

Алимханова, А.Н. Управление выручкой предприятия с учетом эффективности его деятельности на основе модели SFA / А.Н. Алимханова, А.А. Мицель // Прикладная математика и вопросы управления. – 2023. – № 1. – С. 89–101. DOI: 10.15593/2499-9873/2023.1.06

**Библиографическое описание согласно ГОСТ Р 7.0.100–2018**

Алимханова, А. Н. Управление выручкой предприятия с учетом эффективности его деятельности на основе модели SFA / А. Н. Алимханова, А. А. Мицель. – текст : непосредственный. – DOI: 10.15593/2499-9873/2023.1.06 // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2023. – № 1. – С. 89–101.



ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА  
И ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ

№ 1, 2023

<https://ered.pstu.ru/index.php/amcs>



Научная статья

DOI: 10.15593/2499-9873/2023.1.06

УДК 519.86



## УПРАВЛЕНИЕ ВЫРУЧКОЙ ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЕТОМ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕГО ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ SFA

**А.Н. Алимханова, А.А. Мицель**

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск, Россия

### О СТАТЬЕ

Получена: 05 декабря 2022

Одобрена: 09 января 2023

Принята к публикации:

10 марта 2023

#### Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Вклад авторов

равноценен.

#### Ключевые слова:

динамическое программирование, квадратичный критерий, выручка, эффективность, финансовые показатели, управление, финансовая устойчивость, метод стохастической границы, бухгалтерская отчетность, модель управления.

### АННОТАЦИЯ

Рассматривается актуальная, требующая эффективного решения задача управления выручкой предприятия. В отечественной литературе данной теме уделяется недостаточно внимания. На практике большинство предприятий внедряют методику управления выручкой, основываясь на зарубежном опыте.

Выручка является основным источником денежных поступлений конкретно от основной деятельности предприятия, а также одним из главных факторов, влияющих на функционирование предприятия. Как следствие, для компании крайне важна величина выручки – она должна быть достаточной для того, чтобы обеспечить погашение всех расходов компании и формирование необходимого объема прибыли. Однако сама величина выручки является не единственной важной характеристикой выручки, не менее важны стабильность выручки во времени и регулярность ее поступления.

Целью данной работы является разработка динамической модели управления выручкой предприятия, которая отличается от известной в литературе модели учетом параметра эффективности деятельности предприятия.

В качестве метода, позволяющего оценить эффективность предприятия, используется параметрический метод Stochastic Frontier Analysis. В качестве входных и выходных данных применяются финансовые показатели.

Модель проверена на девяти российских предприятиях (6 действующих предприятий и 3 предприятия-банкрота) за период с 2013 по 2020 года, относящихся к одному общероссийскому классификатору видов экономической деятельности. Сбор данных выполнен с помощью системы «СПАРК», позволяющий отобрать предприятия для исследования по статусу предприятия (банкрот/действующие), по размеру предприятия (крупные / средние / малые / микро) и т.д.

В качестве примера рассмотрены два предприятия, из которых одно действующее, другое – банкрот. Приведенные расчеты на построенной модифицированной модели продемонстрировали возможность использования управления выручкой предприятия с желаемым темпом изменений и с параметром эффективности деятельности.

© ПНИПУ

© **Алимханова Алия Нуржановна** – аспирант, старший преподаватель кафедры «Автоматизированных систем управления», e-mail: [aan@asu.tusur.ru](mailto:aan@asu.tusur.ru), ORCID: [v0000-0003-0964-1659](https://orcid.org/0000-0003-0964-1659).

**Мицель Артур Александрович** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматизированные системы управления», e-mail: [maa@asu.tusur.ru](mailto:maa@asu.tusur.ru), ORCID: [0000-0002-2624-4383](https://orcid.org/0000-0002-2624-4383).



Эта статья доступна в соответствии с условиями лицензии Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

**Perm Polytech Style:** Alimkhanova A.N., Mitsel A.A. The management of the proceeds of the enterprise, taking into account the effectiveness of its activities based on the SFA model. *Applied Mathematics and Control Sciences*, 2023, no. 1, pp. 89–101. DOI: 10.15593/2499-9873/2023.1.06

**MDPI and ACS Style:** Alimkhanova, A.N.; Mitsel, A.A. The management of the proceeds of the enterprise, taking into account the effectiveness of its activities based on the SFA model. *Appl. Math. Control Sci.* **2023**, 1, 89–101. <https://doi.org/10.15593/2499-9873/2023.1.06>

**Chicago/Turabian Style:** Alimkhanova, Aliya N., and Artur A. Mitsel. 2023. “The management of the proceeds of the enterprise, taking into account the effectiveness of its activities based on the SFA model”. *Appl. Math. Control Sci.* no. 1: 89–101. <https://doi.org/10.15593/2499-9873/2023.1.06>



APPLIED MATHEMATICS  
AND CONTROL SCIENCES

№ 1, 2023

<https://ered.pstu.ru/index.php/amcs>



Article

DOI: 10.15593/2499-9873/2023.1.06

UDK 519.86



## THE MANAGEMENT OF THE PROCEEDS OF THE ENTERPRISE, TAKING INTO ACCOUNT THE EFFECTIVENESS OF ITS ACTIVITIES BASED ON THE SFA MODEL

**A.N. Alimkhanova, A.A. Mitsel**

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

### ARTICLE INFO

Received: 05 December 2022

Approved: 09 January 2023

Accepted for publication:  
10 March 2023

#### Funding

This research received  
no external funding.

#### Conflicts of Interest

The authors declare no conflict  
of interest.

#### Author Contributions

equivalent.

#### Keywords:

dynamic programming, quadratic  
criterion, revenue, effectiveness,  
financial indicators, management,  
financial stability, method of sto-  
chastic border, accounting, man-  
agement model.

### ABSTRACT

Actual, which requires an effective solution, is considered the task of managing the revenue of the enterprise. In the domestic literature, this topic is not given enough attention. In practice, most enterprises introduce the revenue management methodology based on foreign experience.

Revenue is the main source of cash receipts specifically from the main activity of the enterprise, as well as one of the main factors affecting the functioning of the enterprise. As a result, the amount of revenue is extremely important for the company - it should be sufficient in order to ensure the repayment of all expenses of the company and the formation of the necessary volume of profit. However, the value is not the only important characteristic of revenue, the stability of revenue in time and the regularity of its receipt are no less important.

The aim of this work is to develop a dynamic model of the management of the enterprise, which differs from the model known in the literature, taking into account the parameter of the efficiency of the enterprise.

As a method to assess the effectiveness of the enterprise, the parametric method of Stochastic Frontier Analysis is used. As input and output, financial indicators are used.

The model was checked for 9 Russian enterprises (6 operating enterprises and 3 bankrupt enterprises) for the period from 2013 to 2020, related to one all-Russian classifier of types of economic activity. Data collection is made using the SPARK system, which allows you to select enterprises for research on the status of an enterprise (bankrupt / current), by the size of the enterprise (large / medium / small / micro), etc.

As an example, two enterprises were considered, of which one current, another bankrupt. The calculations on the built modified model showed the possibility of using the management of the proceedings of the enterprise with the desired pace of changes and with the parameter of the effectiveness of the activity.

© PNRPU

© **Aliya N. Alimkhanova** – Ph.D. Student, Senior Lecturer, Department of the Automated Control Systems, e-mail: [aan@asu.tusur.ru](mailto:aan@asu.tusur.ru), ORCID: [v0000-0003-0964-1659](https://orcid.org/0000-0003-0964-1659).

**Artur A. Mitsel** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of the Automation Control Systems, e-mail: [maa@asu.tusur.ru](mailto:maa@asu.tusur.ru), ORCID: [0000-0002-2624-4383](https://orcid.org/0000-0002-2624-4383).



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

## Введение

Финансовую устойчивость организации с позиций долгосрочной перспективы принято оценивать системой показателей, которая включает несколько основных разделов: оценка имущественного положения; оценка ликвидности; оценка финансовой устойчивости; оценка деловой активности; оценка рентабельности. В каждой группе от 6 до 12 различных коэффициентов (в общей сложности 41) [1; 2].

Кроме коэффициентного анализа используется ряд классификационных моделей, отделяющих фирмы-банкроты от устойчивых заемщиков и прогнозирующих возможное банкротство фирмы-заемщика.

Существуют многочисленные авторские методики оценки вероятности банкротства, которые оперируют широким спектром показателей. Такие факторные модели разработаны с помощью многомерного (мультипликативного) дискриминантного анализа.

Наиболее известными моделями оценки вероятности банкротства являются:

- модели Альтмана [3–5];
- четырехфакторная модель Лиса [6; 7];
- модель Фулмера – девятифакторная модель оценки риска банкротства [8];
- модель прогнозирования банкротства предприятия Спрингейта [9; 10];
- четырехфакторная модель банкротства Таффлера [11];
- модель банкротства предприятий Сайфуллина – Кадыкова – среднесрочная рейтинговая модель прогнозирования риска банкротства, разработанная российскими учеными, которая может применяться для любой отрасли и предприятий различного масштаба [12; 13];
- кроме этих моделей, следует также указать модели Г.В. Давыдовой и А.Ю. Беликова [14], О.П. Зайцевой [15], А.Н. Макарьевой и Л.В. Андреевой [16] и др.

Анализ моделей показал, что не существует универсальной модели оценки риска банкротства предприятия. Границы применимости моделей связаны с экономическими условиями, при которых были получены модели. В работе [17] показано, что зарубежные модели мало пригодны для российских условий. Кроме того, модели финансовой устойчивости для предприятий различных отраслей также могут существенно отличаться друг от друга. В связи с этим для предприятий различных отраслей в работах [7; 18] построены авторские модели оценки выручки предприятия – наиболее значимого показателя, связанного с финансовой устойчивостью.

Построение модели оценки финансовой устойчивости предприятий можно рассматривать как прямую задачу. Для управления риском банкротства следует обратиться к обратной задаче: как надо изменить финансовые показатели, чтобы ключевой показатель принимал заданные значения [19]. В данной работе построена динамическая модель управления ключевым показателем – выручкой предприятия с учетом эффективности деятельности предприятия на основе модели SFA [20–23], так как выручка для предприятия является неотъемлемым финансовым показателем, характеризующим сумму денежных средств, полученных от реализации товаров, услуг или выполненных работ.

## Описание модели

Предположим, мы выделили  $n$  показателей, наиболее критичных для оценки риска банкротства, оказывающих влияние на выручку от реализации продукции как основной источник формирования финансовых ресурсов предприятия. Пусть значения этих показате-

телей вышли за нижние границы допустимых, и мы хотим увеличить их значения, чтобы избежать банкротства. Для этого нам необходимы инвестиции в предприятие.

Обозначим за  $x_{ji}(t)$ ,  $j=1, \dots, n$ ;  $i=1, \dots, m$  финансовые показатели  $j$ -го предприятия в момент времени  $t$  ( $t=0, \dots, T-1$ ), где  $n$  – количество предприятий;  $T$  – планируемый момент времени выхода предприятия из критического состояния;  $V_j(t)$  – выручка от реализации продукции  $j$ -го предприятия, которую должно иметь предприятие для вывода предприятия из кризиса (фактически это связано с дополнительным объемом инвестиций в предприятие, необходимым для выхода из кризиса);  $V^0(t)$  – плановая выручка, необходимая для устойчивого функционирования предприятия. Предполагается, что часть этой выручки вкладывается в производство.

Зависимость выручки  $j$ -го предприятия от времени представим в виде множественной регрессии

$$V_j(t) = \sum_{i=1}^m a_i(t) \cdot x_{ji}(t), \quad (1)$$

где  $a_i$  – коэффициенты регрессии.

Зависимость плановой выручки представим в форме

$$V_j^0(t+1) = (1 + \mu_j^0(t))V_j^0(t), \quad (2)$$

где  $\mu_j^0(t)$  – желаемый темп роста выручки  $j$ -го предприятия. Темп роста выручки должен быть таким, чтобы плановая выручка как минимум покрывала инфляцию.

Зависимость финансового показателя  $x_{ji}(t)$  от времени представим в форме

$$x_{ji}(t+1) = (x_{ji}(t) + u_{ji}(t)), \quad i=1, \dots, m, \quad (3)$$

где  $u_{ji}(t)$  – приращение показателя  $x_{ji}(t)$ ,  $u_{ji}(t) > 0$  – увеличение;  $u_{ji}(t) < 0$  – уменьшение.

В качестве целевой функции выберем квадратичный функционал (4), который характеризует качество процесса слежения за плановой выручкой предприятия. Минимизируя этот функционал, мы тем самым обеспечим выход предприятия на плановый режим.

$$J_j = \sum_{t=0}^{T-1} \left[ [V_j(t) - V_j^0(t)]^2 + (u_j(t))^T R(t) (u_j(t)) \right] + [V_j(T) - V_j^0(T)]^2, \quad (4)$$

где  $R(t)$  – диагональная матрица весовых коэффициентов.

Подставим в (4) формулу (1). Критерий качества  $J$  примет форму

$$J_j = \left\{ \sum_{t=1}^T \left[ \sum_{i=1}^m (a_i(t) \cdot (x_{ji}(t) + u_{ji}(t))) - V_j^0(t) \right]^2 + \sum_{t=0}^{T-1} \sum_{i=1}^m (u_{ji}(t))^T R(t) (u_{ji}(t)) \right\} \rightarrow \min_{u_{ji}(t)} \quad (5)$$

Введем ограничения на финансовые показатели

$$\begin{aligned} x_i^{\min}(t) &\leq x_{ji}(t) + u_{ji}(t) \leq x_i^{\max}(t), \\ i &= 1, \dots, m; \\ t &= 0, \dots, T-1, \end{aligned} \quad (6)$$

где  $x_i^{\min}(t)$ ,  $x_i^{\max}(t)$  – минимальное и максимальное значения финансовых показателей.

### Учет эффективности предприятия

Рассмотрим еще одно ограничение, связанное с эффективностью деятельности предприятия. Для учета эффективности будем использовать метод SFA. Метод SFA применяется для оценки технической эффективности деятельности предприятия и основан на ее производственной функции, связывающей объем выпускаемой продукции с объемами потребляемых ресурсов [24–27]. Предполагается, что вариация продуктивности связана как с неэффективностью деятельности, так и с «шумом», поэтому граница эффективности напрямую зависит от фактических результатов деятельности. При этом неэффективность распределена несимметрично, а случайная ошибка подчиняется симметричному распределению [19]. В данной работе вместо производственной функции мы будем использовать финансовые показатели.

Суть метода SFA состоит в следующем. Отклонение модельных от реальных данных по выручке для  $j$ -го экономического объекта в момент времени  $t$  представляет собой ошибку  $\varepsilon_j(t)$  модели

$$\begin{aligned} \varepsilon_j(t) &= V_j(t) - \left( \sum_{i=1}^m \hat{a}_i(t) \cdot x_{ji}(t) \right), \\ j &= 1, \dots, n. \end{aligned} \quad (7)$$

здесь  $\hat{a}_i(t)$  – коэффициенты регрессии, связывающей для данного момента  $t$  сравниваемые между собой предприятия;  $n$  – количество предприятий;  $x_{ji}(t)$  –  $i$ -й показатель  $j$ -го объекта.

Представим случайную ошибку в виде:  $\varepsilon_j = y_j - e_j$ , где  $y_j$  – случайная ошибка, связанная с внешними причинами, не зависящими от деятельности экономического объекта;  $e_j$  – случайный фактор, связанный с деятельностью предприятия, который получил название в литературе [21; 22] неэффективности деятельности.

Для построения модели необходимо задать вероятностные распределения случайных величин  $y_j$  и  $e_j$ . Пусть распределения вероятностей случайных величин  $y_j$  и  $e_j$  имеют вид:

$$\begin{aligned} f_y(y_j) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \cdot \exp\left(-\frac{(y_j)^2}{2\sigma_y^2}\right), \\ f_e(e_j) &= \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma_e} \cdot \exp\left(-\frac{e_j^2}{2\sigma_e^2}\right), \quad e_j \geq 0, \\ j &= 1, \dots, n. \end{aligned}$$

Для показателя неэффективности можно получить следующее выражение

$$ee_j = \sqrt{2} \cdot \sigma \left( \frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{\exp(-\varepsilon_j^2 \cdot b^2)}{(1 - \operatorname{erf}(\varepsilon_j \cdot b))} - \varepsilon_j \cdot b \right). \quad (8)$$

Здесь  $b = \frac{\sigma_e / \sigma_y}{\sqrt{2} \sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_e^2}}$ ;  $\sigma = \frac{\sigma_y \sigma_e}{\sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_e^2}}$ ;  $\varepsilon_j(t)$  – ошибка модели, вычисленная по форму-

ле (7), в которой используются найденные коэффициенты регрессии  $\hat{a}_i(t)$ ;  $\operatorname{erf}(\varepsilon_j \cdot b) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{\varepsilon_j \cdot b}^{\infty} \exp(-t^2) dt$ .

Показатель технической эффективности JMLS равен [20; 21]:

$$T_j^{JMLS} = \exp(-ee_j). \quad (9)$$

Введем ограничение на показатель неэффективности

$$T_j^{JMLS} \geq \operatorname{eff}_j, \quad (10)$$

где  $\operatorname{eff}_j$  – желаемый уровень эффективности  $j$ -го экономического объекта.

Итак, имеем задачу оптимального управления, в которой уравнение состояния описывается многошаговым процессом (6), а функционал качества – выражением (5). Управление задается вектором  $u(t)$ .

Необходимо найти оптимальное решение  $(\bar{x}(t), \bar{u}(t))$ , удовлетворяющее уравнению состояния (3), ограничения (6), (10), при котором функционал (5) принимает минимальное значение.

Имеем задачу динамического программирования с квадратичным критерием. Рассмотрим алгоритм решения.

### Алгоритм решения

Задаем начальные значения выручки предприятий  $V_j(0)$  и их плановых значений  $V_j^0(0)$  и желаемый темп роста выручки  $\mu_j^0(t)$ . Задаем также границы изменения финансовых показателей отраслей  $x_i^{\min}(t)$ ,  $x_i^{\max}(t)$ ,  $i = 1, \dots, m$ , а также желаемую эффективность  $\operatorname{eff}_j$ .

Введем векторы коэффициентов регрессии  $a(t)$  и  $\hat{a}(t)$ , вектор финансовых показателей  $x(t)$  и вектор управления  $u(t)$ . Приведем этапы решения задачи для конкретного предприятия. В связи с этим индекс  $j$  (номер предприятия) опустим.

Шаг 1. Решаем задачу для момента  $t = 0$ :

$$J(u(0), \sigma, b) = \left\{ \left[ (a^T(0) \cdot (x(0) + u(0)) - V^0(1))^2 + \right. \right. \\ \left. \left. + u^T(0) R(0) u(0) \right\} \rightarrow \min_{u(0), \sigma, b}, \quad (11)$$

$$x^{\min}(1) \leq (x(0) + u(0)) \leq x^{\max}(1),$$

$$EXP \left( \sqrt{2} \cdot \sigma \left( \frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{\exp(-(\varepsilon(0) \cdot b)^2)}{(1 - \operatorname{erf}(\varepsilon(0) \cdot b))} - \varepsilon(0) \cdot b \right) \right) \geq \operatorname{eff} \quad (12)$$

$$x(1) = (x(0) + u(0)). \quad (13)$$

Здесь  $\varepsilon_j$  вычисляется по формуле (7).

Шаг 2. Решаем задачу для момента  $t = 1$ .

$$J(u(1), \sigma, b) = \left\{ \begin{array}{l} [(a^T(1) \cdot (x(1) + u(1)) - V^0(2))]^2 + \\ + u^T(1)R(1)u(1) \end{array} \right\} \rightarrow \min_{u(1), \sigma, b} \quad (14)$$

$$x^{\min}(2) \leq (x(1) + u(1)) \leq x^{\max}(2),$$

$$EXP \left( \sqrt{2} \cdot \sigma \left( \frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{\exp(-(\varepsilon(1) \cdot b)^2)}{(1 - \operatorname{erf}(\varepsilon(1) \cdot b))} - \varepsilon(1) \cdot b \right) \right) \geq \operatorname{eff}' \quad (15)$$

$$x(2) = (x(1) + u(1)), \quad (16)$$

Этап T-1. Решаем задачу для  $t = T - 1$ .

$$J(u(T-1), \sigma, b) =$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} [(a^T(T-1) \cdot (x(T-1) + u(T-1)) - V^0(T))]^2 + \\ + u^T(T-1)R(T-1)u(T-1) \end{array} \right\} \rightarrow \min_{u(T-1), \sigma, b} \quad (17)$$

$$x^{\min}(T) \leq (x(T-1) + u(T-1)) \leq x^{\max}(T),$$

$$EXP \left( \sqrt{2} \cdot \sigma \left( \frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{\exp(-(\varepsilon(T-1) \cdot b)^2)}{(1 - \operatorname{erf}(\varepsilon(T-1) \cdot b))} - \varepsilon(T-1) \cdot b \right) \right) \geq \operatorname{eff} \quad (18)$$

$$x(T) = (x(T-1) + u(T-1)). \quad (19)$$

## Результаты моделирования

Полученная модель была применена для моделирования управления финансовыми показателями российских предприятий. Среди которых 6 действующих предприятий и 3 предприятия-банкрота на отчетную дату 2020 г.

Исходные данные по выручке предварительно нормировались, так как размерность исходных данных различна. Нормировка проводилась для всех предприятий. В табл. 1 приведен пример нормировки для предприятий № 1 и 2.

По исходным данным были рассчитаны коэффициенты регрессии с помощью пакета MS Excel. В табл. 2 представлены значения коэффициентов регрессии для предприятий № 1 и 2, где  $X_1$  – внеоборотные активы,  $X_2$  – оборотные активы,  $X_3$  – капитал и резервы,  $X_4$  – долгосрочные обязательства,  $X_5$  – краткосрочные обязательства.

Таблица 1

Пример исходных данных для двух предприятий (авторские результаты)

Год	Предприятие № 1 (действующее)		Предприятие № 2 (банкрот)	
	Выручка, руб.	Нормированная выручка	Выручка, руб.	Нормированная выручка
2013	1 700 840	0,347	8 103	0,002
2014	1 930 548	0,394	162 580	0,033
2015	2 072 086	0,422	226 808	0,046
2016	2 186 480	0,446	272 980	0,056
2017	2 181 009	0,445	299 798	0,061
2018	2 255 277	0,459	81 512	0,076
2019	2 368 104	0,483	103	0,00002
2020	2 336 831	0,476	121	0,00002

Таблица 2

Коэффициенты регрессии (авторские результаты)

Предприятие	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
№ 1	0,1662	0,0721	0,1565	3,4802	0
№ 2	0,2317	0,0041	0,0248	-25,23	0

На рис. 1 и 2 представлены примеры сравнения реальной нормированной выручки Rev с модельным значением выручки Revm для предприятий № 1 и 2. По оси ординат строятся значения показателей в условных значениях, а по оси – абсцисс – период в годах с 2013 по 2020 г. Пунктирная линия обозначает моделируемые значения, а сплошная – реальные значения.

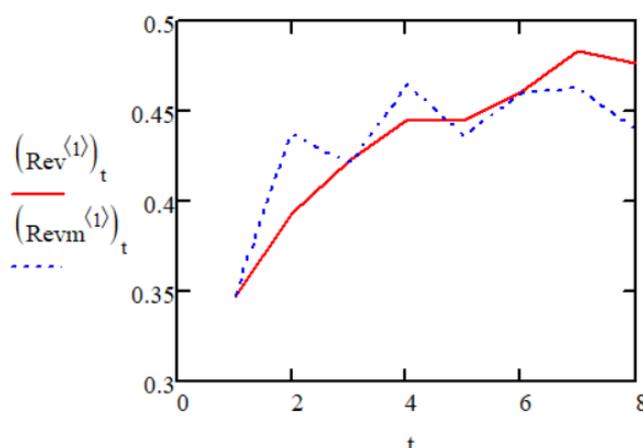


Рис. 1. Сравнение реальной выручки с модельным значением, рассчитанным по формуле (1) для предприятия № 1 (авторские результаты)

Для предприятия № 1 показатель значимости  $F = 0,004$ , это говорит о том, что модель значима на уровне 0,004. Для предприятия № 2 показатель принимает значение 0,1. Стандартная ошибка для предприятия № 1 равна 0,26, а для предприятия № 2 составляет 0,006.

Расчет параметров темпов изменения показателей  $\mu_{ji}(t)$  проводился на основе исторических данных по формуле (20)

$$\mu_{ji}(t) = \frac{\sum_{t=2}^T x_{ji}(t)x_{ji}(t-1)}{\sum_{t=2}^T (x_{ji}(t-1))^2} - 1, \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n. \quad (20)$$

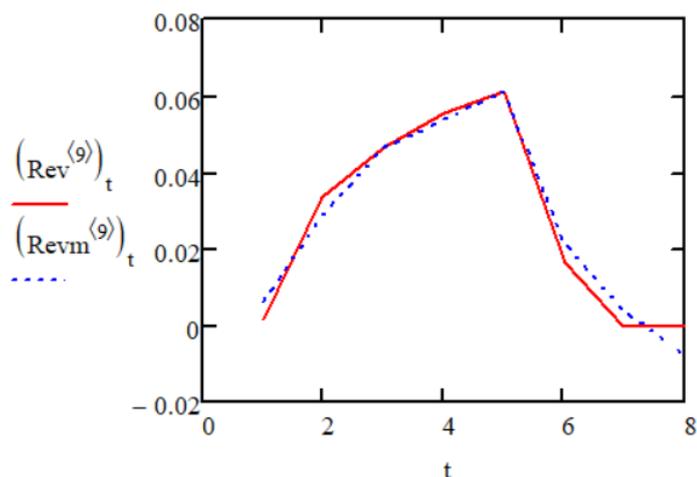


Рис. 2. Сравнение реальной выручки с модельным значением, рассчитанным по формуле (1) для предприятия № 2 (авторские результаты)

Результаты расчетов  $\mu_i(t)$  представлены в табл. 3.

Таблица 3

Параметры темпов изменения показателей  $\mu_i(t)$  (авторские результаты)

№ предприятия	$\mu_{ji}(t)$				
1	0,9907934	0,994656	0,996048	1,023498	0,900059
2	1,390684	0,898428	-0,044	2,626175	1,049317

Переходим к задаче управления выручкой предприятия. Для этого необходимо решить задачу динамического программирования с квадратичным критерием и ограничениями.

На рис. 3 и 4 приведены графики слежения за плановым показателем – выручкой. По оси ординат значение показателя, а по оси абсцисс – период в годах с 2013 по 2020 г. Пунктирной линией обозначены моделируемое поведение исследуемого показателя ( $V_0$ ), а сплошной желаемые значения показателя ( $V_t$ ).

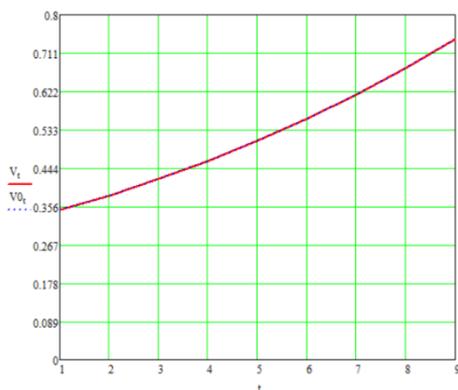


Рис. 3. График слежения за плановым показателем выручки для предприятия № 1 (авторские результаты)

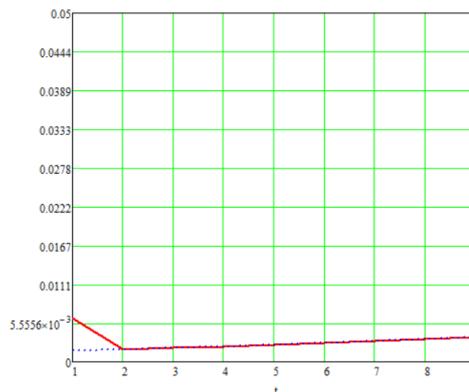


Рис. 4. График слежения за плановым показателем выручки для предприятия № 2 (авторские результаты)

Показатель эффективности принимает значение от «0» до «1». Чем ближе к 1, тем предприятие является эффективнее, и, наоборот, если ближе к 0, то менее эффективно. Для решения задачи  $eff = 0,5$ , так как является средним значением показателя эффективности.

В табл. 4 представлены результаты оценки эффективности деятельности предприятий № 1 и 2.

Таблица 4

Значения оценки эффективности (авторские результаты)

№ предприятия	$T_j^{JMLS}$							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	0,57	0,737	0,725	0,899	0,86	0,865	0,865	0,868
2	0,828	0,91	0,807	0,909	0,824	0,807	0,778	0,836

На рис. 5 представлен график поведения показателя эффективности для двух предприятий.

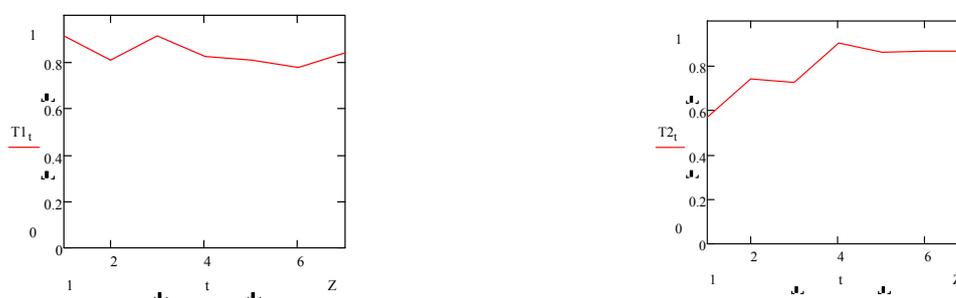


Рис. 5. График поведения показателей эффективности для предприятий № 1 и 2 (авторские результаты)

С помощью полученных оценок можно принять меры с целью избежать банкротства предприятия. Для этого необходимо провести план мероприятий, который заключается в следующем:

1. Показатели  $X_1$  и  $X_2$  относятся к активу баланса. Регулирование подобными показателями состоит в воздействии на перераспределение средств между оборотными активами, а также используемыми внеоборотными активами предприятия.

2. Показатели  $X_3$ ,  $X_4$  и  $X_5$  относятся к пассиву баланса. Управление такими показателями возможно как двумя сразу или одновременно всеми показателями. Регулирование подобными показателями заключается в перераспределении денег между капиталом, резервами, а также долгосрочными (краткосрочными) обязательствами предприятия. Например, снижение объемов краткосрочных обязательств возможно с привлечением кредитов и займов на долгосрочной основе.

### Заключение

В ходе работы был разработан алгоритм решения задачи динамического программирования с квадратичным отклонением. Построенная однофакторная модель позволяет организовывать процесс управления выручкой предприятия.

Данные графики демонстрируют результаты расчетов, из которых следует, что для достижения плановых устойчивых решений значений выручки можно использовать такое ограничение, как эффективность.

**Список литературы**

1. Telipenko E.V., Zakharova A.A. Bankruptcy risk management of a machine builder // *Applied Mechanics and Materials*. – 2014. – Vol. 682. – P. 17–622. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.682.617
2. Модели банкротства (диагностика и оценка вероятности банкротства) [Электронный ресурс]. – URL: [http://finance-m.info/bankruptcy\\_models.html](http://finance-m.info/bankruptcy_models.html) (дата обращения: 20.09.2022).
3. Altman E.I. *Corporate Financial Distress*. – New York: Wiley, 1983. – 368 p.
4. Altman E.I., Haldeman R.G., Narayanan P. ZETA Analysis: A New Model to Identify Bankruptcy Risk of Corporations // *Journal of Banking and Finance*. – 1977. – Vol. 1. – P. 29–54. DOI: 10.1016/0378-4266(77)90017-6
5. Altman E.I. Financial Ratios. Discriminant analysis, and the prediction of corporate bankruptcy // *Journal of Finance*. – 1968. – Vol. 23, no. 4. – P. 589–609. DOI: 10.2307/2978933
6. Четырехфакторная модель Р. Лиса оценки риска банкротства [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.beintrend.ru/2011-12-05-17-20-28> (дата обращения: 20.09.2022).
7. Мицель А.А., Соболева М.А. Анализ финансовой устойчивости предприятий сотовой связи России // *Финансовая аналитика: проблемы и решения*. – 2015. – Т. 8, № 6 (240). – С. 24–31.
8. A bankruptcy classification model for small firms / J.G. Fulmer, J. Moon, T.A. Gavin, M.J. Erwin // *Journal of Commercial Bank Lending*. – 1984. – P. 25–37.
9. Прогнозная модель платежеспособности Спрингейта [Электронный ресурс]. – URL: [http://afdanalyse.ru/publ/finansovyj\\_analiz/1/prognoznoj\\_model\\_platezhesposobnosti\\_springejta/13-1-0-39](http://afdanalyse.ru/publ/finansovyj_analiz/1/prognoznoj_model_platezhesposobnosti_springejta/13-1-0-39) (дата обращения: 21.09.2022).
10. Модель прогнозирования банкротства предприятия Спрингейта [Электронный ресурс]. – URL: <http://beintrend.ru/springate> (дата обращения: 21.09.2022).
11. Taffler R.J., Tisshaw H. Going, going, gone – four factors which predict // *Accountancy*. – 1977. – Vol. 88. – P. 50–54.
12. Модель банкротства предприятий Сайфуллина – Кадыкова [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.beintrend.ru/2011-06-20-17-05-06> (дата обращения: 21.09.2022).
13. Шеремет А.Д., Сайфулин Р.С. *Методика финансового анализа предприятия*. – М.: Дело, 1998. – 320 с.
14. Давыдова Г.В., Беликов А.Ю. Методика количественной оценки риска банкротства предприятий // *Управление риском*. – 1999. – № 3. – С. 13–20.
15. Зайцева О.П. Антикризисный менеджмент в российской фирме // *Сибирская финансовая школа*. – 1998. – № 11–12. – С. 66–73.
16. Макарьева В.И., Андреева Л.В. *Анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятия*. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 264 с.
17. Телипенко Е.В., Захарова А.А. Проблемы прогнозирования риска банкротства предприятий машиностроительного комплекса // *Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов VI Международной научно-практической конференции / Юргинский технологический институт*. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – С. 262–266.
18. Мицель А.А., Кабакин А.А. Модели риска и прогнозирования банкротства предприятия // *Управление риском*. – 2013. – № 1. – С. 44–52.
19. Важдает А.Н., Мицель А.А. Однофакторная динамическая модель управления деятельностью малого бизнеса моногорода // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2018. – Т. 17, № 5. – С. 950–966.

20. Coelli T. D.S. Prasada Rao, Battese G.E. An introduction to efficiency and productivity analysis. – Springer New York: NY, 1998. – 276 p.
21. Battese G.E., Coelli T.J. Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data // *Journal of Econometrics*. – 1988. – Vol. 38, iss. 3. – P. 387–399.
22. On the Estimation of Technical Inefficiency in Stochastic Frontier Production Function Model / J. Jondrow, C.A.K. Lovell, I.S. Materov, P. Schmidt // *Journal of Econometrics*. – 1982. – Vol. 19. – P. 233–239.
23. Малахов Д.И., Пильник Н.П. Методы оценки показателя эффективности в моделях стохастической производственной границы // *Экономический журнал ВШЭ*. – 2013. – № 4. – С. 660–686.
24. Vasanthi R., Sivasankari B., Gitanjali J. A stochastic frontier and corrected ordinary least square models of determining technical efficiency of canal irrigated paddy farms in Tamil Nadu // *Journal of Applied and Natural Science*. – 2017. – Vol. 2. – P. 658–662.
25. Рябченко А.В. Оценка эффективности страховых компаний. SFA-подход // *Вестник Хабаровской государственной академии экономики и права*. – 2012. – № 1. – С. 97–106.
26. Могилат А.Н., Ипатова И.Б. Техническая эффективность как фактор финансовой устойчивости промышленных компаний // *Прикладная эконометрия*. – 2016. – № 2 (42). – С. 5–29.
27. 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 (4). – С. 34–70.

## References

1. Telipenko E.V., Zakharova A.A. Bankruptcy risk management of a machine builder. *Applied Mechanics and Materials*, 2014, vol. 682, pp. 17-622. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.682.617>
2. Modeli bankrotstva (diagnostika i otsenka veroiatnosti bankrotstva), available at: [http://finance-m.info/bankruptcy\\_models.html](http://finance-m.info/bankruptcy_models.html) (accessed 20 September 2022).
3. Altman E.I. *Corporate Financial Distress*. New York, Wiley, 1983, 368 p.
4. Altman E.I., Haldeman R.G., Narayanan P. ZETA analysis: a new model to identify bankruptcy risk of corporations. *Journal of Banking and Finance*, 1977, vol. 1, pp. 29-54. [https://doi.org/10.1016/0378-4266\(77\)90017-6](https://doi.org/10.1016/0378-4266(77)90017-6)
5. Altman E.I. Financial Ratios. Discriminate analysis, and the prediction of corporate bankruptcy. *Journal of Finance*, 1968, vol. 23, no 4, pp. 589-609. <https://doi.org/10.2307/2978933>
6. Chetyrekhfaktornaia model' R.Lisa otsenki riska bankrotstva, available at: <http://www.beintrend.ru/2011-12-05-17-20-28> (accessed 20 September 2022).
7. Mitsel A.A., Soboleva M.A. Analysis of financial sustainability of Russian cellular communication enterprises. *J. of Financial analytics: science and experience*, 2015, vol. 8, no 6 (240), pp. 24–31.
8. Fulmer J.G, Moon J., Gavin T.A., Erwin M.J. A bankruptcy classification model for small firms. *Journal of Commercial Bank Lending*, 1984, pp. 25-37.
9. Prognoznaia model' platezhеспособности Springeitava, available at: [http://afdanalyse.ru/publ/finansovyj\\_analiz/1/prognoznaja\\_model\\_platezhеспособности\\_springejta/13-1-0-39](http://afdanalyse.ru/publ/finansovyj_analiz/1/prognoznaja_model_platezhеспособности_springejta/13-1-0-39) (accessed 21 September 2022).

10. Model' prognozirovaniia bankrotstva predpriatiia Springeita, available at: <http://beintrend.ru/springate> (accessed 20 September 2022).
11. Taffler R.J., Tisshaw H. Going, going, gone – four factors which predict. *Accountancy*, 1977, vol. 88, pp. 50-54.
12. Model' bankrotstva predpriatii Saifullina-Kadykova, available at: <http://www.beintrend.ru/2011-06-20-17-05-06> (accessed 21 September 2022).
13. Sheremet A.D., Saifulin R.S. Metodika finansovogo analiza predpriatiia [Methodology of financial analysis of the enterprise]. Moscow, Business, 1998, 320 p.
14. Davydova G.V., Belikov A.Iu. Metodika kolichestvennoi otsenki riska bankrotstva predpriatii [Methodology of quantitative assessment of the risk of bankruptcy of enterprises]. *Risk management*, 1999, no 3, pp. 13-20.
15. Zaitseva O.P. Antikrizisnyi menedzhment v rossiiskoi firme [Anti -crisis management in the Russian company]. Siberian Financial School, 1998, no 11-12, pp. 66-73.
16. Makareva V.I., Andreeva L.V. Analiz finansovo-khoziaistvennoi deiatel'nosti predpriatiia [Analysis of the financial and economic activities of the enterprise]. Moscow, Finance and statistics, 2004, 264 p.
17. Telipenko E.V., Zakharova A.A. Problemy prognozirovaniia riska bankrotstva predpriatii mashinostroitel'nogo kompleksa [Problems of predicting the risk of bankruptcy of enterprises of the engineering complex]. Innovative technologies and economics in mechanical engineering: a collection of works of the VI International Scientific and Practical Conference. Tomsk, Tomsk Polytechnic University, 2015, pp. 262-266.
18. Mitsel' A.A. Kabalin A.A. Modeli riska i prognozirovaniia bankrotstva predpriatiia [Models of risk and prediction of bankruptcy of the enterprise]. *Risk management*, 2013, no 1, pp. 44-52.
19. Vazhdaev A.N., Mitsel' A.A. One-Factor Dynamic Model to Manage Small Businesses in a Single-Industry City. *J. of Economic Analysis: theory and practice*, 2018, vol. 17, iss. 5, pp. 950–966.
20. Coelli T. D.S. Prasada Rao, Battese G.E. An introduction to efficiency and productivity analysis. Springer New York, NY, 1998, 276 p.
21. Battese G.E., Coelli T.J. Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data. *Journal of Econometrics*, 1988, vol. 38. Iss. 3, pp. 387–399.
22. Jondrow J., Lovell C.A.K., Materov I.S., Schmidt P. On the estimation of technical inefficiency in stochastic frontier production function model. *Journal of Econometrics*, 1982, vol. 19, pp. 233–239.
23. Malakhov D.I., Pilnik N.P. Methods of estimating of the efficiency in stochastic frontier models. *Ekonomicheskii zhurnal VSE*, 2013, no 4, pp. 660-686.
24. Vasanthi, R., Sivasankari, B., Gitanjali, J. A stochastic frontier and corrected ordinary least square models of determining technical efficiency of canal irrigated paddy farms in Tamil Nadu. *Journal of Applied and Natural Science*, 2017, vol. 2, pp. 658-662.
25. Riabchenko A.V. Otsenka effektivnosti strakhovykh kompanii. SFA-podkhod [Assessment of the effectiveness of insurance companies. SFA approach]. *Bulletin of the Khabarovsk state academy of economics and law*, 2012, no 1, pp. 97-106.
26. Mogilat A., Ipatova I. Technical efficiency as a factor of Russian industrial companies' risks of financial distress. *J. of Applied Econometrics*, 2016, vol. 42, pp. 5-29.
27. Aivazian S.A., Afanasiev M.Yu., Rudenko V.A. Efficiency estimation of the Russian regions based on the productive potential model including the characteristics of readiness to innovate. *J. of Economics and mathematical methods*, 2014, vol. 50, no 4, pp. 34-70.