

УДК 657.622

# Применение линейных и нелинейных экстраполяций в анализе тенденций изменения финансовой устойчивости

**НЕГАШЕВ ЕВГЕНИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ,**

кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономический анализ» Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Россия

**E-mail:** e.negashev@yandex.ru

## АННОТАЦИЯ

В статье исследуются возможности применения методов линейной и нелинейной экстраполяции в прогнозном анализе финансовой устойчивости на основе исследования тенденций ее изменения. Аналитические балансовые модели могут использоваться для выявления и измерения тенденций изменения устойчивости финансового состояния коммерческой организации. Показатели интенсивности тенденции и прогнозируемого времени приближения к границе кризисного финансового состояния, построенные с помощью аналитической балансовой модели и вычисляемые на основе данных бухгалтерского учета и отчетности, позволяют коммерческой организации обнаруживать и количественно оценивать негативные тенденции в процессе проведения анализа финансового состояния. В статье построены алгоритмы оценки тенденций снижения финансовой устойчивости коммерческой организации. Предлагаются различные алгоритмы, основанные на применении линейной и нелинейной экстраполяции финансовых показателей в зависимости от объема информации, используемой для анализа информации. Практическая значимость излагаемых алгоритмов связана с возможностью их применения для оценки времени, в течение которого действие негативных тенденций может привести к кризисному финансовому состоянию и которое служит существенным параметром для разработки плана финансового оздоровления.

**Ключевые слова:** линейная экстраполяция, нелинейная экстраполяция, критериальная функция финансовой устойчивости, показатель обеспеченности запасов общей величиной основных источников формирования, движение к кризисному финансовому состоянию, скорость изменения показателя финансовой устойчивости, ускорение изменения показателя финансовой устойчивости, кинематическая модель равноускоренного изменения показателя, динамическая ситуация сочетания скоростей изменения показателя финансовой устойчивости в смежных периодах, погрешности аппроксимирующей функции при ретроспективных расчетах.

## Application of Linear and Nonlinear Extrapolations in Analyzing the Trends of Changes in Financial Stability

**EVGENY V. NEGASHEV,**

Ph.D. (Economics), Associate Professor of the Department of Economic Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation, Russia, Moscow

**E-mail:** e.negashev@yandex.ru

## ABSTRACT

The article researches the possibilities of applying the methods of linear and nonlinear extrapolation in the predictive analysis of a company's financial stability based on the study of its trends. Analytical balance models

can be used to detect and measure the trends of the changes in the financial state of a company. The indicators of trends intensity and the projected time to approach the border of the crisis financial condition built using the analytical balance model which are calculated on the basis of accounting and reporting data, allow commercial organizations to detect and quantify the negative trends when conducting the financial analysis. The author develops several algorithms to evaluating the trends of decrease of commercial organization's financial stability. The article offers several algorithms based on application of linear and non-linear extrapolation of financial indicators depending on the amount of the information used for analysis.

The practical significance of the proposed algorithms is related to their applicability to estimate the period of time during which the action of negative trends may lead to the crisis in the financial position of a company. This time period is an essential parameter for developing a financial recovery plan.

**Keywords:** linear extrapolation, non-linear extrapolation, criterion function of financial stability, ratio of stocks to a total value of the major sources of formation, movement to the crisis financial condition, rate of change of the financial stability indicator, accelerated rate of change of the financial stability indicator, kinematic model of uniformly accelerated change of the indicator, dynamic situation of a combination of the rates of change of the financial stability indicator in adjacent periods, errors when using an approximating function in retrospective calculations.

## Введение

Анализ тенденции изменения финансовой устойчивости коммерческой организаций предполагает идентификацию тенденции, которая осуществляется путем построения аппроксимации выбранной критериальной функции финансовой устойчивости на основе отчетных данных, и прогноз будущих результатов действия тенденции. В случае краткосрочного прогноза действия тенденции может быть применена экстраполяция аппроксимирующей функции, т.е. расчет значений аппроксимирующей функции для будущих моментов времени (например, для будущих отчетных дат). При этом предполагается наличие инерции тенденции изменения финансовой устойчивости, т.е. сохранение вида и параметров тенденции в прогнозном периоде. В зависимости от доступных для анализа отчетных данных для прогноза результатов тенденции на основе линейной аппроксимирующей функции применяется линейная экстраполяция, для прогноза на основе нелинейной аппроксимирующей функции — нелинейная экстраполяция. С помощью линейной и нелинейной экстраполяции оцениваются интенсивность негативной тенденции изменения финансовой устойчивости (если такая тенденция идентифицирована) и прогнозное время приближения к неустойчивому или кризисному финансовому состоянию.

Предлагаемая методика анализа тенденций изменения финансовой устойчивости использует детерминированные точечные оценки тенденций, поскольку рассматриваемые факторы финансовой устойчивости являются для коммерческой организации объектами финансового планирования и управления.

## 1. Анализ тенденций изменения финансовой устойчивости на основе линейной экстраполяции

Согласно классификации финансовых ситуаций по степени устойчивости [1, с. 33–38] кризисное финансовое состояние наступает при нарушении следующего условия для показателя обеспеченности запасов общей величиной основных источников формирования:

$$\delta E^{\Sigma} = E^{\Sigma} - E^3 = ((K^C - F) + K^{DO} + K^{KK}) - E^3 \geq 0, \quad (1)$$

где  $\delta E^{\Sigma}$  — показатель обеспеченности запасов основными источниками формирования, равный разнице общей величины основных источников формирования запасов и величины запасов;

$E^{\Sigma}$  — общая величина основных источников формирования запасов, равная сумме собственных оборотных средств, долгосрочных обязательств и краткосрочных кредитов и займов;

$E^3$  — запасы;

$K^C$  — реальный собственный капитал (чистые активы);

$F$  — внеоборотные активы, объединенные с долгосрочной дебиторской задолженностью;

$K^{ДО}$  — долгосрочные обязательства;

$K^{КК}$  — краткосрочные кредиты и займы.

Поэтому экономический смысл алгоритма оценки тенденции приближения к кризисному финансовому состоянию связан с анализом уровня и динамики показателя обеспеченности запасов общей величиной основных источников формирования. Неблагоприятная тенденция изменения финансовой устойчивости идентифицируется условиями, когда в конце отчетного периода указанный показатель положителен (отсутствуют признаки кризисного финансового состояния), но изменение показателя за отчетный период  $[t, t + \Delta t]$  отрицательно, т.е. имеет место движение к кризисному финансовому состоянию [2, с. 166]:

$$\begin{cases} \delta E_{t+\Delta t}^{\Sigma} > 0, \\ \Delta(\delta E^{\Sigma}) = \delta E_{t+\Delta t}^{\Sigma} - \delta E_t^{\Sigma} < 0, \end{cases} \quad (2)$$

где  $\delta E_{t+\Delta t}^{\Sigma}$  — значение показателя обеспеченности запасов основными источниками формирования на начало отчетного периода;

$\Delta(E^{\Sigma})$  — изменение показателя обеспеченности запасов основными источниками формирования за отчетный период;

$\delta E_t^{\Sigma}$  — значение показателя обеспеченности запасов основными источниками формирования на конец отчетного периода.

Модель основана на линейной экстраполяции показателя  $\delta E^{\Sigma}$  за пределы отчетного периода, т.е. на предположении, что  $\delta E^{\Sigma}$  изменяется линейно и соответственно в следующем периоде (или периодах) показатель будет изменяться (уменьшаться) со скоростью

$$v(\delta E^{\Sigma}) = \frac{\Delta(\delta E^{\Sigma})}{\Delta t} < 0, \quad (3)$$

где  $v(\delta E^{\Sigma})$  — скорость изменения показателя обеспеченности запасов основными источниками формирования в отчетном периоде.

Скорость  $v(\delta E^{\Sigma})$  интерпретируется в модели как показатель интенсивности неблагоприятной

тенденции. При неизменной скорости  $v(\delta E^{\Sigma})$  в следующих за отчетным периодах (при сохранении интенсивности тенденции) коммерческая организация достигнет границы кризисного финансового состояния через критическое время [3, с. 159]:

$$T^{кп} = \frac{\delta E_{t+\Delta t}^{\Sigma}}{|v(\delta E^{\Sigma})|}, \quad (4)$$

где  $T^{кп}$  — критическое время достижения границы кризисного финансового состояния.

Оценки (3), (4) основываются на следующей линейной аппроксимации показателя  $\delta E^{\Sigma}$  по аргументу времени  $\tau$  (в данном случае для аргумента времени используется новое обозначение, чтобы отличить его от отчетной даты  $(t + \Delta t)$ ):

$$\delta E_{t+\Delta t+\tau}^{\Sigma} = \delta E_{t+\Delta t}^{\Sigma} + v(\delta E^{\Sigma}) \cdot \tau, \quad (5)$$

где  $\delta E_{t+\Delta t+\tau}^{\Sigma}$  — значение показателя обеспеченности запасов основными источниками формирования через время  $\tau$  после окончания отчетного периода (для ретроспективной аппроксимации параметр  $\tau$  принимает отрицательное значение);

$\tau$  — аргумент времени, рассматриваемый как параметр аппроксимации и принимающий как положительные, так отрицательные значения.

Аппроксимация (5) применяется для линейной экстраполяции показателя  $\delta E^{\Sigma}$  за пределами отчетного периода.

Показатель  $T^{кп}$  — это линейная оценка времени приближения к границе кризисного финансового состояния, поэтому она дает ориентир для подготовки плана улучшения финансового состояния коммерческой организации. В течение времени  $T^{кп}$  коммерческая организация должна обеспечить такие финансовые результаты, такое снижение уровня запасов или такое привлечение долгосрочных источников финансирования, которые позволят ей удалиться от границы кризисного финансового состояния.

## 2. Анализ тенденций изменения финансовой устойчивости на основе нелинейной экстраполяции

В общем случае показатели финансовой устойчивости коммерческой организации могут из-

меняться нелинейно [4, с. 70]. В такой ситуации для построения прогноза приближения к кризисному финансовому состоянию необходимо использовать не только скорости изменения показателей финансовой устойчивости, но также величины их ускорения или замедления за ряд отчетных периодов, предшествующих прогнозному периоду.

Рассмотрим кинематическую модель равноускоренного движения, применимую к показателю любого процесса при условии, что могут быть определены скорость и ускорение изменения величины показателя:

$$x = x_0 + v_0 \tau + \frac{a}{2} \tau^2, \quad (6)$$

где  $x$  и  $x_0$  — значения показателя в моменты времени  $\tau$  и  $0$ ;

$v_0$  — скорость изменения показателя в момент  $0$ ;

$a$  — ускорение показателя (скорость изменения его скорости), которое в модели (6) предполагается постоянным.

Применим модель (6) для аппроксимации абсолютного показателя финансовой устойчивости (показателя обеспеченности запасов общей величиной основных источников формирования). В этом случае будем считать, что  $x_0$  соответствует значению показателя финансовой устойчивости на конец отчетного периода (т.е. временная шкала выбрана таким образом, чтобы  $(t + t) = 0$ ):

$$x_0 = \delta E_{t+\Delta t}^\Sigma > 0. \quad (7)$$

Заменим мгновенную скорость  $v_0$  в модели (6) на среднюю скорость изменения показателя финансовой устойчивости за отчетный период:

$$v_0(\delta E^\Sigma) = \frac{\delta E_{t+\Delta t}^\Sigma - \delta E_t^\Sigma}{(t + \Delta t) - t} = \frac{\delta E_{t+\Delta t}^\Sigma - \delta E_t^\Sigma}{\Delta t}, \quad (8)$$

где  $v_0(\delta E^\Sigma)$  — скорость изменения показателя обеспеченности запасов основными источниками формирования в момент  $0$ .

Замена мгновенной скорости на среднюю создает погрешность в модели (6). Снизить погрешность можно, например, рассчитывая

среднюю скорость изменения показателя обеспеченности запасов общей величиной основных источников формирования по данным последнего месяца отчетного года.

Ускорение (или замедление) изменения показателя финансовой устойчивости рассчитывается на основе средней скорости показателя в отчетном периоде и средней скорости в периоде, предшествующем отчетному:

$$a(\delta E^\Sigma) = \frac{v_0(\delta E^\Sigma) - v_{-1}(\delta E^\Sigma)}{\Delta t}, \quad (9)$$

где  $a(\delta E^\Sigma)$  — ускорение (или замедление) показателя обеспеченности запасов основными источниками формирования;

$v_{-1}(\delta E^\Sigma)$  — средняя скорость изменения показателя финансовой устойчивости в периоде, предшествующем отчетному, рассчитываемая следующим образом:

$$v_{-1}(\delta E^\Sigma) = \frac{\delta E_t^\Sigma - \delta E_{t-\Delta t}^\Sigma}{t - (t - \Delta t)} = \frac{\delta E_t^\Sigma - \delta E_{t-\Delta t}^\Sigma}{\Delta t}, \quad (10)$$

где  $\delta E_{t-\Delta t}^\Sigma$  — значение показателя финансовой устойчивости на начало периода, предшествующего отчетному.

Расчет ускорения (9) также является достаточно приближенным. Снизить погрешность расчета можно, рассчитывая ускорение показателя финансовой устойчивости на основе средних скоростей, определенных для каждого из двух последних месяцев отчетного года.

Далее для простоты будем обозначать показатели  $v_0(\delta E^\Sigma)$ ,  $v_{-1}(\delta E^\Sigma)$  и  $a(\delta E^\Sigma)$  соответственно как  $v_0$ ,  $v_{-1}$  и  $a$ .

Нелинейная аппроксимация показателя  $\delta E^\Sigma$  по аргументу времени  $\tau$  на основе кинематической модели (6) (при условии, что временная шкала выбрана таким образом, чтобы  $(t + t) = 0$ ) выглядит следующим образом:

$$\delta E_{t+\Delta t+\tau}^\Sigma = \delta E_{t+\Delta t}^\Sigma + v_0 \cdot \tau + \frac{a}{2} \cdot \tau^2. \quad (11)$$

Прогноз времени приближения к кризисному финансовому состоянию с помощью модели (11) строится путем решения квадратного уравнения для неизвестной величины  $\tilde{T}^{kp}$  (точнее путем

выбора одного из решений квадратного уравнения в ходе анализа динамической ситуации) [1, с. 101]:

$$\delta E_{t+\Delta t}^{\Sigma} + v_0 \cdot \tilde{T}^{\text{кр}} + \frac{a}{2} \cdot (\tilde{T}^{\text{кр}})^2 = 0, \quad (12)$$

где  $\tilde{T}^{\text{кр}}$  — критическое время приближения к границе кризисного финансового состояния, определяемое на основе нелинейной экстраполяции показателя  $\delta E^{\Sigma}$ .

Уравнение (12) означает, что через время  $\tilde{T}^{\text{кр}}$  после окончания отчетного периода коммерческая организация достигнет границы кризисного финансового состояния при условии, что ускорение (или замедление) изменения показателя финансовой устойчивости является постоянной величиной:

$$\delta E_{t+\Delta t+\tilde{T}^{\text{кр}}}^{\Sigma} = 0, \quad (13)$$

где  $\delta E_{t+\Delta t+\tilde{T}^{\text{кр}}}^{\Sigma}$  — значение показателя обеспеченности запасов основными источниками формирования через время  $\tilde{T}^{\text{кр}}$  после окончания отчетного периода.

Показатель  $\tilde{T}^{\text{кр}}$  — это нелинейная оценка времени приближения коммерческой организации к границе кризисного финансового состояния, основанная на нелинейной (в данном случае параболической) экстраполяции показателя  $\delta E^{\Sigma}$  за пределы отчетного периода, т.е. на предположении, что изменение  $\delta E^{\Sigma}$  описывается параболой (11).

Запишем решение уравнения (12) в общем виде:

$$\tilde{T}^{\text{кр}} = \frac{-v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2a \cdot \delta E_{t+\Delta t}^{\Sigma}}}{a}. \quad (14)$$

Выражение (14) в общем случае может означать наличие двух решений квадратного уравнения (12), одно из которых необходимо выбрать в качестве прогнозного времени приближения коммерческой организации к границе кризисного финансового состояния. Возможен также случай, когда ни одно из решений не может рассматриваться в качестве искомого прогноза.

Рассмотрение возможных динамических ситуаций, характеризующихся различными

сочетаниями скоростей изменения показателя финансовой устойчивости в отчетном периоде и в периоде, предшествующем отчетному, позволяет доказать, что в большинстве случаев прогнозное время приближения коммерческой организации к границе кризисного финансового состояния должно рассчитываться по формуле

$$\tilde{T}^{\text{кр}}(1) = \frac{-v_0 - \sqrt{v_0^2 - 2a \cdot \delta E_{t+\Delta t}^{\Sigma}}}{a}. \quad (15)$$

В случае, если снижение показателя финансовой устойчивости в предшествующем периоде сменилось увеличением показателя в отчетном периоде:

$$\begin{cases} v_0 > 0, \\ v_{-1} < 0, \end{cases} \quad (16)$$

имеем

$$[(v_0 - v_{-1}) > 0] \Rightarrow [a > 0]. \quad (17)$$

В данной ситуации парабола вогнута вниз, т.е. вершина параболы совпадает с минимальным значением показателя финансовой устойчивости, которое было достигнуто в отчетном или предшествующем периоде. Поэтому в рамках выбранной нелинейной экстраполяции прогнозируется рост показателя финансовой устойчивости в будущем периоде, т.е. **отсутствует тенденция** приближения к границе кризисного финансового состояния.

Если в отчетном периоде показатель финансовой устойчивости снижался медленнее, чем в предшествующем периоде:

$$\begin{cases} v_0 < 0, \\ v_{-1} < 0, \\ |v_0| < |v_{-1}|, \end{cases} \quad (18)$$

имеем

$$[(v_0 - v_{-1}) > 0] \Rightarrow [a > 0] \quad (19)$$

В данной ситуации парабола вогнута вниз, т.е. вершина параболы совпадает с

минимальным значением показателя финансовой устойчивости, которое будет достигнуто в будущем периоде. Возможны три варианта данной ситуации:

а) дискриминант квадратного уравнения (12) положителен:

$$v_0^2 - 2a \cdot \delta E_{t+\Delta t}^\Sigma > 0, \quad (20)$$

т.е.

$$\delta E_{t+\Delta t}^\Sigma < \frac{v_0^2}{2a}. \quad (21)$$

Тогда прогнозным временем достижения границы кризисного финансового состояния будет меньшее из двух решений квадратного уравнения (12) (меньшее по величине решение выбирается с учетом знака, а при определении знака выражения рассматриваются знак числителя и знак знаменателя):

$$\tilde{T}^{\text{кр}}(1) = \frac{-v_0 - \sqrt{v_0^2 - 2a \cdot \delta E_{t+\Delta t}^\Sigma}}{a}; \quad (22)$$

б) дискриминант квадратного уравнения (12) равен нулю:

$$v_0^2 - 2a \cdot \delta E_{t+\Delta t}^\Sigma = 0, \quad (23)$$

т.е.

$$\delta E_{t+\Delta t}^\Sigma = \frac{v_0^2}{2a}. \quad (24)$$

Тогда прогнозным временем достижения границы кризисного финансового состояния будет единственное решение квадратного уравнения (12):

$$\tilde{T}^{\text{кр}}(2) = -\frac{v_0}{a}; \quad (25)$$

в) дискриминант квадратного уравнения (12) отрицателен:

$$v_0^2 - 2a \cdot \delta E_{t+\Delta t}^\Sigma < 0, \quad (26)$$

т.е.

$$\delta E_{t+\Delta t}^\Sigma > \frac{v_0^2}{2a}. \quad (27)$$

Тогда оба решения уравнения (12) мнимы (являются комплексными числами). Минимальное значение показателя финансовой устойчивости положительно, поэтому в рамках выбранной нелинейной экстраполяции тенденция временного снижения показателя финансовой устойчивости не приводит к достижению границы кризисного финансового состояния.

Если в отчетном периоде показатель финансовой устойчивости увеличивался быстрее, чем в предшествующем периоде:

$$\begin{cases} v_0 > 0, \\ v_{-1} > 0, \\ v_0 > v_{-1}, \end{cases} \quad (28)$$

имеем

$$[(v_0 - v_{-1}) > 0] \Rightarrow [a > 0]. \quad (29)$$

В данной ситуации парабола вогнута вниз, т.е. вершина параболы совпадает с минимальным значением показателя финансовой устойчивости, которое было достигнуто в отчетном или предшествующем периоде. Поэтому в рамках выбранной нелинейной экстраполяции прогнозируется рост показателя финансовой устойчивости в будущем периоде, т.е. отсутствует тенденция приближения к границе кризисного финансового состояния.

Часто прогноз показателя финансовой устойчивости на основе нелинейной экстраполяции, построенный на основе экстраполяции аппроксимирующей функции (11)

$$\delta E_{t+\Delta t+\tau}^\Sigma = \delta E_{t+\Delta t}^\Sigma + v_0 \cdot \tau + \frac{a}{2} \cdot \tau^2, \quad (30)$$

при ретроспективных расчетах дает большие погрешности, связанные с использованием в качестве скорости и ускорения изменения показателя финансовой устойчивости средних величин (средней скорости и среднего ускорения), а не мгновенных. В этом случае необходимо

уточнить аппроксимирующую функцию таким образом, чтобы она обеспечивала высокую точность при ретроспективных расчетах показателя финансовой устойчивости. Уточненная аппроксимирующая функция при прочих равных условиях позволит оценить время приближения к кризисному финансовому состоянию с большей надежностью.

Значению показателя финансовой устойчивости на начало отчетного периода должны соответствовать скорость  $\tilde{v}_0$  и ускорение  $\tilde{a}$  его изменения, удовлетворяющие уравнению

$$\delta E_t^\Sigma = \delta E_{t+\Delta t}^\Sigma + \tilde{v}_0 \cdot (-\Delta t) + \frac{\tilde{a}}{2} \cdot (-\Delta t)^2, \quad (31)$$

где  $\tilde{v}_0$  — уточненное значение скорости изменения показателя финансовой устойчивости;

$\tilde{a}$  — уточненное значение ускорения показателя финансовой устойчивости.

Значению показателя финансовой устойчивости на начало периода, предшествующего отчетному, должны соответствовать скорость  $\tilde{v}_0$  и ускорение  $\tilde{a}$  его изменения, удовлетворяющие уравнению

$$\delta E_{t-\Delta t}^\Sigma = \delta E_{t+\Delta t}^\Sigma + \tilde{v}_0 \cdot (-2\Delta t) + \frac{\tilde{a}}{2} \cdot (-2\Delta t)^2. \quad (32)$$

Решая систему уравнений (31) и (32), можно найти скорость  $\tilde{v}_0$  и ускорение  $\tilde{a}$ , обеспечивающие высокую точность ретроспективных расчетов.

### Литература

1. *Негашев Е.В.* Аналитическое моделирование финансового состояния компании: монография. М.: Инфра-М, 2013. 186 с.
2. *Шеремет А.Д., Негашев Е.В.* Методика финансового анализа деятельности коммерческих организаций. М.: Инфра-М, 2003. 237 с.
3. *Негашев Е.В.* Анализ финансового состояния промышленных предприятий в условиях рыночной экономики: дис. ... канд. экон. наук. М., 1991. 200 с. URL: <http://www.znaniium.com/> (дата обращения: 16.12.2015).
4. *Негашев Е.В.* Анализ финансов предприятия в условиях рынка: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1997. 192 с.

### References

1. *Negashev E.V.* Analiticheskoe modelirovanie finansovogo sostoianii kompanii :monografiia [Analytical modeling of financial state of a company: monograph]. Moscow, Infra-M — Infra-M, 2013, 186 p. (in Russ.).
2. *Sheremet A.D., Negashev E.V.* Metodika finansovogo analiza deiatel'nosti kommercheskikh organizatsii [Methods of financial analysis of a commercial organization's activity]. Moscow, Infra-M — Infra-M, 2003, 237 p. (in Russ.).
3. *Negashev E.V.* Analiz finansovogo sostoianii promyshlennykh predpriatii v usloviakh rynochnoi ekonomiki: dis. ... kand. ekon. nauk [Analysis of financial state of enterprises under market conditions: PhD Thesis in economics]. Moscow, 1991, 200 p. URL: <http://www.znaniium.com/> (accessed: 16.12.2015).
4. *Negashev E.V.* Analiz finansov predpriatii v usloviakh rynka [Analysis of company finance under market conditions]. Moscow, Vysshiaia shkola — Higher School, 1997, 192 p. (in Russ.).