

Е. А. ГРЕБЕНЮК

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук, Москва

## **ВЫЯВЛЕНИЕ ЗНАЧИМЫХ ФАКТОРОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ ГРАНИЦЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ**

*Доклад посвящен вопросам построения оценки эффективности организаций, определяемой как расстояние до Границы Производственных Возможностей (ГПВ) и выявлению значимых факторов ее повышения. Рассматриваются два основных подхода к построению ГПВ: DEA (Data Envelopment Analysis) известный в русскоязычной литературе как метод оболочечного анализа данных и метод стохастической границы (Stochastic Frontier Analysis, SFA). По средством применения разработанной процедуры анализа для двух групп организаций из разных секторов производства (машиностроение и нефтепереработка) было проведено 1) построение эмпирических оценок технологической эффективности, 2) выявление факторов, способствующих технологической неэффективности организации, 3) сравнение методов эффективностей и факторов неэффективности для двух групп предприятий.*

**Введение.** Оценка эффективности и выявление основных факторов ее повышения являются важнейшими элементами анализа деятельности организации. Одним из широко используемых подходов к оценке является анализ взаимосвязей между используемыми ресурсами и производимой продукцией, использующий понятие технологической эффективности, введенное в [1] Купмансом. Эффективность организации определяется им как «способность использовать минимально возможную комбинацию ресурсов при заданном уровне выпуска». В качестве объектов оценки могут быть выбраны производственные процессы, инновации, инвестиционные проекты, управленческая или научная деятельность и пр., набор ресурсов, используемый при ее формировании, зависит от того, какой аспект деятельности анализируется: производственный, финансовый, научный, инновационный. Оценка технологической эффективности вычисляется как расстояние организации до Границы Производственных Возможностей (ГПВ), которая строится в многомерном пространстве параметров группы организаций «ресурсы-выпуск». В настоящей работе рассматриваются два основных подхода к построению ГПВ: метод DEA (Data Envelopment Analysis) [2–3], известный в русскоязычной литературе как Метод оболочечного анализа данных и метод стохастической границы (Stochastic Frontier Analysis, SFA) [4–5]. Предлагаемый доклад посвящен анализу производственного, инновационного и интеллектуального потенциала организаций наукоемких технологий, выявлению факторов, снижающих потенциал. В состав факторов, формирующих оценку, входят как ресурсы, затрачиваемые организацией на выпуск продукции, так и факторы неэффективности, влияние которых описывается моделью неэффективности.

### **Оценивание эффективности методом стохастической границы**

**Оценивание потенциала организации.** Потенциал организации – это «объем продукции, производимой за определенный период времени при фиксированном объеме основных производственных факторов, воздействии сопутствующих факторов и отсутствии неэффективности. Рассматриваются следующие задачи.

Задача 1. Построение инновационного, производственного, научно-технического, научного потенциалов организации с учетом случайных воздействий и совокупного эффекта воздействия сопутствующих факторов, снижающих реальный потенциал.

Задача 2. Построение инновационного, производственного, научно-технического, научного потенциалов организации с учетом случайных факторов и выявления факторов неэффективности, устранение которых позволит повысить оцениваемый потенциал.

Алгоритмы определения различных потенциалов организации отличаются только выбором параметров выпуска и производственных факторов [6–7]. При построении производственного потенциала в качестве выпуска рассматриваются объемы производимой продукции, в качестве ресурсов – численность производственного персонала, затраты на сырье и оборудование. Для инновационного потенциала используется информация о выпусках инновационной продукции, наличии квалифицированных кадров, необходимого оборудования; для оценки научно-техни-

ческого выпуск оценивается объемами наукоемкой продукции, а в составе производственных факторов, помимо труда и капитала, учитывается интеллектуальный капитал. При оценке интеллектуального капитала, как показано в [6], могут быть выбраны следующие показатели: объем нематериальных активов предприятия, величина разности между капитализацией и балансовой стоимостью материальных активов, показатель Q Тобина.

**Постановка Задачи 1.** Рассматривается  $N$  объектов с  $k$  входами  $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{ik})$ , и выходом  $y_i, i = 1, 2, \dots, N$ , за  $t$  периодов, производственная функция каждого объекта  $i = 1, 2, \dots, N$ ; в момент времени  $t = 1, 2, \dots, T$  строится в виде:

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j \ln x_{jit} + v_{it} - u_{it}, \quad (2)$$

где  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$  – коэффициенты модели;  $v_{it}$  – стохастическая ошибка; зависящая от неконтролируемых внешних параметров, которая описывается нормальным распределением  $v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$ ;  $u_{it}$  – технологическая неэффективность, независимая от случайной составляющей  $v_{it}$ :

$$u_{it} \approx N^+(\mu, \sigma_u^2), \quad (2a)$$

где  $N^+(\mu, \sigma_u^2)$  – усеченное в нуле нормальное распределение с дисперсией  $\sigma_u^2$ ,  $\mu > 0$  – его математическое ожидание, величина которого определяет средний эффект воздействия совокупности всех факторов, снижающих эффективность выпуска. Требуется:

а) оценить параметры модели: коэффициенты  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$  дисперсию случайной составляющей  $\sigma_v^2$ , дисперсию неэффективности  $\sigma_u^2$ , значение математического ожидания совокупного воздействия факторов неэффективности  $\mu$ ;

б) построить ГПВ, определяющую потенциал организации: производственную функцию в отсутствие неэффективности;

с) оценить технологическую эффективность каждой организации в момент наблюдения  $t$ .

**Постановка Задачи 2.** В условиях задачи 1 модель (2a) заменяется на модель:

$$u_{it} \approx N^+(g_{it}, \sigma_u^2), \quad (2b)$$

где  $g_{it} = Z_{it}\delta$ ,  $Z_{it} = (1, Z_{i1}, \dots, Z_{im})$  – вектор значений  $m$  факторов неэффективности  $i$ -ой организации в момент времени  $t$ ,  $\delta = (\delta_0, \delta_1, \dots, \delta_m)$  – вектор коэффициентов функции неэффективности,  $\sigma_u^2$  – дисперсия неэффективности. Требуется:

а) оценить параметры модели: коэффициенты  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$  дисперсию случайной составляющей  $\sigma_v^2$ , дисперсию неэффективности  $\sigma_u^2$ , коэффициенты функции неэффективности  $\delta = (\delta_0, \delta_1, \dots, \delta_m)$ ;

б) и с) те же, что и в Задаче 1.

#### **Оценивание эффективности методом оболочечного анализа.**

Метод позволяет оценить способность организации:

- использовать минимально возможную комбинацию ресурсов при заданном уровне выпуска и определить объем ресурсов, при котором организация становится эффективной (задача 3);
- достигать максимального объема выпуска для имеющегося набора используемых ресурсов и определить объем выпусков, при котором организация становится эффективной (задача 4);
- сравнить эффективность организации за несколько периодов.

По заданному набору ресурсов  $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{ik})$  и выпусков  $y_i = (y_{i1}, \dots, y_{ir})$  для  $N$  организаций решение задач 3–5 сводится к последовательному решению нескольких различных задач линейного программирования (ЛП).

**Эмпирический анализ данных.** Для проведения эмпирического анализа нами использовались наборы данных по двум группам организаций: 35 организаций аэрокосмической отрасли и

35 организаций нефтеперерабатывающей промышленности. В качестве основных факторов, неэффективности были выбраны: размер организации, объемы экспортных поставок, местонахождение, объем научных исследований и разработок.

Для моделей, построенных в Задачах 1–2, в соответствии с методикой, предложенной в [8], проверялись следующие гипотезы: 1) проверка соответствия данных виду производственной функции, 2) отсутствие факторов неэффективности  $\delta_0 = \delta_1 = \dots = \delta_m = 0$ , 3) отсутствие стохастической неэффективности  $\delta_u = 0$ , 3) совместная незначимость переменных неэффективности  $\delta_u = \delta_0 = \delta_1 = \dots = \delta_m = 0$

Результаты проверки показали, что рассматриваемые факторы неэффективности оказывают воздействие на результирующую эффективность организаций. Существенную роль в повышении эффективности играют такие факторы как местонахождение предприятий и объемы экспортных поставок, объемы исследований и разработок не оказывают существенного влияния на эффективность компаний аэрокосмической отрасли, что может объясняться недостаточным финансированием и низким уровнем выполняемых разработок. Предприятия сектора нефтеперерабатывающей промышленности обладают более высокой технологической эффективностью, чем предприятия аэрокосмической отрасли.

Оба подхода, в целом, показали сходные результаты, что говорит о возможности их совместного применения, которое целесообразно во многих случаях, поскольку каждый из этих методов имеет свои ограничения и расширения области применения.

**Заключение.** Проведенные на реальных данных эксперименты по оценке технологической эффективности и выявлению значимых факторов ее повышения рассмотренными выше методами продемонстрировали их эффективность. В качестве направления дальнейших исследований мы считаем целесообразным расширить область выбора факторов неэффективности, включив в нее факторы внешней среды, такие как кризисы, катастрофы, климатические катаклизмы и пр.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Koopmans T.C. An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities, in Koopmans, T. C. (Ed.) *Activity Analysis of Production and Allocation, Proceeding of a Conference*, John Wiley and Sons Inc., London. 1951. P. 33-97.
2. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. Measuring of efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*. 1978. Vol. 2. №6. P. 429-444.
3. Coelli, T.J. A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program, *CEPA Working Paper 96/08, Department of Econometrics*, 1996. University of New England, Armidale.
4. Aigner D., Lovell C. A. K., Schmidt P. Formulation and estimation of stochastic frontier function models, *Journal of Econometrics*, 1977. Vol. 6. № 1, P. 21–37.
5. Meeusen W., van den Broeck J., Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error, *International Economic Review*. 1976. p. 435–444.
6. Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю. Моделирование производственного потенциала компании с учетом ее интеллектуального капитала / Препринт # WP/2011/281. ЦЭМИ РАН, 2011. 77 с.
7. Афанасьев М.Ю. Модель производственного потенциала с управляемыми факторами неэффективности. *Прикладная эконометрика*, 2006. Выпуск № 4.
8. Amornkitvikai, Y., Harvie, C., & Charoenrat, T. Estimating a Technical Inefficiency Effects Model for Thai Manufacturing and Exporting Enterprises (SMEs): A Stochastic Frontier (SFA) and Data Envelopment Analysis (DEA) Approach. *Proceedings of Informing Science & IT Education Conference (InSITE) 2014*, pp. 363-390/

E.A. Grebenyuk (V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of RAS, Moscow)

#### **Identification of Significant Factors for Improving the Efficiency of Organizations based on the Construction of the Production Possibility Frontier**

The report is devoted to the issues of constructing an assessment of the effectiveness of organizations, defined as the distance to the Frontier of Production Opportunities (GPB) and identifying significant factors of its increase. Two main approaches to the construction of FGP are considered: DEA (Data Envelopment Analysis), which is well-known in the Russian-language literature as a method of enveloping data analysis and the method of stochastic frontier (Stochastic Frontier Analysis, SFA). By applying the developed analysis procedure for two groups of organizations from different production sectors (mechanical engineering and oil refining), 1) construction of empirical estimates of technological efficiency, 2) identification of factors contributing to the technological inefficiency of the organization, 3) comparison of methods efficiency and inefficiency factors for two groups of enterprises.