

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗВИТИЯ ИТ-КОМПАНИЙ  
В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

© 2018 С.В. Казарин, Н.Ю. Свечникова\*

Рассмотрены теоретические основы применения методов построения границы эффективности в исследовании развития ИТ-компаний на региональном уровне. Исходным моментом являлось рассмотрение региона как сложной системы с набором входных и выходных параметров. При этом стохастическая фронтальная модель включает в себя компоненты, отражающие влияние случайных факторов и неэффективность развития ИТ-компаний в регионе. Разработан укрупненный алгоритм реализации стохастического фронтального анализа для оценки эффективности развития ИТ-компаний в регионах Российской Федерации. Основным недостатком модели является необходимость четкой спецификации функциональной формы границы эффективности и закона распределения неэффективностей. В данном случае недостаток устраняется путем использования гибких функциональных форм и законов распределения. В качестве функциональной формы фронта выбрана функция Кобба - Дугласа как характеризующаяся небольшим количеством параметров и возможностью линеаризации логарифмированием. Построена стохастическая фронтальная модель развития ИТ-компаний в регионах Российской Федерации, получено количественное значение коэффициента технической эффективности. На базе равноинтервальной статистической группировки выявлены группы регионов с низким, ниже среднего, средним, выше среднего и с высоким уровнем развития ИТ-компаний.

**Ключевые слова:** ИТ-компании, методы построения границы эффективности, стохастический фронтальный анализ, функциональная форма производственного фронта, неидентифицированные производственные факторы, фронтальная модель, коэффициент технической эффективности, равноинтервальная статистическая группировка.

**Основные положения:**

- ◆ на базе функции Кобба - Дугласа построена стохастическая фронтальная модель развития ИТ-компаний в регионах Российской Федерации;
- ◆ получены количественные значения коэффициентов технической эффективности развития ИТ-компаний в регионах Российской Федерации;
- ◆ выявлена проблема дифференциации регионов Российской Федерации по уровню развития ИТ-компаний.

**Введение**

Широта и глубина технологических изменений сегодня радикально меняют общество, его привычные уклады и всю систему производства, управления и процесса принятия решений практически во всех сферах экономической деятельности. При этом следует понимать, что важна не столько цифровизация существующих процессов, сколько постановка принципиально новых задач, решение которых невозможно без новейших технологий сбора, хранения, обработки и передачи больших объемов неструктурированных

данных, без выработки эффективных решений в режиме реального времени.

Информационные технологии привели к радикальной трансформации самой сущности организаций различного типа, процессы диджитализации во многих сферах экономики приобрели тотальный и необратимый характер. ИТ-компании как неотъемлемое звено указанных процессов способствуют формированию цифровой экономики, росту численности среднего класса, снижению уровня безработицы, увеличению доходной части бюджетов всех уровней и повышению тем

---

\* Казарин Станислав Валериевич, кандидат экономических наук, зав. кафедрой информационных систем и технологий Самарского государственного медицинского университета. E-mail: e-gov@samregion.ru; Свечникова Наталья Юрьевна, кандидат экономических наук, доцент Самарского государственного экономического университета. E-mail: svechnati@yandex.ru.

самым политической, экономической и социальной стабильности общества.

### **Методы**

Конкурентное преимущество региона по уровню развития ИТ-компаний в большей степени определяется эффективностью их функционирования. В этой связи в качестве методов, позволяющих в рамках сравнительного подхода реализовать задачу построения распределения регионов по уровню развития ИТ-компаний как их конкурентного преимущества, в исследовании использовались методы, основанные на построении границы эффективности, в частности стохастический фронтальный анализ.

Основными составляющими при разработке модели эффективности региона по уровню развития ИТ-компаний как его конкурентного преимущества являются результат деятельности ИТ-компаний региона (выход) и затраченные для его получения ресурсы (входы).

При данном подходе конкурентные преимущества региона по уровню развития ИТ-компаний оцениваются путем его сравнения с “идеальным” регионом, где предельно развиты ИТ-компании и оптимальным образом используются имеющиеся в их распоряжении ресурсы. Гипотетическое множество таких абсолютно эффективных регионов получило название границы эффективности. Этот подход позволяет получить количественную оценку эффективности развития ИТ-компаний в регионе, принимающую значения в интервале от 0 до 100%.

В основе методов оценки эффективности лежит предположение о том, что фактический результат производства отличается от объема производства, соответствующего производственному потенциалу на величину, обусловленную воздействием факторов неэффективности. Неопределенность в оценке результата свидетельствует о наличии риска воздействия сопутствующих факторов. Таким образом, риск рассматривается как мера отклонения фактического результата производственного процесса от ожидаемого результата и в качестве его количественной характеристики используется дисперсия.

Степень влияния факторов неэффективности функционирования экономических субъектов за определенный период времени выявляется с помощью модели, построенной

методом стохастического фронтального анализа. Эта модель соответствует представлению о наибольшем объеме выпуска в условиях ограниченности основных производственных факторов и при наличии сбалансированного воздействия сопутствующих факторов. В модель включены детерминированная производственная функция, определяющая зависимость ожидаемого результата производства от объема основных производственных факторов, и стохастическая составляющая, характеризующая сбалансированное воздействие сопутствующих факторов. Построенные за разные периоды времени модели дают представление об изменениях в распределении регионов по степени эффективности функционирования в них ИТ-компаний как конкурентного преимущества.

Особенностью модели составляют построение границы эффективности на основе заданной спецификации ее функциональной формы и непосредственное включение в модель случайного компонента. Стохастическая фронтальная модель содержит два компонента случайного члена: а) компонент, отражающий влияние случайных факторов; б) отражающий неэффективность развития ИТ-компаний в регионе (строго неположительный). Законы распределения случайного компонента неэффективности выбираются исследователем и задаются при спецификации модели. Укрупненный алгоритм реализации стохастического фронтального анализа представлен на схеме (см. рисунок).

Исходным моментом в исследовании являлось рассмотрение региона как сложной системы с набором входных и выходных параметров. С целью минимизации числа входных параметров в модель были отобраны только те показатели, у которых с показателем “выручка ИТ-компаний, тыс. руб.” (выходной параметр) наблюдалась статистически значимая взаимосвязь. Так, в качестве входных параметров использовались показатели “число ИТ-компаний, ед.” и “поступило по налогу на прибыль ИТ-компаний, тыс. руб.”.

Метод стохастического фронтального анализа базируется на основных положениях теории множества производственных возможностей, на границах этого множества и теории производственных функций. К преимуществам применения стохастического фронтального



Рис. Использование модели SFA для достижения эффективности функционирования экономических объектов

тирного анализа можно отнести многофакторный характер модели, сравнимость полученных оценок эффективности, объективность методики, вероятностный подход к измерению эффективности, а также возможность тестирования различных гипотез.

Основным недостатком модели является необходимость четкой спецификации функциональной формы границы эффективности и закона распределения неэффективностей. В обоих случаях недостаток четкой спецификации устраняется путем использования гибких функциональных форм и законов распределения.

Базовой задачей при построении стохастической фронтальной модели является выбор наиболее подходящей функциональной формы производственного фронта, поскольку от нее зависит точность результатов расчета коэффициента эффективности. При выборе функциональной формы фронта необходимо учитывать следующее<sup>1</sup>:

- ◆ наиболее точную аппроксимацию существующей производственной границы позволяет получить более гибкая функциональная форма, которая увеличивает точность оценок эффективности развития ИТ-компаний в регионе;

- ◆ наличие немонотонной зависимости выходных параметров от входных, а также возможность исследования U-образных зависимостей, распространенных в экономических моделях;

- ◆ оценивание параметров модели на основе эконометрических процедур (возможность линеаризации функциональной формы).

В статистических исследованиях наиболее часто используется функция Кобба - Дугласа<sup>2</sup>

$$f(x, \beta) = \beta_0 \prod_{i=1}^N x_i^{\beta_i}, \quad (1)$$

где  $\beta_i$  - вектор неизвестных оцениваемых параметров;  $x_i$  - вектор входных параметров.

Данная функция характеризуется небольшим количеством параметров и возможностью линеаризации логарифмированием, что обусловило ее выбор для спецификации модели.

Целью стохастического фронтального анализа является оценка выбранной технологии, формирующей производственные возможности для совокупности предприятий. Параметрически выпуск продукции в контексте сто-

хастического фронтального подхода обозначается как<sup>3</sup>

$$y_i = f(x_i; \beta) \cdot e^{v_i} \cdot e^{-u_i} \quad (2)$$

Прологарифмировав обе части равенства, получим уравнение стохастической фронтальной модели:

$$\log(y_i) = \log(f(x_i; \beta)) + v_i - u_i, \quad (3)$$

где  $v_i$  - компонент, отражающий случайное колебание производственного фронта,  $v_i \sim N(0; \sigma_v^2)$ ,  $i=1, \dots, N$ ;  $u_i$  - неотрицательная случайная переменная, полученная усечением в нуле нормального распределения с математическим ожиданием  $\mu$  и дисперсией  $\sigma_u^2$  ( $u_i \sim N^+(\mu; \sigma_u^2)$ ,  $i=1, \dots, N$ ), которая используется для идентификации систематического воздействия на производственный процесс всей совокупности факторов, снижающих его эффективность.

Обозначим разность случайных величин как  $\varepsilon_i = v_i - u_i$ , общая дисперсия может быть представлена в виде  $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$ , а доля неэффективной дисперсии в общей -

$$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2}.$$

Расчет параметров модели производился в программе FRONTIER 4.1, разработанной T.J. Coelli. Для этого был сформирован исходный массив данных, который включает в себя значения показателей “выручка ИТ-компаний, тыс. руб.” ( $Y_1$ ) - выходной параметр, “число ИТ-компаний, ед.” ( $X_1$ ) и “поступило по налогу на прибыль ИТ-компаний, тыс. руб.” ( $Y_2$ ) - входные параметры по 85 субъектам Российской Федерации. В результате были получены несмещенные оценки параметров модели, имеющие наименьшую дисперсию, а также оцененная техническая эффективность развития ИТ-компаний в регионах (параметры  $\beta$ ,  $\sigma^2$  и  $\gamma$ ).

Поскольку значение параметра асимметрии  $\gamma$  отлично от нуля (0,05), можно сделать вывод о сбалансированном воздействии сопутствующих факторов на процесс развития ИТ-компаний. Следует отметить, что в данном случае неэффективность определяется сово-

купностью неидентифицированных факторов, одинаково действующих на каждый регион.

Модель с неидентифицированными производственными факторами характеризуется стохастической производственной функцией вида<sup>4</sup>

$$y_i = \exp(\beta_0) \cdot x_i^\beta \cdot \exp(v_i), \quad (4)$$

где  $v_i \sim N(0; \sigma_v^2)$ ,  $i=1, \dots, N$ .

### Результаты

Возможность достижения высокого уровня эффективности предполагает, что все неидентифицированные факторы неэффективности могут быть устранены. С помощью значений ошибок  $\varepsilon_i$  и оценок параметров  $\mu, \sigma_u^2, \sigma_v^2$  для каждого региона возможно получение оценки случайной составляющей  $v_i$ , объясняемой воздействием сбалансированных факторов и составляющей  $u_i$ , объясняемой воздействием факторов неэффективности.

Решая задачу минимизации соотношения случайных величин, получим оценки случайных составляющих  $v_i$  и  $u_i$ :

$$\left( \frac{v_i}{\sigma_v} \right) + \left( \frac{u_i - \mu}{\sigma_u} \right)^2 \longrightarrow \min, \text{ при условиях}$$

$$\varepsilon_i = v_i - u_i, u_i \geq 0.$$

Таким образом, если выполняется неравенство  $\mu \cdot \sigma_v^2 - \varepsilon_i \cdot \sigma_u^2 \geq 0$ , то получаем следующее решение:

$$u_i = \frac{\mu \cdot \sigma_v^2 - \varepsilon_i \cdot \sigma_u^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}. \quad (5)$$

При условии, что  $\mu \cdot \sigma_v^2 - \varepsilon_i \cdot \sigma_u^2 < 0$ , получаем, что  $v_i = \varepsilon_i, u_i = 0$ .

Решив систему уравнений, получим следующие значения:

$$\begin{cases} \sigma_u^2 + \sigma_v^2 = 8496,6 \\ \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2} = 0,05 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sigma_u^2 = 424,83 \\ \sigma_v^2 = 8071,77 \end{cases} \quad (6)$$

На основе рассчитанных оценок параметров запишем стохастическую

фронтальную модель для расчета эффективности регионов по уровню развития ИТ-компаний:

$$Y1_j = \exp(43,67) \cdot Y2_j^{1/110000} \cdot X1_j^{1/900} \cdot \exp(v_j),$$

где  $v_j \sim N(0;8071,77)$ .

Согласно вышеуказанным формулам (5)-(6) ошибка  $u_j$ , объясняемая наличием неэффективности, определяется как  $u_j = -0,05 \cdot \varepsilon_j$ , если  $\varepsilon_j \leq 0$ , в противном случае  $u_j = 0$ .

Под технической эффективностью в исследовании понимается мера, которая отражает возможности ИТ-компаний в достижении максимального выпуска из доступного набора ресурсов. Коэффициент технической эффективности, согласно М. J. Farrell, представляет собой отношение наблюдаемого выпуска продукции  $y_j$  к оптимальному  $y_j^*$  5:

$$TE_j = \frac{y_j}{y_j^*} = \frac{y_j}{f(x_j; \beta)} \in [0;1], \quad (7)$$

где  $f(x_j; \beta)$  - детерминированная производственная функция;  $\beta$  - вектор неизвестных оцениваемых параметров.

Количественное значение коэффициента эффективности вычисляется по формуле

$$TE_j = \frac{f(x_j; \beta) \cdot e^{v_j} \cdot e^{-u_j}}{f(x_j; \beta) \cdot e^{v_j}} = e^{-u_j}. \quad (8)$$

Результаты проведения равноинтервальной статистической группировки для регионов Российской Федерации представлены в таблице.

### Обсуждение

В группу с низким уровнем развития ИТ-компаний вошло 3 региона, что составило 3,53% от общего количества регионов Российской Федерации, в группу регионов с уровнем развития ИТ-компаний ниже среднего - 45 субъектов (52,94%), в группу регионов со средним уровнем развития ИТ-компаний - 15 (17,65%), в группу регионов с уровнем развития ИТ-компаний "выше среднего" - 15 (17,65%), в группу регионов с высоким уровнем развития ИТ-компаний - 7 регионов (8,24%). При этом Самарская область вошла в группу регионов с уровнем развития ИТ-компаний "выше среднего" со значением коэффициента технической эффективности развития ИТ-компаний 81,62%.

Состав групп регионов РФ, полученный методом равноинтервальной статистической группировки (2016 г.)

Интервал по значению коэффициентов технической эффективности развития ИТ-компаний, %	Уровень развития ИТ-компаний	Состав группы	Значение коэффициентов технической эффективности развития ИТ-компаний, %	Доля регионов данной группы в общем их числе, %
1	2	3	4	5
До 57,74	Низкий	Вологодская область	56,66	3,53
		Липецкая область	50,57	
		Пермский край	47,31	
57,741-68,16	Ниже среднего	Брянская область	67,69	52,94
		Мурманская область	67,63	
		Сахалинская область	66,95	
		Республика Мордовия	66,88	
		Пензенская область	66,49	
		Республика Коми	66,24	
		Республика Хакасия	65,89	
		Оренбургская область	64,82	
		Костромская область	64,74	
		Архангельская область	64,70	
		Тамбовская область	64,68	
		Псковская область	64,15	
		Новгородская область	64,14	

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
		Хабаровский край	63,86	
		Курганская область	63,78	
		Камчатский край	63,76	
		Амурская область	63,67	
		г. Севастополь	63,50	
		Иркутская область	63,34	
		Республика Бурятия	63,31	
		Ямало-Ненецкий автономный округ	62,96	
		Республика Крым	62,86	
		Забайкальский край	62,68	
		Магаданская область	62,60	
		Карачаево-Черкесская Республика	62,42	
		Республика Северная Осетия - Алания	62,24	
		Ленинградская область	62,24	
		Кабардино-Балкарская Республика	62,01	
		Еврейская автономная область	61,91	
		Республика Дагестан	61,82	
		Чукотский автономный округ	61,61	
		Республика Алтай	61,47	
		Ненецкий автономный округ	61,42	
		Республика Адыгея	61,42	
		Республика Ингушетия	61,42	
		Чеченская Республика	61,42	
		Республика Тыва	61,42	
		Республика Калмыкия	60,88	
		Курская область	60,62	
		Тверская область	60,44	
		Астраханская область	60,42	
		Орловская область	60,28	
		Московская область	60,28	
		Волгоградская область	59,80	
		Кемеровская область	58,63	
68,161-78,59	Средний	Ростовская область	78,25	
		Омская область	78,12	
		Республика Марий Эл	77,87	
		Калининградская область	76,98	
		Тюменская область	76,84	
		Ивановская область	72,89	
		Саратовская область	72,89	
		Рязанская область	72,54	
		Приморский край	71,68	
		Смоленская область	71,43	
		Воронежская область	71,05	
		Алтайский край	70,42	
		Ханты-Мансийский автономный округ - Югра	70,10	
		Владимирская область	69,95	
		Республика Карелия	69,45	
78,591-89,02	Выше среднего	Краснодарский край	88,61	
		Кировская область	87,57	
		Чувашская Республика - Чувашия	87,46	
		Республика Саха (Якутия)	86,00	
		Тульская область	82,92	

17,65

17,65

1	2	3	4	5
		Ярославская область	82,87	
		Республика Башкортостан	82,64	
		Ульяновская область	82,50	
		Самарская область	81,62	
		Калужская область	81,01	
		Белгородская область	80,99	
		Ставропольский край	80,59	
		Томская область	80,32	
		Красноярский край	79,01	
		Удмуртская Республика	78,87	
89,021 и более	Высокий	г. Москва	99,44	8,24
		г. Санкт-Петербург	97,65	
		Новосибирская область	95,58	
		Республика Татарстан	94,79	
		Свердловская область	93,45	
		Челябинская область	91,87	
		Нижегородская область	90,02	

В результате можно сделать вывод, что наибольшие конкурентные преимущества по эффективности функционирования ИТ-компаний имеют г. Москва (99,44%), г. Санкт-Петербург (97,65%), Новосибирская область (95,58%), Республика Татарстан (94,79%), Свердловская (93,45%), Челябинская (91,87%) и Нижегородская (90,02%) области. Расстояние, отделяющее регионы от границы эффективности (100%), можно рассматривать как количественную оценку неэффективности. Например, значение коэффициента эффективности развития ИТ-компаний для Республики Мордовии свидетельствует о том, что имеющиеся ресурсы используются более чем наполовину (66,88%), а значение неэффективности при этом составляет 33,12%.

### Заключение

Таким образом, стохастический фронтальный анализ реализует комплексный подход к исследованию эффективности развития ИТ-компаний в регионах. Построенная с учетом вероятностной природы развития экономических явлений стохастическая фронтальная модель позволяет рассчитывать детерминированные оценки эффективности и производить сравнение полученных результатов.

Вместе с тем, проведенное исследование позволило выявить проблему дифференциации регионов Российской Федерации по уровню развития ИТ-компаний. В условиях формирования цифровой экономики и в совокупности с «цифровым неравенством» дан-

ная проблема является социально-экономическим вызовом для Российской Федерации.

Для решения указанной проблемы в Самарской области ведется работа по созданию центров компетенций по пяти направлениям, представленным в государственной программе «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р: нормативное регулирование, образование и кадры, формирование исследовательских компетенций и технических заделов, ИТ-инфраструктура и кибербезопасность. Базовой целью деятельности данных структур будет являться организация системного развития и внедрения цифровых технологий во всех областях жизни граждан - в экономике, предпринимательстве как социальной деятельности, в государственном управлении, социальной сфере и городском хозяйстве.

<sup>1</sup> Horrace W.C. Bootstrapping Efficiency Probabilities in Parametric Stochastic Frontier Models / Syracuse Univ. and NBER. URL: <http://faculty.maxwell.syr.edu/whorrace/workingpapers/H&R2004.pdf>.

<sup>2</sup> Lavado R.F. Benchmarking the Efficiency of Philippines Electric Cooperatives Using Stochastic Frontier Analysis and Data Envelopment Analysis / Hitotsubashi Univ. 2004. 32 p.

<sup>3</sup> Kumbhakar S.C., Lovell C.A.K. Stochastic Frontier Analysis. Cambridge, 2003. URL: <http://books.google.ru/books?id=wrKDztxLWZ8C&dq=s>

tochastic+frontier+analysis&prins  
ec=frontcover&source=bl&ots=L0K  
vEYKJ\_3&sig=jTH07kcNfF4IT43lwLsNxTbSW\_Q&h  
l=ru&ei=ptlkSq7uGsQsAbcyNSABg&sa=X&oi=  
book\_result&ct=result&resnum=3.

<sup>4</sup> Coelli T.J., Rao D.S. Prasada, Battese G.E. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis / Kluwer Academic Publishers. 2005. 45 p.

<sup>5</sup> Tente S., Behr A. Stochastic frontier analysis by means of maximum likelihood and the method of moments // Discussion Paper. Series 2. Banking and Financial Studies. 2008. № 19. URL: [http://www.bundesbank.de/download/bankenaufsicht/dkp/200819dkp\\_b\\_.pdf](http://www.bundesbank.de/download/bankenaufsicht/dkp/200819dkp_b_.pdf).

*Поступила в редакцию 12.04.2018 г.*

## **THE STUDY OF THE EFFICIENT DEVELOPMENT OF IT COMPANIES IN REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION**

© 2018 S.V. Kazarin, N.Yu. Svechnikova\*

The theoretical basis for the application of methods of building efficiency boundaries in the study of IT companies' development at the regional level. The initial point was to consider the region as a complex system with a set of input and output parameters. At the same time, the stochastic frontier model includes components that reflect the impact of random factors and the inefficiency of IT companies in the region. The integrated algorithm for the implementation of stochastic frontier analysis is developed to assess the efficiency of IT companies' development in regions of the Russian Federation. The main drawback of the model is the need for a clear specification of the functional form of the efficiency boundary and the law for distribution non-inefficiency. In this case, the disadvantage is eliminated by using flexible functional forms and distribution laws. The Cobb-Douglas function was chosen because it is characterized by a small number of parameters and the possibility of linearization by logarithmization in the functional form of the frontier. The stochastic frontier model of IT companies' development in regions of the Russian Federation is constructed, the quantitative value of the coefficient of technical efficiency is obtained. The groups of regions with low, below average, medium, above average and with a high level of IT companies' development were identified on the basis of the equal statistical group.

**Keywords:** IT companies, methods for constructing the efficiency frontier, stochastic frontier analysis, functional form of the production frontier, production of unidentified factors, frontier model, coefficient of technical efficiency, equally internal statistical grouping.

### **Highlights:**

- ◆ on the basis of Cobb - Douglas function the stochastic frontier model of IT companies' development in regions of the Russian Federation is constructed;
- ◆ the quantitative values of the coefficients of technical efficiency of IT companies' development in regions of the Russian Federation are obtained;
- ◆ the problem of differentiation of regions of the Russian Federation by the level of IT companies' development is revealed.

*Received for publication on 12.04.2018*

---

\* Stanislav V. Kazarin, Candidate of Economics, head of the Department of Information Systems and Technologies, Samara State medical University. E-mail: e-gov@samregion.ru; Natalia Yu. Svechnikova, Candidate of Economics, Associate Professor, Samara State University of Economics. E-mail: svechnati@yandex.ru.