности является диапазон от 0 до 0,2. Эффективность этих предприятий существенно меньше 1. Кроме того, показатели этих четырех предприятий с 2017 г. убывают, что можно увидеть на рис. 2. Таким образом, подтверждается статус предприятий «банкрот».

Распределение оценок эффективности методом SFA (авторские результаты)

Значение эффективности	2017 г.		2018 г.	
	Кол-во предприятий	%	Кол-во предприятий	%
0–0,2	4	5,33	7	9,33
0,2–0,4	8	10,66	10	13,33
0,4–0,6	17	22,66	17	22,66
0,6–0,8	26	26,66	22	24
0,8–1	20	34,66	18	29,33

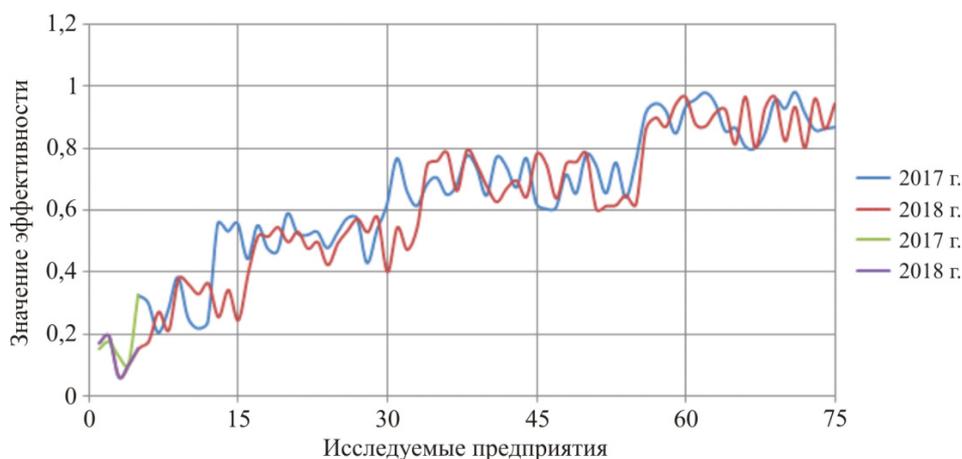


Рис. 1. График оценок эффективности предприятий
(авторские результаты)

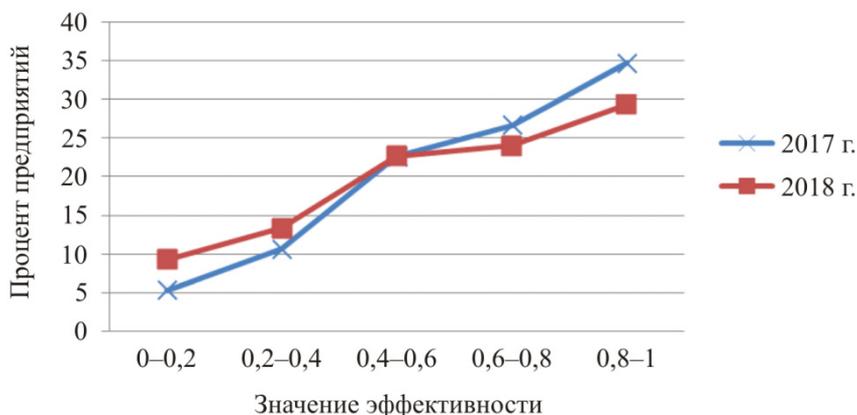


Рис. 2. График распределения оценок эффективности (авторские результаты)

Предприятия с эффективностью 0,8–1 имеют наиболее оптимальную стратегию среди других предприятий. Это означает, что предприятие имеет в составе больше активов и чем больше эффективность, тем меньше предприятие испытывает конкуренцию. Остальным предприятиям стоит пересмотреть свою стратегию в данном сегменте.

Заключение

Анализ полученных результатов показал, что метод SFA можно использовать для оценки эффективности экономических объектов, описываемых финансовыми показателями, а не объемами затрачиваемых ресурсов и выпуска продукции. Результаты, полученные в ходе данного исследования, позволяют говорить о возможности применения данного метода для проведения диагностики финансового состояния предприятий. Такой метод может быть рекомендован и для других отраслей экономики, таких как строительство, торговля, сельское хозяйство, общественное питание и многие другие.

Благодарность

Работа подготовлена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 20-31-90100).

Список литературы

1. Wagenvoort R.J.L.M., Schure P.H. A recursive thick frontier approach to estimating production efficiency // Oxford Bulletin of Economics and Statistics. – 2006. – Vol. 68. – P. 183–201. DOI: 10.1111/j.1468-0084.2006.00158.x

2. Никишин К.Н. Моделирование эффективности Российского банковского сектора // Аудит и финансовый анализ. – 2010. – № 2. – С. 156–160. DOI: 10.1016/0377-2217(78)90138-8
3. Оценка результативности университетов с помощью оболочечного анализа данных / И.В. Абанкина, Ф.Т. Алескеров, В.Ю. Белоусова, К.В. Зинковский, В.В. Петрущенко // Вопросы образования. – 2013. – № 2. – С. 15–48. DOI: 10.1016/j.techfore.2015.10.007
4. Charnes A., Cooper W., Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units // European Journal of Operational Research. 1978. – Vol. 2. – P. 429–444. DOI: 10.1016 / 0377-2217 (78) 90138-8
5. Abankina I.V., Aleskerov F.T., Belousova V., Gokhberg L., Kiselgof S.G., Petrushchenko S., Shvydun S.V., Zinkovsky K. From equality to diversity: Classifying Russian universities in a performance oriented system // Technological Forecasting and Social Change. – 2006. – Vol. 103. – P. 228-239. DOI: 10.1016/j.techfore.2015.10.007
6. Fried Harold O., Lovell C., Schmidt Shelton S. The measurement of productive efficiency: techniques and applications. – Oxford, U.K.: Oxford University Press, 1993. – 67 p.
7. Greene W. A gamma-distributed stochastic frontier model // Journal of Econometrics. – 1990. – Vol. 46, iss. 1-2. – P. 141–163. DOI: 10.1016/0304-4076(90)90052-u
8. Battese G., Coelli T. Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India // Journal of Productivity Analysis. – 1992. – Vol. 3. – P. 153–169.
9. Савельева Н.К. Сравнительная характеристика количественных методов оценки эффективности деятельности банка // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2015. – № 35. – С. 21–35.
10. Алимханова А.Н. Методы оценки эффективности деятельности предприятия // Научная сессия – ТУСУР: материалы Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 22–24 мая 2019 г. – Томск: В-Спектр, 2019. – Ч. 3. – С. 97–99.
11. Борисова Е.И. Анализ эффективности некоммерческих ассоциаций методом стохастической границы (на примере товариществ собственников жилья) // Прикладная эконометрика. – 2010. – № 4. – С. 75–101.
12. Ипатова И.Б., Пересецкий А.А. Техническая эффективность предприятий отрасли производства резиновых и пластмассовых изделий // Прикладная эконометрика. – 2013. – Т. 32, № 4. – С. 71–92.
13. Малахов Д.И., Пильник Н.П. Методы оценки показателя эффективности в моделях стохастической производственной границы // Экономический журнал Высшей школы экономики. – 2013. – № 17. – С. 660–686.
14. Афанасьев М.Ю. Модель производственного потенциала с управляемыми факторами неэффективности // Прикладная эконометрика. – 2006. – № 4. – С. 74–89.

15. Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Руденко В.А. Оценка эффективности регионов РФ на основе модели производственного потенциала с характеристиками готовности к инновациям // Экономика и математические методы. – 2014. – № 50. – С. 34–70.

16. Могилат А.Н., Ипатова И.Б. Техническая эффективность как фактор финансовой устойчивости промышленных компаний // Прикладная эконометрика. – 2016. – № 42. – С. 5–29.

17. Margono H., Sharma S.C., Melvin II P.D. Cost efficiency, economies of scale, technological progress and productivity in Indonesian banks // Journal of Asian Economics. – 2010. – Vol. 21. – P. 53–65.

18. Tovar B., Ramos-Real F.J., de Almeida E.F. Firm size and productivity. Evidence from the electricity distribution industry in Brazil // Energy Policy. – 2011. – Vol. 39. – P. 826–833. DOI: 10.1016/j.enpol.2010.11.001

19. Liu T., Li K.-W. Analyzing China's productivity growth: Evidence from manufacturing industries // Economic Systems. – 2012. – Vol. 36. – P. 531–551. DOI: 10.1016/j.ecosys.2012.03.003

20. Понькина Е.В., Курочкин Д.В. Технологическая эффективность производства продукции растениеводства: измерение на основе эконометрических методов Data Envelopment Analysis и Stochastic Frontier Analysis // Известия Алтайского государственного университета. – 2014. – № 1. – С. 170–178.

21. Бондарев И.А., Морозова В.Д. Оценка эффективности инвестиционной деятельности промышленных предприятий // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2018. – № 2. – С. 86–92.

22. Кочуров Е.В. Оценка эффективности деятельности лечебно-профилактических учреждений: сравнительный анализ методов и моделей // Вестник Санкт-Петербургского университета. Менеджмент. – 2005. – № 3. – С. 110–128.

References

1. Wagenvoort R.J.L.M., Schure P.H. A Recursive Thick Frontier Approach to Estimating Production Efficiency. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 2006, vol. 68, pp. 183-201. DOI: 10.1111 / j.1468-0084.2006.00158.x

2. Nikishin K.N. Modelirovaniye effektivnosti Rossiyskogo bankovskogo sektora [Modeling the efficiency of the Russian banking sector]. *Audit and financial analysis*, 2010, no. 2, pp. 156-160. (In Russian)

3. Abankina I.V., Aleskerov F.T., Belousova V.Yu., Zinkovsky K.V., Petrushchenko V.V. Otsenka deyatel'nosti universitetov s pomoshch'yu analiza obolochki dannykh [Assessing the performance of universities using data shell analysis]. *Education Issues*, 2013, no. 2, pp. 15-48. (In Russian)

4. Charnes A., Cooper W., Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 1978, vol. 2, pp. 429-444. DOI: 10.1016 / 0377-2217 (78) 90138-8
5. Abankina I.V., Aleskerov F.T., Belousova V., Gokhberg L., Kiselgof S.G., Petrushchenko S., Shvydun S.V., Zinkovsky K. From equality to diversity: Classifying Russian universities in a performance oriented system. *Technological Forecasting and Social Change*, 2006, vol. 103, pp. 228-239. DOI: 10.1016 / j. techfore.2015.10.007
6. Fried, Harold O., Lovell, C. and Schmidt, Shelton S. The measurement of productive efficiency: Techniques and Applications. Oxford University Press, Oxford U.K, 1993, 67 p.
7. Greene W. A Gamma-Distributed Stochastic Frontier Model. *Journal of Econometrics*, 1990, vol. 46, pp. 141-163. DOI: 10.1016 / 0304-4076 (90) 90052-u
8. Battese G., Coelli T. Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to Paddy farmers in India. *Journal of Productivity Analysis*, 1992, vol. 3, pp. 153-169.
9. Savelyeva N.K. Comparative characteristics of quantitative methods for assessing the effectiveness of the bank. *Financial analytics: problems and solutions*, 2015, no. 35, pp. 21-35 (In Russian)
10. Alimkhanova A.N. Metody otsenki effektivnosti predpriyatiya [Methods for assessing the effectiveness of an enterprise]. *Materials of the International Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists "Scientific Session - TUSUR"*, 22-24 May, Tomsk, 2019. Tomsk: V-Spectrum, part 3, pp 97-99. (In Russian)
11. Borisova E.I. Analysis of the effectiveness of non-profit associations using the stochastic frontier method (on the example of homeowners' associations), *Applied Econometrics*, 2010, no. 4. pp. 75-101. (In Russian)
12. Ipatova I.B, Peresetskiy A.A Technical efficiency of enterprises in the rubber and plastic products industry. *Applied econometrics*, 2013, no. 4, pp. 71-92. (In Russian)
13. Malakhov, D.I, Pilnik, NP. Methods for assessing the efficiency indicator in stochastic production frontier models. *Economic Journal of the Higher School of Economics*, 2013, no. 17, pp. 660-686 (In Russian)
14. Afanasyev M.Yu. Model of Production Potential with Controlled Factors of Inefficiency. *Applied Econometrics*, 2006, no. 4, pp. 74-89 (In Russian)
15. Ayvazyan S.A., Afanasyev M.Yu., Rudenko V.A. Evaluation of the effectiveness of regions of the Russian Federation on the basis of a model of production potential with characteristics of readiness for innovation. *Economics and Mathematical Methods*, 2014, no. 50, pp. 34-70 (In Russian)
16. Mogilat AN, Ipatova IB Technical efficiency as a factor of financial stability of industrial companies. *Applied econometrics*, 2016, no. 42, pp. 5-29. (In Russian)

17. Margono H., Sharma S. C., Melvin II P. D. Cost efficiency, economies of scale, technological progress and productivity in Indonesian banks, *Journal of Asian Economics*, 2010, vol. 21, pp. 53-65.

18. Tovar B., Ramos-Real F.J., de Almeida E.F. Firm size and productivity. Evidence from the electricity distribution industry in Brazil. *Energy Policy*, 2011, vol. 39, pp. 826-833. DOI: 10.1016 / j.enpol.2010.11.001

19. Liu T., Li K.-W. Analyzing China's productivity growth: Evidence from manufacturing industries. *Economic Systems*, 2012, vol. 36, pp. 531–551. DOI: 10.1016 / j.ecosys.2012.03.003

20. Ponkina E.V., Kurochkin D.V. Technological efficiency of crop production: measurement based on econometric methods Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis. *Bulletin of the Altai State University*, 2014, no. 1, pp. 170-178. (In Russian)

21. Bondarev I.A., Morozova V.D. Evaluation of the efficiency of the investment activity of industrial enterprises. *Izvestia of the St. Petersburg State University of Economics*, 2018, no. 2, pp. 86-92. (In Russian)

22. Kochurov E.V. Evaluation of the effectiveness of treatment and prevention institutions: comparative analysis of methods and models. *Bulletin of St. Petersburg University. Management*, 2005, no. 3, pp. 110-128. (In Russian)

Статья получена: 07.10.2020

Статья принята: 07.12.2020

Сведения об авторах

Алимханова Алия Нуржановна – ассистент кафедры «Автоматизированные системы управления», Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (634050, Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: aliya0alimkhanova@gmail.com).

Мицель Артур Александрович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматизированные системы управления», Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, профессор отделения цифровых технологий и экспериментальной физики, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (634050, Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: maa@asu.tusur.ru).

About the authors

Aliya N. Alimkhanova (Tomsk, Russian Federation) – Ph.D. Student, Department of the Automated Control Systems, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics (40, Lenin av., Tomsk, 634050, e-mail: aliya0alimkhanova@gmail.com).

Artur A. Mitsel (Tomsk, Russian Federation) – Dr. Habil. in Engineering, Professor, Department of the Automation Control Systems, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics; Professor, Department of the Digital Technologies and Experimental Physics, Tomsk Polytechnic University (40, Lenin av., Tomsk, 634050, e-mail: maa@asu.tusur.ru).

Библиографическое описание статьи согласно ГОСТ Р 7.0.100–2018:

Алимханова, А.Н. Метод стохастической границы для оценки эффективности деятельности предприятий / А. Н. Алимханова, А. А. Мицель. – текст : непосредственный. – DOI 10.15593/2499-9873/2021.1.08 // Прикладная математика и вопросы управления = Applied Mathematics and Control Sciences. – 2021. – № 1. – С. 143–155.

Цитирование статьи в изданиях РИНЦ:

Алимханова А.Н., Мицель А.А. Метод стохастической границы для оценки эффективности деятельности предприятий // Прикладная математика и вопросы управления. – 2021. – № 1. – С. 143–155. – DOI: 10.15593/2499-9873/2021.1.08

Цитирование статьи в references и международных изданиях:

Cite this article as:

Alimkhanova A.N., Mitsel A.A. Stochastic frontier method for evaluating the efficiency of enterprises. *Applied Mathematics and Control Sciences*, 2021, no. 1, pp. 143–155. DOI: 10.15593/2499-9873/2021.1.08 (in Russian)