

---

## **АДАПТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕНСИВНЫХ И ЭКСТЕНСИВНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПРОГНОЗНОГО ОБРАЗА**

---

**Чекмарев Артем Витальевич**, асп.

Воронежский государственный университет, Университетская пл., 1, Воронеж, 394018, Россия; e-mail: art6211@yandex.ru.

*Цель:* исследование возможности применения адаптивных регрессионных моделей в задачах многовариантного формирования прогнозного образа исследуемого экономического показателя. *Обсуждение:* в проведенном исследовании предложена методика, позволяющая динамику моделируемого процесса представлять в виде двух составляющих, которые были названы экстенсивной составляющей и интенсивной. С помощью этих составляющих в рамках предложенной методики можно осуществлять построения траектории экстенсивного развития и интенсивного развития. По сути, прогнозный образ моделируемого процесса можно формировать только из траекторий экстенсивного развития или траекторий интенсивного развития. Кроме того, предусмотрена возможность построения комбинированных траекторий, в которые экстенсивные и интенсивные составляющие включаются в определенных пропорциях. *Результаты:* предложен способ формирования многовариантного прогнозного образа с целевым набором определенных свойств.

**Ключевые слова:** прогнозный образ, экстенсивная составляющая, интенсивная составляющая, адаптивная модель, адаптивный анализ.

**DOI:** 10.17308/meps.2020.7/2396

### **Введение**

Регрессионные модели в настоящее время стали тем инструментом, который широко используется при решении задач, связанных с анализом и прогнозированием происходящих в экономике изменений. Количественные оценки, получаемые с помощью этих моделей, значительно расширяют и углубляют анализ реального взаимодействия экономических процессов. Естественно, эти оценки используются в прогнозных расчётах при обосновании наиболее вероятных вариантов развития этих процессов. В то же время все расчеты, получаемые с помощью регрессионных уравнений, по сути, представляют собой результат условного усреднения. Без возражений условное усреднение признается более точным отражением ожидаемых результатов взаимодействия экономических процессов, чем их пред-

ставление обычными средними значениями. Следовательно, предпочтение при решении подобного рода задач отдается регрессионному моделированию. Однако в таком усреднении, получаемом с помощью регрессионной модели, степень влияния факторов, описывающих условия формирования среднего значения, определяется коэффициентами модели, которые неизменны на всем анализируемом промежутке времени. Этот факт накладывает определенные ограничения на уровень адекватности выводов, получаемых на основе регрессионного анализа. Из этого замечания очевидным образом следует, что нужны модели с изменяющимися коэффициентами.

Возможность отражения изменений в степени влияния факторов на моделируемый показатель имеется в адаптивных регрессионных моделях [7]. Сразу заметим, что адаптивные регрессионные модели, как правило, рекомендуется использовать в краткосрочных прогнозных расчетах [14]. Это связано с тем, что в адаптивных моделях предусмотрена возможность с помощью специального параметра настраиваться на отражение закономерностей, которые содержатся в последних наблюдениях. Настроенная таким образом модель обеспечивает расчёт ожидаемых значений в соответствии с закономерностями последних наблюдений. Это известная возможность адаптивного моделирования. Именно эта возможность чаще всего используется в приложениях и не без успеха. Но есть еще одна возможность, о которой, как правило, не упоминается при описании адаптивных моделей. Имеется в виду возможность проведения адаптивного анализа [8], предусматривающего разложение прироста моделируемого показателя на две составляющих. Одна из этих составляющих объясняет прирост показателя за счет изменения факторов, а вторая составляющая объясняет прирост за счет изменения степени влияния факторов. В связи с возможностью такого разделения появляется идея построения различных вариантов прогнозных траекторий, в которых учитывается только одна из этих составляющих.

### **Адаптивный анализ и прогноз**

Принципы адаптации в прогнозировании используются давно. Известны экспоненциальное сглаживание, полиномиальные модели, адаптивные модели сезонных явлений и другие [13]. Но нас будут интересовать только эконометрические модели с адаптивным механизмом, так как процедура адаптивного анализа реализуется на их основе. Адаптивный анализ удобно проводить на основе однофакторной или многофакторной регрессии.

Но учитывая, что конечной целью является построение прогнозного образа, лучше использовать авторегрессионную модель соответствующего порядка. Для простоты удобно рассматривать случай авторегрессии первого порядка:

$$y_t = b_0 + b_1 y_{t-1} + \varepsilon_t. \quad (1)$$

Будем предполагать, что временной ряд, данные которого используются для построения авторегрессионной модели, стационарен, а случайная составляющая  $\varepsilon_t$  обладает всеми необходимыми свойствами. При выполне-

нии этих предположений построение авторегрессионной модели является корректным.

Формулы, в соответствии с которыми реализуется процедура адаптивного моделирования, хорошо известны. Но представлены они в [7] для случая регрессионного моделирования. Поэтому имеет смысл уточнить эти формулы для ситуации, когда строится адаптивная авторегрессионная модель, а не регрессионная.

Прежде всего, для адаптивного моделирования временного ряда необходимо получить начальные приближения в виде авторегрессионной модели и обратной матрицы метода наименьших квадратов [11]. Для удобства изложения при записи всех формул будем использовать матричный подход. Используя метод наименьших квадратов, получаем необходимые элементы начального приближения

$$\mathbf{b}_t = (\mathbf{X}_t' \mathbf{X}_t)^{-1} \mathbf{X}_t' \mathbf{y}_t. \quad (2)$$

Теперь, используя полученные элементы начального приближения, выпишем адаптивную авторегрессионную модель:

$$y_t = \mathbf{x}_{t-1} \mathbf{b}_t, \quad (3)$$

$$\mathbf{b}_{t+1} = \mathbf{b}_t + \frac{C_t^{-1} \mathbf{x}_{t+1}'}{\mathbf{x}_{t+1}' C_t^{-1} \mathbf{x}_{t+1} + \alpha} (y_{t+1} - \mathbf{x}_{t+1} \mathbf{b}_t), \quad (4)$$

$$C_{t+1}^{-1} = \frac{1}{\alpha} \left[ C_t^{-1} - \frac{C_t^{-1} \mathbf{x}_{t+1}' \mathbf{x}_{t+1} C_t^{-1}}{\mathbf{x}_{t+1}' C_t^{-1} \mathbf{x}_{t+1} + \alpha} \right]. \quad (5)$$

При записи этих выражений использовались следующие обозначения:  $\mathbf{Y}_t$  – значение временного ряда в момент времени  $t$ ;  $\mathbf{y}_t = (y_1, y_2, \dots, y_t)'$  – вектор-столбец из  $t$  значений временного ряда;  $\mathbf{x}_t = (1, y_t)$  – вектор-строка, используемая в адаптивной процедуре;  $\mathbf{X}_t = (\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_t)'$  – расширенная матрица исходных данных;  $\mathbf{C}_t = \mathbf{X}_t' \mathbf{X}_t$  – матрица системы нормальных уравнений;  $\mathbf{b}_t = (b_{0t}, b_{1t})'$  – вектор коэффициентов авторегрессионной модели;  $\alpha$  – настраиваемый параметр адаптации.

Адаптивная авторегрессионная модель является удобным инструментом для проведения прогнозных расчетов [12]. При использовании для прогнозирования регрессионных моделей возникает необходимость получения упреждающих значений факторов, что, по сути, эквивалентно разработке дополнительной модели, с помощью которой сначала нужно будет получить упреждающие значения факторов и только потом, используя эти упреждающие значения, рассчитать прогнозные оценки моделируемого показателя.

Понятно, что адаптивная авторегрессионная модель удобней для проведения практических расчетов. Но описание методики проведения адаптивного регрессионного анализа, приведенное в [3], предназначено для регрессионных моделей. Поэтому рассмотрим возможность применения этой методики к ситуации, когда необходимо провести адаптивный анализ на основе авторегрессионной модели. Формально, основная формула, в соответствии с которой можно проводить адаптивный авторегрессионный

анализ, не должна отличаться от формулы адаптивного регрессионного анализа. Но содержательная интерпретация разложения изменений моделируемого показателя на две составляющих может потребовать некоторых уточнений.

Не повторяя вывод, запишем аналог формулы из [1] для случая, когда анализируется динамика показателя с помощью адаптивной авторегрессионной модели. Смысл этого анализа в том, чтобы очередное изменение представить в виде двух составляющих и с их помощью определить причины роста или снижения моделируемого показателя. Представим изменение показателя в момент времени  $t$  в следующем виде

$$y_t - y_{t-1} = b_{0t} - b_{0t-1} + \frac{b_{1t} + b_{1t-1}}{2} (y_{t-1} - y_{t-2}) + \frac{y_{t-1} + y_{t-2}}{2} (b_{1t} - b_{1t-1}). \quad (6)$$

Записанное выражение показывает, что прирост моделируемого показателя представим в виде трех составляющих. Первая составляющая – это величина, полученная как результат изменения свободного члена авторегрессионного уравнения. Интерпретацию этой величины связывают с изменениями, которые происходят в неучтенных моделью факторах. Как правило, эти изменения не удастся предвидеть, но они почти всегда присутствуют, и необходимо считаться с возможным эффектом подобного воздействия на моделируемый показатель. Во всяком случае можно определять среднеквадратическое отклонение и при определении ожидаемых вариантов моделируемого показателя учитывать это отклонение, согласовывая принимаемое решение с текущей ситуацией.

Вторая составляющая представляет собой произведение средней величины воздействия прошлого на будущее с величиной прироста моделируемого показателя в предшествующий момент времени. В некотором смысле можно утверждать, что эта составляющая является аналогом авторегрессионной зависимости, так как показывает взаимосвязь текущего изменения моделируемого показателя с предшествующим изменением. Ниже эта взаимосвязь будет рассмотрена подробней. Зависимость этой составляющей от изменений величины самого моделируемого показателя позволяет ее интерпретировать как экстенсивную составляющую.

Наконец, третья составляющая представляет собой произведение среднего значения двух соседних наблюдений показателя на величину изменения степени влияния прошлого на текущую ситуацию [10]. Ее значения вне зависимости от значений временного ряда могут быть как положительными, так и отрицательными. Это следует из того, что с течением времени изменяется степень влияния прошлых значений моделируемого показателя на его текущий уровень. Другими словами, значение коэффициента авторегрессии может как увеличиваться, так и уменьшаться. В соответствии с этими изменениями изменяется и знак этой составляющей. Зависимость этой составляющей от значений коэффициента авторегрессионной модели счи-

тать ее интенсивной составляющей, т.е. характеризующей изменение моделируемого показателя только от изменения степени воздействия на него прошлого вне зависимости от уровня самого показателя [9].

В процессе адаптивного моделирования может возникнуть еще один эффект, который мы не рассматриваем, но который имеет важное значение в авторегрессионном моделировании. В начале статьи было отмечено, что корректное построение авторегрессионной модели требует, чтобы временной ряд был стационарным. Если условие стационарности временного ряда выполняются, то коэффициент авторегрессионной модели, построенной на данных такого временного ряда, меньше единицы. В то же время в процессе адаптивной корректировки модели может возникнуть ситуация, когда в некоторый момент времени у адаптивной модели коэффициент авторегрессии окажется больше единицы. Это значит в данный момент времени процесс теряет свойство стационарности и возникает вопрос о правомерности адаптивного анализа.

Формально адаптивный анализ можно продолжать, но надежность результатов такого анализа не совсем понятна. Причем имеют место ситуации, когда происходит кратковременная потеря стационарности и когда происходит долговременная потеря стационарности [5]. Вполне возможно, что эти ситуации зависят от параметра адаптации и можно с помощью многовариантных расчетов подобрать его значение таким, при котором нежелательный эффект исчезнет. Но в любом случае появление подобного эффекта нежелательно и, по крайней мере, требует объяснения возможных причин, которые способствовали появлению такой ситуации.

### **Формирование составляющих прогнозного образа**

Составляющие прогнозного образа без проблем получаются из представления (6) прироста моделируемой переменной в виде экстенсивной и интенсивной составляющих. Если из (6) удалить интенсивную составляющую и перенести в правую часть предшествующую переменную  $y_{t-1}$ , то получим выражение:

$$y_t = y_{t-1} + \Delta_{0t} + \frac{b_{1t} + b_{1t-1}}{2} \Delta y_{t-1}, \quad (7)$$

где  $\Delta_{0t} = b_{0t} - b_{0t-1}$  – величина изменения свободного члена авторегрессионной модели;  $\Delta y_{t-1} = y_{t-1} - y_{t-2}$  – величина изменения моделируемого показателя в предшествующий момент времени.

С помощью выражения (7) для каждого момента времени можно получить расчетное значение, в котором учтена только та доля в изменении моделируемого показателя, которая объясняется экстенсивной составляющей. Значение экстенсивной составляющей в данном случае определяется приростом моделируемого показателя в прошлом. Если этот прирост был большим, то будущее, вырастая из прошлого, тоже должно быть большим без дополнительных усилий. Если полученные таким образом расчетные значения соединить между собой, то в соответствии с логикой этих рассуждений

получается траектория динамики экстенсивного изменения показателя.

Интенсивную составляющую прогнозного образа получаем аналогичным способом. Удаляем из выражения (6) экстенсивную составляющую и переносим в правую часть выражения запаздывающую переменную  $Y_{t-1}$ . В результате получаем:

$$y_t = y_{t-1} + \Delta_{0t} + \frac{y_t + y_{t-1}}{2} \Delta b_{1t}, \quad (8)$$

В соответствии с (8) изменение моделируемого показателя происходит из-за того, что изменяется степень воздействия прошлого на текущую и ожидаемую его величину. Фактически происходят количественные изменения за счет качественных изменений, отражающих новый характер перехода прошлого в будущее [6]. Подобного рода изменения принято относить к интенсивным методам преобразования процессов. Поэтому выражение (8) можно считать моделью, которая описывает интенсивную составляющую прогнозного образа.

Если с помощью этого выражения для каждого момента времени получить расчетные значения и соединить их между собой, то получим траекторию, отражающую интенсивную динамику показателя, т.е. траекторию, которая формировалась с помощью адаптивного механизма в виде реакции на происходящие изменения.

Понять механизм формирования этих составляющих и их взаимодействие удобно на конкретном примере. Для этого проведем расчеты и сравним между собой полученные результаты. Все расчеты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты адаптивно-регрессионного моделирования занятости в регионе

Период	$Y_{t-1}$	$b_{0t} - b_{0t-1}$	Экстенсивная	Интенсивная	Расчетные значения	Экстенсив. траектория	Интенсив. траектория
2004	1091,8						
2005	1065,9						
2006	1059,6	-63,98	-7,06	63,47	1058,33	994,86	1065,39
2007	1055,5	37,87	-1,79	-37,14	1058,54	1095,68	1060,33
2008	1057,2	64,98	-0,97	-63,25	1056,26	1119,50	1057,23
2009	1062,0	21,64	0,34	-20,37	1058,81	1079,18	1058,48
2010	1064,7	2,70	0,89	-3,77	1061,82	1065,59	1060,93
2011	1055,3	-54,72	0,57	54,07	1064,61	1010,54	1064,05
2012	1054,3	-26,66	-2,33	26,29	1052,61	1026,31	1054,94
2013	1054,9	14,13	-0,25	-13,86	1054,32	1068,18	1054,58
2014	1057,9	-2,73	0,15	2,63	1054,95	1052,32	1054,80
2015	1057,0	-12,11	0,77	11,80	1058,36	1046,55	1057,59
2016	1055,3	1,60	-0,23	-1,58	1056,79	1058,37	1057,03
2017	1056,7	-0,83	-0,44	0,81	1054,84	1054,03	1055,28

Ср. откл.	2,34	25,44	1,45	25,05	2,56	25,16	2,88
-----------	------	-------	------	-------	------	-------	------

Приведенные в таблице результаты адаптивного анализа позволяют понять свойства экстенсивной и интенсивной составляющих. В нижней строке приведены значения средних отклонений, которые являются аналогом среднеквадратических отклонений. В соответствии с этими значениями наибольший уровень колебаний наблюдается у свободного члена и интенсивной составляющей. Причем, если свободный член модели изменяется на положительную величину, то интенсивная составляющая является отрицательной величиной, и наоборот, если изменение отрицательное, то интенсивная составляющая имеет положительное значение [4]. Эта ситуация имеет простое объяснение. Влияние неучтенных факторов на моделируемый показатель концентрируется в свободном члене. В модели эффект этого влияния компенсируется с помощью адаптивного механизма и отражается в интенсивной составляющей. Таким образом адаптивный механизм реагирует на эффект неучтенных факторов и с помощью интенсивной составляющей корректирует модель, изменяя соответствующим образом ее коэффициенты.

В то же время экстенсивная составляющая описывает траекторию тренда, но в этом тренде нет отражения эффектов неучтенных факторов [2]. Следовательно средняя величина отклонения у экстенсивной составляющей значительно ниже средней величины отклонения интенсивной составляющей, в которой отражена реакция адаптивного механизма. Это положение хорошо отражает нижеприведенный график.

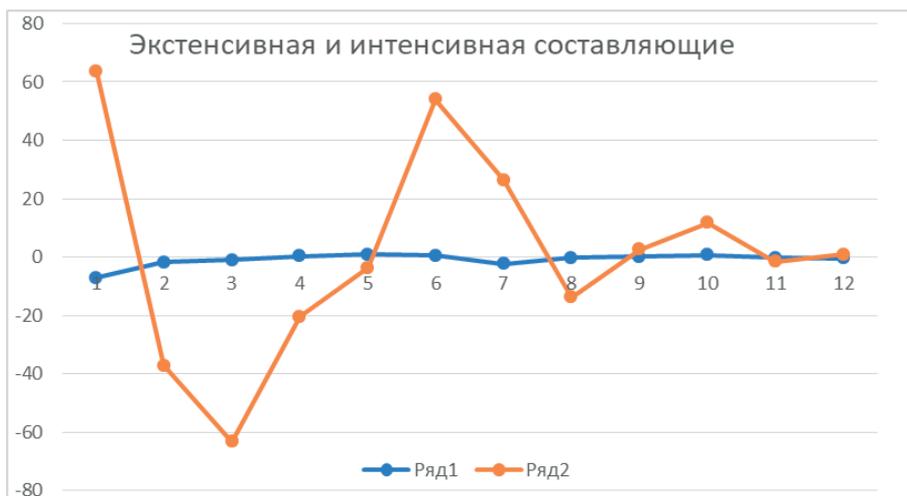


Рис. 1. Графическое представление экстенсивной (ряд 1) и интенсивной (ряд 2) составляющих

Самое интересное в том, что если рассмотреть экстенсивную и интенсивную составляющие прогнозного образа, уравнения которых представлены выражениями (7) и (8), то соотношение величин их средних отклонений меняется местами. Колебания экстенсивной составляющей прогнозного

образа значительно выше колебаний интенсивной составляющей. Причем траектория интенсивной составляющей практически совпадает с траекторией адаптивной модели. Фактически все эффекты неучтенных факторов компенсируются адаптивным механизмом. По сути, роль адаптивного механизма сводится к тому, чтобы модель с его помощью могла реагировать на поведение неучтенных в ней факторов.

Эта особенность адаптивной модели хорошо иллюстрируется ниже приведенным графиком.

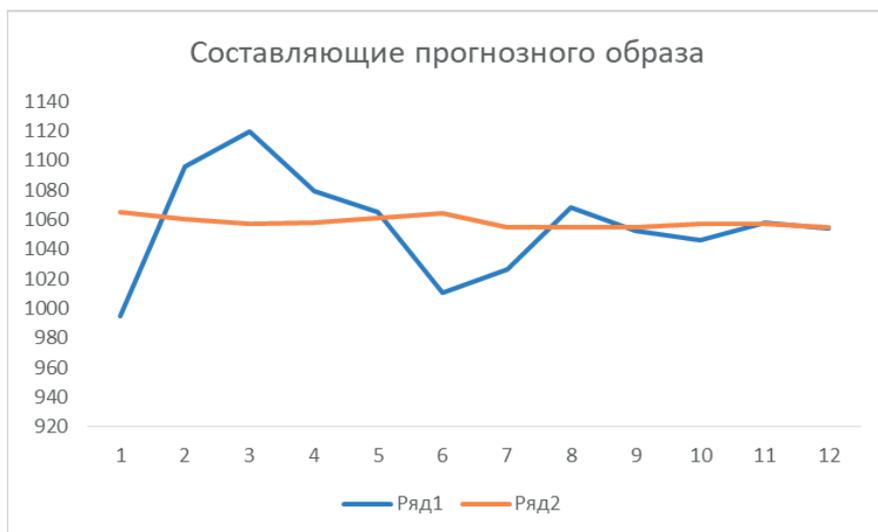


Рис. 2. Графическое представление экстенсивной траектории (ряд 1) и интенсивной траектории (ряд 2) прогнозного образа

### Заключение

Авторегрессионные модели являются эффективным инструментом прогнозирования, но обычно используются в классическом варианте, без адаптивного механизма. В статье рассмотрен адаптивный вариант авторегрессионной модели. Это позволило динамике моделируемого показателя представить в виде двух составляющих, которые интерпретированы как экстенсивная и интенсивная составляющие. С помощью такого разложения удалось понять целевое предназначение адаптивного механизма.

Кроме того, разложение на составляющие может использоваться как инструмент для многовариантного формирования прогнозного образа и обоснования принимаемых решений. Как правило, ориентация на интенсивную составляющую требует больше усилий и затрат на достижение цели. Комбинирование этих составляющих очевидным образом позволяет управлять процессом формирования затрат на достижение поставленных целей.

Таким образом, предлагаемый подход, предусматривающий многовариантное формирование прогнозного образа, можно признать полезным для обоснования целевых замыслов и перспективных решений. Естествен-

но, в статье не отражен весь потенциал данного подхода, который явно будет развиваться.

### Список источников

1. Альберт А. *Регрессия, псевдоинверсия и рекуррентное оценивание*. Наука, 1977.
2. Багриновский К.А. Моделирование процессов адаптации экономических систем // *Экономика и математические методы*, 1999, Т. 35, no. 2, с. 138-150.
3. Баева Н.Б. *Модели и методы поддержки сбалансированного развития региональных экономических систем*. Воронеж, Изд-во ВГУ, 2016.
4. Бокс Дж. *Анализ временных рядов. Прогноз и управление*. Москва, Энергия, 1971.
5. Воронцовский А.В. *Инвестиции и финансирование: методы оценки и обоснования*. Санкт-Петербург, изд-во С.-Петербург. гос. ун-та, 2003.
6. Глазьев С.Ю. Проблемы прогнозирования макроэкономической динамики // *Экономика и математические методы*, 1999, Т.35, no. 3, с. 122-136.
7. Давнис В.В. *Адаптивное прогнозирование: модели и методы*. Воронеж, Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1997.
8. Давнис В.В. *Адаптивные модели: анализ и прогноз в экономических системах*. Воронеж, Воронеж. гос. ун-т, 2006.
9. Давнис В.В. Современные тенденции развития прогностических методов управления экономикой // *Экономическое прогнозирование: модели и методы. Материалы I Междунар. науч.-практ. конф.* / под ред. проф. В.В. Давниса. Воронеж, Воронеж. гос. ун-т, 2005, ч. I, с. 29-36.
10. Давнис В.В., Добринина 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, с. 164, 169.
11. Добринина М.В., Чекмарев А.В. Основы адаптивного таргетирования в прогнозировании экономических процессов // *Экономическое прогнозирование: модели и методы*. Воронежский государственный университет, Воронеж, 2018, с. 17-22.
12. Давнис В.В., Добринина М.В., Чекмарев А.В. Основы моделирования адаптивно-таргетированных прогнозных траекторий и анализ их устойчивости // *Современная экономика: проблемы и решения*. Воронежский государственный университет, Воронеж, 2018, no. 9 (105), с. 17-31.
13. Давнис В.В., Добринина М.В., Чекмарев А.В. Современные тенденции в развитии аппарата экономического прогнозирования // *Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах*, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, 2019, no. 2 (16), с. 74-78.
14. Деревицкий Д.П. *Прикладная теория дискретных адаптивных систем управления*. Москва, Наука, 1981.

---

# ADAPTIVE MODELING OF INTENSIVE AND EXTENSIVE COMPONENTS FOR THE FORECAST IMAGE

---

**Chekmarev Artem Vitalievich**, graduate student

Voronezh State University, Universitetskaya pl., 1, Voronezh, 394018, Russia; e-mail: art6211@yandex.ru

*Purpose:* the author studies the possibility of using adaptive regression models in the tasks of multivariate formation for a forecast image of the studied economic indicator. *Discussion:* the author proposed a method in this study. This method allows the dynamics of the modeled process to be represented in the form of two components. The author called these components the extensive component and the intensive one. Using these components in the framework of the proposed methodology, it is possible to construct a trajectory of extensive development and intensive development. In fact, the forecast image of the modeled process can be formed only from the trajectories of extensive development or trajectories of intensive development. In addition, it is possible to build combined trajectories in which extensive and intensive components are included in certain proportions. *Results:* the author proposed a method for forming a multivariate forecast image with a target set of certain properties.

**Keywords:** predictive image, extensive component, intensive component, adaptive model, adaptive analysis.

## References

1. Alybert A. *Regressiya, psevdoinversiya i rekurrentnoe otsenivanie* [Regression, pseudoinversion, and recurrent estimation]. Nauka, 1977. (In Russ.)
2. Bagrinovskiy K.A. Modelirovanie protsessov adaptatsii ekonomicheskikh sistem [Modeling of adaptation processes for economic systems] / K.A. Bagrinovskiy, N.N. Trenev. *Ekonomika i matematicheskie metody*, 1999, vol. 35, no. 2, pp. 138-150. (In Russ.)
3. Baeva N.B. *Modeli i metody podderzhki sbalansirovannogo razvitiya regionalnykh ekonomicheskikh sistem* [Supporting models and methods for balanced development of regional economic systems]. Voronezh, Izd-vo VGU, 2016. (In Russ.)
4. Boks Dzh. *Analiz vremennykh ryadov. Prognoz i upravlenie* [Time series analysis. Forecast and management] / Dzh. Boks, G. Dzhenkins. Moscow, Yenergiya, 1971. (In Russ.)
5. Vorontsovskiy A.V. *Investitsii i finansirovanie: metody otsenki i obosnovaniya* [Investment and financing: methods of assessment and justification]. Sankt-Peterburg, Izd-vo S.-Peterburg. gos. un-ta, 2003. (In Russ.)
6. Glazyev S.Yu. Problemy prognozirovaniya makroyekonomicheskoy dinamiki [Problems of macroeconomic dynamics forecasting]. *Yekonomika i matematicheskie metody*, 1999, vol. 35, no. 3, pp. 122-136. (In Russ.)
7. Davnis V.V. *Adaptivnoe prognozirovanie: modeli i metody* [Adaptive forecasting: models and methods]. Voronezh, Izd-vo Voronezh. gos. un-ta, 1997. (In Russ.)
8. Davnis V.V. *Adaptivnye modeli: analiz i prognos v yekonomicheskikh sistemakh*

[Adaptive models: analysis and forecast in economic systems] / V.V. Davnis, V.I. Tinyakova. Voronezh, Voronezh. gos. un-t, 2006. (In Russ.)

9. Davnis V.V. Sovremennye tendentsii razvitiya prognosticheskikh metodov upravleniya yekonomikoy [Current trends in the development of predictive methods of economic management] / V.V. Davnis, V.I. Tinyakova. *Yekonomicheskoe prognozirovanie: modeli i metody*. Materialy I Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / pod red. prof. V.V. Davnisa. Voronezh, Voronezh. gos. un-t, 2005, P. I, pp. 29-36. (In Russ.)

10. 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]. *Yekonomicheskoe prognozirovanie: modeli i metody*. Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet, Voronezh, 2018, pp. 164-169. (In Russ.)

11. Dobrina M.V., Chekmarev A.V. Osnovy adaptivnogo targetirovaniya v prognozirovanii yekonomicheskikh protsessov [Fundamentals of adaptive targeting in forecasting economic processes]. *Yeko-*

*nomicheskoe prognozirovanie: modeli i metody*. Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet, Voronezh, 2018, pp. 17-22. (In Russ.)

12. 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]. *Sovremennaya yekonomika: problemy i resheniya*. Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet, Voronezh, 2018, no. 9 (105), pp. 17-31. (In Russ.)

13. Davnis V.V., Dobrina M.V., Chekmarev A.V. Sovremennye tendentsii v razvitii apparata yekonomicheskogo prognozirovaniya [Modern trends in the development of the economic forecasting apparatus]. *Informatsionnye tekhnologii v stroitelnykh, sotsialnykh i yekonomicheskikh sistemakh*, Voronezh, 2019, no. 2 (16), pp. 74-78. (In Russ.)

14. Derevitskiy D.P. *Prikladnaya teoriya diskretnykh adaptivnykh sistem upravleniya* [Applied theory of discrete adaptive control systems] / D.P. Derevitskiy, A.L. Fradkov. – Moscow, Nauka, 1981. (In Russ.)