

УДК 51-77

АДАПТИВНЫЙ ТАРГЕТ-АНАЛИЗ ПРОГНОЗНЫХ ВАРИАНТОВ ОЖИДАЕМОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Давнис Валерий Владимирович, д-р экон. наук, проф.

Белокопытова Татьяна Николаевна, асп.

Чекмарев Артем Витальевич, асп.

Воронежский государственный университет, Университетская пл., 1, Воронеж,
394018; e-mail: vdavnis@mail.ru

Цель: дать описание нового метода сравнительного анализа прогнозных вариантов, формируемых с помощью адаптивно-таргетированных регрессионных моделей и показать возможность его практического применения. *Обсуждение:* приводится достаточно подробное описание процедуры адаптивного регрессионного анализа и на его основе предлагается двухшаговая процедура сравнительного анализа авторегрессионной модели, полученной после таргетирования с этой же самой моделью до таргетирования. Результаты анализа, как правило, хорошо интерпретируются, позволяя понять на качественном уровне основные различия между прошлым периодом и ожидаемой реальностью, характеристики которой предусматриваются прогнозным образом. Приведены результаты расчетов, иллюстрирующих возможность практического использования предлагаемой методики сравнительного анализа. *Результаты:* разработана процедура экономического анализа ожидаемого будущего, описываемого многовариантной структурой прогнозного образа.

Ключевые слова: прогноз, прогнозный образ, адаптивное таргетирование, сравнительный анализ.

DOI: 10.17308/meps.2020.5/2359

Введение

Эконометрические модели в настоящее время получили самое широкое распространение в анализе сложных экономических закономерностей. Они являются хорошим дополнением экономического анализа на качественном уровне. Как правило, с их помощью удается проверить соответствие теоретических предпосылок реальному характеру взаимодействия исследуемых процессов. Без сомнения, использование количественных оценок приводит к углублению анализа и повышению его достоверности, но вы-

вод об углублении и обоснованности получаемых результатов можно делать только в том случае, если используемые регрессионные модели демонстрируют адекватность моделируемому процессу. В случае неадекватности модели анализ на ее основе будет чисто формальным, а результаты такого анализа нельзя применять к реальному процессу. Поэтому в эконометрическом моделировании этапу анализа полученных результатов предшествует этап, предусматривающий тестирование модели на адекватность. Стандартная процедура, предусмотренная в обычном регрессионном анализе, осуществляется с помощью известного F-критерия Фишера. Если окажется, что модель неадекватна, то необходимо провести её корректировку или радикальный пересмотр основных предположений, в соответствии с которыми строилась модель.

В отличие от регрессионного анализа, применимого к любому набору статистических наблюдений, адаптивный регрессионный анализ применяется только к временным рядам. Методика адаптивного регрессионного анализа сложнее методики регрессионного анализа, так как в ней используется более сложная аналитика и специфический подход к интерпретации. В адаптивном таргет-анализе используется аналитика адаптивного анализа, но в специфическом варианте, который требует специального рассмотрения.

Перед нами стоит задача оценки адекватности адаптивно-таргетированной модели. Процедура тестирования такой модели на адекватность не известна. Но наличие адаптивного механизма в этой модели ориентирует на рассмотрение подобной процедуры, которая применяется при построении адаптивных регрессионных моделей. Вопрос об адекватности адаптивных моделей рассматривался только в монографии В.В. Давниса, В.И. Тиняковой [5]. В соответствии с подходом, который описан в этой монографии, если окажется, что модель с коэффициентами, рассчитанными для периода, предшествующего текущему, была тоже адекватной, то в этом случае адаптивный механизм уловил изменения, происходящие в закономерностях формирования моделируемого показателя, и характер зафиксированных изменений имеет содержательный смысл. В случае же, если модель предшествующего периода была неадекватной, то ее коррекция в результате реакции адаптивного механизма на эту неадекватность, скорее всего, является формальным уточнением модели, не несущим в себе содержательного смысла.

Таким образом, первый случай – это тот случай, когда в модели содержится дополнительная информация об изменениях, которые происходят в изучаемом процессе, а во втором – такой информации нет. При проведении анализа с помощью адаптивной модели особый интерес представляет в основном первый случай. Именно в этом случае можно понять, что происходит с динамикой моделируемого процесса.

Нетрудно понять, что многофакторные адаптивные модели по анало-

гии с обычными регрессионными моделями, устанавливают величину влияния факторов, которые были включены в модель, на моделируемый показатель. Но различие между обычной регрессионной моделью и адаптивной есть и это различие достаточно существенное. В линейной модели коэффициент регрессии показывает, насколько изменится моделируемый показатель, если фактор изменился на единицу. В адаптивной модели степень влияния фактора делится на две составляющих, одну из которых обычно называют интенсивной, а вторую называют экстенсивной. Эти две составляющих легко выделяются в адаптивной модели, так как её коэффициенты с течением времени изменяют свою величину. А это, по сути, эквивалентно изменению эффективности влияния факторов на моделируемый показатель. Таким образом, становится понятно, что адаптивный механизм улавливает эти изменения, предоставляя тем самым возможность содержательной интерпретации этих двух составляющих.

Говоря о возможности использования в анализе динамики экономических процессов адаптивной регрессионной модели, мы хорошо понимаем, что идеи такого анализа вполне применимы к ситуации, когда регрессионная модель подвергается операции адаптивного таргетирования, под которой мы понимаем корректировку модели в соответствии с целевой установкой по ожидаемому развитию моделируемого процесса в будущем. Поэтому сначала рассмотрим методы анализа на основе адаптивной регрессионной модели, а затем по аналогии опишем один из возможных вариантов методики анализа результатов адаптивного таргетирования.

Основы адаптивного анализа

Идею адаптивного анализа на формальном уровне можно реализовать несколькими способами [5]. Рассмотрим один из этих способов. Для получения выражения, на основе которого строится методика адаптивного анализа, выпишем уравнение регрессии с изменяющимися во времени коэффициентами:

$$y_t = b_{0t} + \sum_{i=1}^m b_{it} x_{it} \quad (1)$$

где y_t – значение моделируемого показателя в момент t ; x_{it} – значение i -го фактора в момент t ; b_{it} – текущее значение i -го коэффициента регрессии ($i=0, 1, \dots, m$).

Рекуррентная формула, в соответствии с которой осуществляется адаптивное преобразование коэффициентов регрессионной модели [5], здесь не выписана в силу того, что в процедуре адаптивного анализа она не используется. Но для того, чтобы было понятно, что в этой записи предусмотрено изменение значений коэффициентов во времени, использован индекс t . Нас интересует вопрос: под воздействием каких механизмов происходит изменение моделируемого показателя в адаптивной модели и отличие этих механизмов от пропорционального механизма линейной регрессии. Исследуем эти механизмы.

Коэффициенты этой адаптивной модели имеют дискретный характер

изменения. Для анализа этого изменения построим разностную аппроксимацию полного дифференциала функции y_t . С этой целью выпишем разность между двумя соседними по времени значениями y_t и y_{t-1} , которые были получены с помощью адаптивной модели:

$$y_t - y_{t-1} = b_{ot} - b_{ot-1} + \sum_{i=1}^m (b_{it}x_{it} - b_{it-1}x_{it-1}). \quad (2)$$

Анализ полученного выражения позволяет сделать вывод о том, что на изменение значения моделируемого показателя y_t влияние оказывают как изменение факторов модели, так и изменения её коэффициентов. Поэтому для понимания этого параллельного механизма воздействия на значение модели y_t рассмотрим все возможные варианты разностей между текущими и предшествующими значениями коэффициентов и факторов. Для этого запишем следующих два равенства:

$$y_t - y_{t-1} = b_{ot} - b_{ot-1} + \sum_{i=1}^m (b_{it}x_{it} - b_{it}x_{it-1}) + (b_{it}x_{it-1} - b_{it-1}x_{it-1}), \quad (3)$$

$$y_t - y_{t-1} = b_{ot} - b_{ot-1} + \sum_{i=1}^m (b_{it}x_{it} - b_{it-1}x_{it}) + (b_{it-1}x_{it} - b_{it-1}x_{it-1}). \quad (4)$$

Между собой эти равенства эквивалентны. Оба получены из (2). Но первое получено добавлением и вычитанием $b_{it}x_{it-1}$, а второе – соответственно добавлением и вычитанием величины $b_{it-1}x_{it}$.

Если теперь эти равенства сложить и провести незначительные преобразования полученного результата, то получаем возможность анализировать следующее выражение:

$$y_t - y_{t-1} = \Delta b_{ot} + \sum_{i=1}^m \left(\frac{b_{it} + b_{it-1}}{2} \Delta x_{it} + \frac{x_{it} + x_{it-1}}{2} \Delta b_{it} \right), \quad (5)$$

в котором через Δb_{ot} , Δb_{it} , Δx_{it} обозначены разности между коэффициентами и факторами соответственно.

Перейдем к рассмотрению содержательного смысла полученного выражения, опуская интерпретацию изменения свободного члена. В записанной сумме первое слагаемое показывает, на какую величину в среднем изменится моделируемый показатель в случае, когда фактор изменился на Δx_{it} . Второе слагаемое в этой же сумме показывает, на какую величину изменится моделируемый показатель, если эффективность фактора изменилась на Δb_{it} . Заметим, что в выражении, с помощью которого мы осуществляем анализ, не учитывается влияние произведения $\Delta x_{it} \Delta b_{it}$. Неявно предполагается, что совместное влияние распределено равномерно по составляющим роста. Если же это предположение нарушается, то приходится апеллировать к тому, что значения Δx_{it} и Δy_{it} как правило, небольшие, в силу чего искажениями, которые могут иметь место в усредненных расчетах, можно пренебречь.

Выражение, которое мы использовали для анализа, было получено из абсолютных значений моделируемого процесса и факторов. Поэтому его использование не во всех случаях сможет обеспечить сопоставимость между

анализируемыми показателями. Для того, чтобы обеспечить сопоставимость результатов анализа, преобразуем это выражение таким образом, чтобы оно отражало взаимосвязь анализируемых процессов в относительных величинах. С этой целью проведем следующее преобразование данного выражения.

Сначала осуществим деление обеих его частей (свободного члена и суммы) на y_{t-1} , а затем под знаком суммы первое слагаемое разделим и умножим на x_{it-1} , а второе слагаемое разделим и умножим на b_{it-1} . Одновременно член Δb_{ot} , стоящий перед суммой, разделим и умножим на b_{ot-1} . После выполнения всех этих операций получим:

$$\frac{\Delta y_t}{y_{t-1}} = \frac{b_{ot-1}}{y_{t-1} b_{ot-1}} \Delta b_{ot} + \sum_{i=1}^m \left(\frac{b_{it}+b_{it-1}}{2} \frac{x_{it-1}}{y_{t-1} x_{it-1}} \frac{\Delta x_{it}}{x_{it-1}} + \frac{x_{it}+x_{it-1}}{2} \frac{b_{it-1}}{y_{t-1} b_{it-1}} \frac{\Delta b_{it}}{b_{it-1}} \right). \quad (6)$$

Результирующая формула дает представление о разложении темпа прироста показателя y_t по факторам с учетом изменяющейся во времени их эффективности. Причем вклад факторов в темп, с которым изменяется моделируемый показатель, измеряется с помощью двух составляющих. Первая составляющая представляет собой вклад за счет величины темпа прироста самого фактора, а вторая – за счет величины, представляющей собой темп изменения эффективности этого же фактора.

В силу такого понимания механизма влияния факторов на изменение моделируемого показателя первое слагаемое под знаком суммы:

$$L_{it} = \frac{b_{it}+b_{it-1}}{2} \frac{x_{it-1}}{y_{t-1} x_{it-1}} \frac{\Delta x_{it}}{x_{it-1}}, \quad (7)$$

следует интерпретировать как величину экстенсивной составляющей вклада соответствующего фактора в темп прироста показателя, а второе слагаемое

$$I_{it} = \frac{x_{it}+x_{it-1}}{2} \frac{b_{it-1}}{y_{t-1} b_{it-1}} \frac{\Delta b_{it}}{b_{it-1}} \quad (8)$$

– как величину интенсивной составляющей. Используемая терминология «экстенсивная» и «интенсивная» является условной, поэтому в конкретных исследованиях эти термины могут быть заменены отличными от этих, но все же имеющими содержательный смысл, хотя и другой.

Таким образом каждый фактор модели обладает двойным влиянием на моделируемый показатель. Если по всем факторам модели просуммировать отдельно экстенсивные составляющие их влияния, то полученная величина

$$L_t = \sum_{i=1}^m L_{it} \quad (9)$$

будет представлять ту долю в темпе прироста показателя, которая сформирована за счет экстенсивных составляющих всей совокупности факторов, которые были включены в модель, а величина

$$I_t = \sum_{i=1}^m I_{it} \quad (10)$$

представляет соответственно ту долю темпа прироста, которая сформирована с помощью интенсивных составляющих тех же самых факторов. Полученное представление, по сути, нужно понимать как важное уточнение основных характеристик, обеспечивающих динамику исследуемого процесса. Особый интерес возможности подобного представления влияния факторов на динамику показателя в том, что эта возможность, по сути, является основой создания нового инструмента количественного анализа происходящих в динамике показателей качественных изменений.

Слагаемое $(\Delta b_{0t}/y_{t-1}) \cdot (\Delta b_{0t}/b_{0t-1})$ не удастся интерпретировать в общем ключе, поэтому его анализ рассматривается отдельно. В большинстве случаев результаты этого отдельного анализа не имеют достаточно обоснованного объяснения, в силу чего изменение этого параметра связывают с влиянием неучтенных факторов.

Основные идеи адаптивного анализа понятны. Теперь рассмотрим возможность применения этих идей в тех случаях, когда для расчетов прогнозных оценок используются авторегрессионные модели, в которых предусмотрен механизм адаптивного таргетирования [12].

Адаптивный таргет-анализ

На первый взгляд, может показаться, что применение процедуры адаптивного анализа без проблем можно применять к модели адаптивного таргетирования. Однако с этой точкой зрения полностью согласиться нельзя. Чтобы понять возникающую при этом проблему, перейдем к рассмотрению вопроса, связанного с анализом количественных изменений, которые отражаются в прогнозной модели после того, как была проведена процедура таргетирования. Известно и об этом говорилось выше, что операция таргетирования осуществляется с помощью адаптивного механизма, который предусмотрен в прогнозной модели. В результате этой операции изменяются коэффициенты модели и, следовательно, изменяется тенденция, описываемая расчетными значениями модели. Особый интерес вызывает изменение коэффициента авторегрессии b_{jt} , который в содержательной интерпретации понимается как параметр, характеризующий степень зависимости будущего, представляемого прогнозными расчетами, от прошлого. Целевые установки, с помощью которых осуществляется операция таргетирования, практически задают характер желаемых изменений этого параметра. Чтобы проанализировать характер возможных изменений, необходимо записать разность между значениями прогнозируемого показателя до операции таргетирования и после этой операции. Но первый расчет после операции таргетирования отличается от следующих расчетов. Это связано с тем, что прогнозной моделью является авторегрессионная модель. А для выяснения эффекта, возникающего при таргетировании авторегрессионной модели, необходима двухшаговая процедура анализа. Поэтому ситуацию, возникающую после таргетирования авторегрессионной прогнозной модели, необходимо рассмотреть подробнее. Для этого выпишем модель, кото-

рая была до проведения операции таргетирования, и модель, которая получилась после проведения операции таргетирования

$$\begin{aligned}x_t &= b_0 + b_1 x_{t-1} \\x_t^T &= b_0^T + b_1^T x_{t-1}.\end{aligned}\quad (11)$$

Рассмотрим за счет чего произошло изменение величины прогнозируемого показателя. Для этого запишем разность:

$$x_t^T - x_t = b_0^T - b_0 + (b_1^T - b_1)x_{t-1}\quad (12)$$

или

$$\Delta x_t = \Delta b_0 + \Delta b_1 x_{t-1}.\quad (13)$$

Из полученного выражения следует, что расчетное значение после таргетирования изменяется на величину, которая в соответствии с вышеопределенной терминологией определяется на основе интенсивной составляющей. Это естественно. В самой процедуре таргетирования, по замыслу, заложена возможность изменять интенсивную составляющую модели. Только при изменении интенсивной составляющей появляется возможность формирования прогнозного образа из траекторий, описывающих закономерности, отличающиеся от закономерностей прошлого периода. Таким образом, с помощью таргетирования изменяется интенсивная составляющая прогнозной модели.

Теперь рассмотрим второй шаг в расчете прогнозной траектории, который осуществляется после таргетирования. Для этого выпишем исходную модель и модель, преобразованную с помощью операции таргетирования. Будем предполагать, что расчеты одновременно осуществляются с помощью исходной и таргетированной модели:

$$\begin{aligned}x_{t+1} &= b_0 + b_1 x_t \\x_{t+1}^T &= b_0^T + b_1^T x_t^T.\end{aligned}\quad (14)$$

Для того, чтобы понять за счет чего происходит изменение в прогнозных расчетах, рассмотрим разность:

$$x_{t+1}^T - x_{t+1} = b_0^T - b_0 + b_1^T x_t^T - b_1 x_t.\quad (15)$$

Проведем ряд преобразований с данным выражением. Для этого сначала отнимем и прибавим к этому выражению величину $b_1^T x_t$, в результате получим:

$$x_{t+1}^T - x_{t+1} = b_0^T - b_0 + (b_1^T x_t^T - b_1^T x_t) + (b_1^T x_t - b_1 x_t).\quad (16)$$

Операцию, подобную той, которую мы только что выполнили, проведем еще один раз. Для этого отнимем и добавим к тому же самому выражению другую величину $b_1 x_t^T$. В результате получаем представление разности между значением, полученным после таргетирования модели, и значением, имевшим место до таргетирования:

$$x_{t+1}^T - x_{t+1} = b_0^T - b_0 + (b_1^T x_t^T - b_1 x_t^T) + (b_1 x_t^T - b_1 x_t).\quad (17)$$

Для получения выражения, позволяющего осуществить содержательную интерпретацию операции таргетирования, проведем сложение этих двух выражений (16) и (17) и, проведя простые преобразования, приведем подобные члены и разделим их после приведения на 2. В результате выполнения этих операций получаем удобное для содержательной интерпретации выражение следующего вида:

$$x_{t+1}^T - x_{t+1} = b_0^T - b_0 + \frac{b_1^T + b_1}{2} (x_t^T - x_t) + \frac{x_t^T + x_t}{2} (b_1^T - b_1). \quad (18)$$

В полученном выражении выделены экстенсивная и интенсивная составляющие, с помощью которых удастся структурировать эффект таргетирования и на количественном уровне оценить содержательный смысл результатов проведения операции таргетирования. Для более компактной записи полученного выражения и удобства содержательной интерпретации введем обозначения:

$$\begin{aligned} \Delta x_{t+1} &= x_{t+1}^T - x_{t+1}; \\ \Delta x_t &= (x_t^T - x_t); \\ \Delta b_0 &= b_0^T - b_0; \\ \Delta b_1 &= (b_1^T - b_1), \end{aligned}$$

после чего, используя введенные обозначения, выражение (18) можно переписать в виде:

$$\Delta x_{t+1} = \Delta b_0 + \frac{b_1^T + b_1}{2} \Delta x_t + \frac{x_t^T + x_t}{2} \Delta b_1. \quad (19)$$

Таким образом, полученное выражение позволяет на формальном уровне в структурированной форме представить изменения, которые должны быть отражены по замыслу таргетирования в прогнозируемом процессе в виде трех составляющих.

Первую составляющую, как правило, содержательно не интерпретируют, отождествляя ее с величиной, которая сконцентрировала в себе влияние всех неучтенных в модели факторов. Состав неучтенных факторов не контролируется, хотя, безусловно, с течением времени происходят его изменения, которые, естественно, должны найти отражение в прогнозной модели. Несмотря на обобщающую и недостаточно точную характеристику этой составляющей, ее влияние на уровень и ориентацию прогнозного тренда достаточно заметно и, следовательно, должно учитываться.

Вторая и третья составляющие имеют однозначную интерпретацию, с помощью которой определяются источники изменения прогнозируемого показателя. Так вторая составляющая показывает те изменения, которые должны происходить в будущем за счёт изменения объемных размеров прогнозируемого показателя. Третья составляющая показывает те изменения, которые могут происходить в динамике прогнозной траектории в результате изменения степени влияния прошлого на будущее. Причём, и это нужно отметить, расчёт величины изменений за счет объема осуществляется с использованием усреднённого коэффициента прогнозной модели, а величина

на, получаемая за счёт изменения степени влияния прошлого на будущее, определяется при текущей величине среднего объема прогнозируемого показателя.

Выражение (19) позволяет определять происходящие после таргетирования изменения в прогнозной траектории только в абсолютных величинах реально наблюдаемого процесса. Как правило, сравнения, основанные на абсолютных величинах, не всегда могут обеспечить достаточную корректность. Поэтому преобразуем это выражение таким образом, чтобы оно позволяло осуществлять сравнительный анализ в относительных величинах. Сначала разделим левую и правую часть этого выражения на значение прогнозируемого показателя, которое он имел до таргетирования, и получим следующее выражение:

$$\frac{\Delta x_t}{x_t} = \frac{\Delta b_0}{x_t} + \frac{b_1^T + b_1}{2} \frac{\Delta x_{t-1}}{x_t} + \frac{x_{t-1}^T + x_{t-1}}{2} \frac{\Delta b_1}{x_t}. \quad (20)$$

Далее, чтобы получить хорошо интерпретируемые результаты анализа, разделим и умножим первую составляющую полученного выражения на b_0 , соответственно вторую составляющую разделим и умножим на x_{t-1} , наконец, третью составляющую разделим и умножим на b_1 . После выполнения всех, предусмотренных операций, окончательно получаем:

$$\frac{\Delta x_t}{x_t} = \frac{b_0 \Delta b_0}{x_t b_0} + \frac{b_1^T + b_1}{2} \frac{x_{t-1} \Delta x_{t-1}}{x_t x_{t-1}} + \frac{x_{t-1}^T + x_{t-1}}{2} \frac{b_1 \Delta b_1}{x_t b_1}. \quad (21)$$

Полученное выражение представляет собой взвешенную сумму относительных величин. Первую составляющую этого выражения следует понимать как долю тех изменений, которые могут быть привнесены в процессы будущего теми факторами, которые не учтены моделью. Если окажется, что эта доля чрезмерно велика, то нужно пересмотреть таргет-значение, ориентируясь на которое формируется ожидаемый образ будущего.

Вторая составляющая этого выражения показывает ту долю изменений в динамике прогнозируемого показателя, которая формируется за счёт изменения величины самого показателя. По сути, это экстенсивная составляющая ожидаемого роста в будущем. А экстенсивная составляющая в данной модели является запаздывающей переменной прогнозируемого процесса. Таким образом, если она преобладает в прогнозной траектории, то из этого следует, что обеспечение роста данного показателя в будущем будет требовать дополнительных ресурсов. Из этого можно делать вывод о том, что целевая установка ориентирует на такой подход развития будущего, в котором будет иметь место соответствующая доля затратных решений.

По третьей составляющей выражения (21) можно определить ту долю ожидаемого роста прогнозируемого показателя, которая формируется на основе изменений степени влияния прошлого на будущее. Это следует понимать как ситуацию, когда в прошлом были заложены возможности роста в будущем и эти возможности учтены в целевой установке, на основе которой

осуществлялась процедура адаптивного таргетирования. Третья составляющая, по сути, является интенсивной составляющей таргет-анализа.

Анализ, описание которого приведено выше, будем называть таргет-анализом, понимая под ним регрессионный анализ переходного процесса, отразившегося в модели с помощью адаптивного механизма, осуществившего мгновенную перенастройку модели на новые тенденции будущего периода.

Методика этого анализа является не только оригинальной, но и весьма полезной для сравнительного анализа прогнозных вариантов. По сути это анализ будущего. Однако говорить о том, что с помощью этого анализа можно выбрать наилучший прогнозный вариант, абсолютно неправильно. В то же время по результатам анализа удастся понять характер взаимосвязи таргет-значений с динамическими свойствами прогнозных вариантов. Это позволяет реализовать вычислительный эксперимент, с помощью которого препарируются замыслы о будущем, отражаемые в таргет-значениях.

Результаты таргет-анализа реальных процессов

Рассмотрим примеры, иллюстрирующие возможности таргет анализа. Данные для проведения расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Данные для таргет-анализа

Период	Число субъектов малого и сред. предприним.	Удельный вес инновационных предприятий
2012	425,7	6,7
2013	437,8	7,3
2014	434,8	9,7
2015	413,2	10,5
2016	444,4	10,9
2017	499	13,3
2018	554,5	13,8

Процедура анализа начинается с построения авторегрессионной модели. Так как в процедуре таргет-анализа используется адаптивная корректировка коэффициентов, осуществляемая с помощью обратной матрицы, то подробное описание начнем с метода наименьших квадратов, в котором предусмотрено построение такой матрицы. Сначала построим модель для первого показателя. Используя расширенное представление запаздывающей переменной, т. е. дополненное столбцом из единиц, которое будем обозначать X_{t-1} , и вектор значений зависимой переменной x_t , получаем матрицу и правую часть системы нормальных уравнений метода наименьших квадратов

$$X_{t-1}^T X_{t-1} = \begin{pmatrix} 6 & 2654,9 \\ 2654,9 & 117916,7 \end{pmatrix}, X_{t-1}^T x_t = \begin{pmatrix} 2783,7 \\ 1238463 \end{pmatrix}.$$

В результате вектор параметров модели:

$$x_t = b_0 + b_1 x_{t-1}$$

получаем в виде решения этой системы:

$$\begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \end{pmatrix} = (X'_{t-1} X_{t-1})^{-1} X'_{t-1} x_t = \begin{pmatrix} 44,4838 & -0,1002 \\ -0,1002 & 0,0002 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2783,7 \\ 1238463 \end{pmatrix} = \\ = \begin{pmatrix} -209,353 \\ 1,5216 \end{pmatrix}$$

Специальных рекомендаций по определению таргет-значений нет. Удобно их определять в виде желаемых темпов роста прогнозируемого показателя. В рассматриваемом примере определим таргет-значение как величину, полученную путем умножения последнего наблюдения на максимальный темп роста исторических данных $x_{t+1}^T = 554,5 \cdot 1,1112 = 616,1728$. Тогда, используя формулу адаптивной корректировки коэффициентов модели [12], вычислим коэффициенты адаптивно-таргетированной модели следующим образом:

$$\begin{pmatrix} b_0^T \\ b_1^T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \end{pmatrix} + \frac{(X'_{t-1} X_{t-1})^{-1} x_t}{x'_t (X'_{t-1} X_{t-1})^{-1} x_t + \alpha} (x_{t+1}^T - \hat{x}_{t+1}) = \\ = \begin{pmatrix} -209,353 \\ 1,522 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -11,0524 \\ 0,0254 \end{pmatrix} / (3,0068 + 0,3) \times (616,1728 - 634,3997) = \\ = \begin{pmatrix} -148,433 \\ 1,3822 \end{pmatrix}$$

Таким образом получены коэффициенты адаптивно-таргетированной модели и можно приступить к таргет-анализу на основе полученных расчетов. Сразу после таргетирования изменение расчетного значения происходит только за счет изменения значений коэффициентов авторегрессионной модели, т. е. за счет интенсивной составляющей таргет-анализа. Выпишем детали таргет-анализа на первом шаге

$$x_{t+1}^T - x_{t+1} = b_0^T - b_0 + (b_1^T - b_1) x_t = \\ = -148,433 - (-209,353) + (1,3822 - 1,522) \times 554,5 = -16,573.$$

Результаты анализа позволяют сделать вывод, из которого следует, что рост субъектов малого и среднего бизнеса был чрезмерно высоким. В силу этого таргет, сформированный по имевшему место в прошлом самому высокому темпу роста, позволил скорректировать модель на снижение роста. Расчетное значение по скорректированной модели меньше расчетного значения по исходной модели на 16,573.

Теперь рассмотрим детали таргет-анализа после второго шага авторегрессионных расчетов. Получаем:

$$x_{t+2}^T - x_{t+2} = b_0^T - b_0 + \frac{b_1^T + b_1}{2} (x_{t+1}^T - x_{t+1}) + \frac{x_{t+1}^T + x_{t+1}}{2} (b_1^T - b_1) = \\ = -148,433 - (-209,353) + (1,3822 + 1,522) / 2 \times (617,826 - 634,399) + \\ + (617,826 - 634,399) / 2 \times (1,3822 - 1,522) = \\ = 60,919 - 24,061 - 87,501.$$

Результаты анализа показывают, что за счет неучтенных факторов расчетное значение должно было бы увеличиться на 60,919. В то же время таргетирование модели на снижение роста прогнозируемого показателя в будущем привело к ситуации, когда экстенсивная составляющая роста оказалась отрицательной (– 24,061). Одновременно из-за тех же самых причин после таргетирования было снижено значение коэффициента авторегрессии, что привело к отрицательному значению интенсивной составляющей роста (– 87,501).

Необходимо отметить, что приведенные результаты анализа – это результаты сравнения скорректированной модели с исходной. Несмотря на отрицательные составляющие, скорректированная модель остается моделью процесса, демонстрирующего рост, но этот рост ниже того, который описывался исходной моделью. Естественно, таргетирование наделяет модель новыми свойствами, благодаря которым она отличается от своего исходного варианта, причем это отличие может как усиливать, так и снижать определенные свойства. Эту точку зрения подтверждает таргет-анализ второго показателя. Приведем результаты анализа, опуская детали построения исходной модели, в котором таргетирование не снижает, а увеличивает темп роста, воспроизводимый прогнозной моделью:

$$\begin{aligned}x_{t+1}^T - x_{t+1} &= b_0^T - b_1 + (b_1^T - b_1)x_t = \\ &= 1,7143 - 2,0970 + (0,9511 - 0,9061) \cdot 13,8 = \\ &= -0,3827 + 0,6204 = 0,2377.\end{aligned}$$

Расчеты показали, что за счет только интенсивной составляющей доля инновационных предприятий должна возрасти и превысит 14%. Рассмотрим результаты, которые получаются после второго шага, когда на изменение доли инновационных предприятий начинает оказывать влияние экстенсивная составляющая:

$$\begin{aligned}x_{t+2}^T - x_{t+2} &= b_0^T - b_0 + \frac{b_1^T + b_1}{2} (x_{t+1}^T - x_{t+1}) + \frac{x_{t+1}^T + x_{t+1}}{2} (b_1^T - b_1) = \\ &= 1,7143 - 2,0970 + (0,9511 + 0,9061) / 2 \times (14,8393 - 14,6016) + \\ &\quad (14,8393 + 14,6016) / 2 \times (0,9511 - 0,9061) = \\ &= -0,3827 + 0,2208 + 0,6618 = 0,4999.\end{aligned}$$

Для данного варианта таргетирования и экстенсивный, и интенсивный эффекты оказались положительными, значительно увеличив долю инновационных предприятий.

Заключение

В целом таргет-анализ следует признать весьма полезным подходом к расширению возможностей практического использования регрессионных моделей в анализе экономических процессов. Специфической особенностью этого подхода следует признать его ориентацию на создание инструмента, с помощью которого можно осуществлять анализ будущего, описываемого многовариантным прогнозным образом. Естественно, это значительно повы-

шает возможности применения регрессионных моделей в многовариантных прогнозных расчетах за счет дополнения их сравнительным анализом и содержательной интерпретацией результатов таргетирования. Важно также отметить, что несмотря на свою оригинальность, таргет-анализ легко реализуется в практических расчетах, позволяя получить дополнительную информацию о сравниваемых вариантах ожидаемого социально-экономического развития.

Список источников

1. Булгакова И.Н., Давнис В.В. Адаптивно-имитационное моделирование прогнозных оценок предкризисных ситуаций // *Энергия*, 2001, no. 4(46), с. 100-105.
2. Воронцовский А.В. *Инвестиции и финансирование: методы оценки и обоснования*. Санкт-Петербург, Изд-во С.-Петербург. гос. ун-та, 2003.
3. Глазьев С.Ю. Проблемы прогнозирования макроэкономической динамики // *Экономика и математические методы*, 1999, Т. 35, no. 3, с. 122-136.
4. Давнис В.В., Тинякова В.И. Прогнозные модели с многоуровневой структурой адаптивного механизма и регулятором разворота тренда // *Экономическое прогнозирование: модели и методы: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф.* / Под ред. проф. В.В. Давниса. Воронеж, Воронеж. гос. ун-т, 2006, ч. 1, с. 34-39.
5. Давнис В.В., Тинякова В.И. *Адаптивные модели: анализ и прогноз в экономических системах*. Воронеж, Воронежский государственный университет, 2006.
6. Давнис В.В., Добрина М.В., Чекмарев А.В. Адаптивно-имитационные модели и их применение в таргет-имитировании целевых значений // *Экономическое прогнозирование: модели и методы*. Воронежский государственный университет. Воронеж, 2018.
7. Давнис В.В., Добрина М.В., Чекмарев А.В. Основы моделирования адаптивно-таргетированных прогнозных траекторий и анализ их устойчивости // *Современная экономика: проблемы и решения*. Воронеж, Воронежский государственный университет, 2018, no. 9 (105).
8. Добрина М.В., Чекмарев А.В. Основы адаптивного таргетирования в прогнозировании экономических процессов // *Экономическое прогнозирование: модели и методы*. Воронеж, Воронежский государственный университет, 2018.
9. Егорова Н.Е. *Вопросы согласования плановых решений с использованием имитационных систем*. Москва, Наука, 1987.
10. Клейнер Г.Б., Тамбовцев В.Л., Качалов Р.М. *Предприятие в нестабильной экономической среде: риски, стратегия, безопасность*. Москва, Экономика, 1997.
11. Светульников С.Г. *Количественные методы прогнозирования эволюционных составляющих экономической динамики*. Ульяновск, изд-во Ульянов. гос. ун-та, 1999.
12. Чекмарев А.В., Шульгина Е.А., Юрова Я.А. Регрессионно-матричное моделирование в системно-сбалансированном прогнозировании социально-экономических процессов // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2019, no. 1, с. 8-19.
13. Engle R., Bollerslev T. Modeling the Persistence of Conditional Variances // *Econometric Reviews*, 1986, no. 5.
14. Gourieroux Ch. *Econometrics of Qualitative Dependent Variables*. Cambridge: The Pitt Building, 2000.
15. Holland J.H. *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1995.

ADAPTIVE TARGETING - ANALYSIS OF FORECAST VARIANTS OF EXPECTED REALITY

Davnis Valeriy Vladimirovich, Dr. Sc. (Econ.), Full Prof.

Belokopytova Tatyana Nikolaevna, graduate

Chekmarev Artem Vitalyevich, graduate

Purpose: the authors describe a new method of comparative analysis for forecast variants formed using adaptive-targeted regression models and show the possibility of its practical application. *Discussion:* the authors provided a fairly detailed description of the adaptive regression analysis procedure and proposed a two-step procedure for comparative analysis of the autoregression model obtained after targeting with the same model before targeting based on it. The results of the analysis are usually well interpreted, allowing us to understand at a qualitative level the main differences between the past period and the expected reality, the characteristics of which are provided for in a predictive manner. The results of calculations illustrating the possibility of practical use for the proposed method in comparative analysis are presented. *Results:* the authors developed a procedure for economic analysis of the expected future described by the multivariate structure of the forecast image.

References

1. Bulgakova I.N., Davnis V.V. Adaptivno-imitatsionnoe modelirovanie prognoznykh otsenok predkrisisnykh situatsiy [Adaptive simulation of predictive estimates for pre-crisis situations]. *Energiya*, 2001, no. 4(46), pp. 100-105. (In Russ.)
2. Vorontsovskiy A.V. *Investitsii i finansirovanie: Metody otsenki i obosnovaniya* [Investment and financing: methods of assessment and justification]. Sankt-Petersburg, Izd-vo S.-Peterburg. gos. un-ta, 2003. (In Russ.)
3. Glazyev S.Yu. Problemy prognozirovaniya makroekonomicheskoy dinamiki [Problems of macroeconomic dynamics forecasting]. *Ekonomika i matematicheskie metody*, 1999, T. 35, no. 3, pp. 122-136. (In Russ.)
4. Davnis V.V., Tinyakova V.I. Prognozyne modeli s mnogourovnevoy strukturoy adaptivnogo mekhanizma i regulyatorom razvorota trenda [Predictive models with a multi-level adaptive mechanism structure and a trend reversal regulator]. *Ekonomicheskoe prognozirovanie: modeli i metody: materialy II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / Pod red. Prof. V.V. Davnisa*. Voronezh, Voronezh. gos. un-t, 2006, ch. 1, pp. 34-39. (In Russ.)
5. Davnis V.V., Tinyakova V.I. *Adaptivnye modeli: analiz i prognoz v ekonomicheskikh sistemakh* [Adaptive models: analysis and forecast in economic systems]. Voronezh, Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet, 2006. (In Russ.)
6. Davnis V.V., Dobrina M.V., Chekmarev A.V. Adaptivno-imitatsionnye modeli i ikh primeneniye v target-imitirovanii tselevykh znacheniy [Adaptive simulation models and their application in target simulation of target values]. *Ekonomicheskoe prognozirovanie: modeli i metody: Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet*. Voronezh, 2018. (In Russ.)
7. Davnis V.V., Dobrina M.V., Chekmarev A.V. Osnovy modelirovaniya adaptivno-targetirovannykh prognoznykh traektoriy i analiz ikh ustoychivosti [Fundamentals

of modeling adaptive-targeted forecast trajectories and analysis of their stability]. *Nauchnyy zhurnal Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya*. Voronezh, 2018, Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet, no. 9 (105). Statyya vkhodit v perecheny VAK. (In Russ.)

8. Dobrina M.V., Chekmarev A.V. Osnovy adaptivnogo targetirovaniya v prognozirovanii ekonomicheskikh protsessov [Fundamentals of adaptive targeting in forecasting economic processes]. *Ekonomicheskoe prognozirovaniye: modeli i metody*. Voronezh, Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet, 2018. (In Russ.)

9. Egorova N.E. *Voprosy soglasovaniya planovykh resheniy s ispolzovaniem imitatsionnykh sistem* [Issues of planning decisions coordination with the use of simulation systems]. Moscow, Nauka, 1987. (In Russ.)

10. Kleyner G.B., Tambovtsev V.L., Kachalov R.M. *Predpriyatie v nestabilnoy ekonomicheskoy srede: riski, strategiya, bezopasnosty* [An enterprise in unstable economic environment: risks, strategy, and security]. Moscow, Ekonomika, 1997. (In Russ.)

11. Svetunikov S.G. *Kolichestvennyye metody prognozirovaniya evolyutsionnykh sostavlyayushchikh ekonomicheskoy dinamiki* [Quantitative methods of forecasting the evolutionary components of economic dynamics]. Ulyyanovsk, Izd-vo Ulyyanov. gos. un-ta, 1999. (In Russ.)

12. Chekmarev A.V., Shulygina E.A., Yurova Y.A. Regressionno-matrichnoe modelirovaniye v sistemno-sbalansirovannom prognozirovanii sotsialno-ekonomicheskikh protsessov [Regression-matrix modeling in system-balanced forecasting of socio-economic processes]. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya*, 2019, no. 1, pp. 8-19. (In Russ.)

13. Engle R., Bollerslev T. Modeling the Persistence of Conditional Variances. *Econometric Reviews*, 1986, no. 5.

14. Gourieroux Ch. *Econometrics of Qualitative Dependent Variables*. Cambridge, The Pitt Building, 2000.

15. Holland J.H. *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1995.