

Методы и модели в экономике

Динамическое моделирование экономики российских регионов*

Д. М. Галин, И. В. Сумарокова

Аннотация. Рассматривается построение на реальных данных и тестирование в неустойчивой ситуации на примере современной России многофакторных макроэкономических моделей с коэффициентами, динамически изменяющимися во времени, для краткосрочного прогнозирования экономического развития регионов страны.

Ключевые слова: *максимодели экономики, абстрактные и теоретически адекватные модели, динамические модели переменных, оценивание параметров, комбинация уравнений регрессии, модели коэффициентов уравнений, тестирование.*

Введение

В нестабильных экономических условиях современной России — страны, состоящей из большого числа регионов (федеральных округов и субъектов федерации), — весьма актуальна разработка их макроэкономических моделей с учетом взаимодействий различных рынков и территориальной неоднородности хозяйства, которые имели бы достаточно высокую точность при краткосрочном прогнозировании экономической динамики этих регионов для корректного предвидения последствий воздействия государства на хозяйство для экономического роста.

Такие модели, далее называемые максимоделями экономики регионов, были построены в результате исследований, выполненных в 2012–2013 гг., и представлены в [1] и [2] как составные части макроэкономической модели России. В любой из них используются либо в натуральной, либо в логарифмической форме свойственные ей эндогенные и экзогенные переменные, причем для каждой эндогенной имеется отдельная модель, состоящая из одного уравнения (как правило, регрессионного). Такие модели могут формироваться в двух вариантах: в первом, далее называемом абстрактным, главный критерий для включения в модель нового фактора-аргумента — повышение точности прогноза по ней, а во втором, далее называемом теоретически адекватным, — как можно больше ее соответствие экономической теории по характеру связей переменных. Поэтому можно построить и два варианта максимодели: абстрактный и теоретически адекватный — соответственно вариантам моделей ее эндогенных переменных.

Максимодель экономики федерального округа может формироваться в двух вариантах: без учета входящих в него субъектов федерации и с их учетом. Во втором варианте используются экзогенные переменные — суммарные и региональные показатели, передаваемые из максимоделей экономики субъектов федерации, а в первом вместо таких переменных — эндогенные (аналогичные показатели по округу в целом).

В выполненных исследованиях коэффициенты построенных уравнений моделей эндогенных переменных максимоделей предполагались постоянными. Таким образом, если t — время, то уравнение модели

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект № 11–02–00487).

эндогенной переменной (фактора-функции) $Z(t)$, зависящей от факторов-аргументов $x_j(t)$ и времени, можно представить в общем виде

$$F_Z(Z(t)) = b_1 + \sum_{x_j \in X_Z} b_{x_j} F_{x_j}(x_j(t)) + b_t t, \quad (1)$$

где $F_Z(Z(t))$ — значение $Z(t)$ в его форме представления, т. е. либо $F_Z(Z(t)) = Z(t)$, либо $F_Z(Z(t)) = \ln Z(t)$, $F_{x_j}(x_j(t))$ — аналогичная величина для $x_j(t)$, X_Z — множество факторов-аргументов уравнения. Обозначение b_1 применяется для свободного члена уравнения, поскольку его можно рассматривать как коэффициент при переменной, тождественно равной единице; слагаемое $b_t t$ иногда может отсутствовать.

Настоящее исследование является продолжением исследований, результаты которых представлены в [1] и [2]. Его цель — формирование максимodelей экономики в предположении, что коэффициенты уравнений моделей эндогенных переменных динамически изменяются во времени, а сами эти уравнения представимы в общем виде

$$F_Z(Z(t)) = b_1(t) + \sum_{x_j \in X_Z} b_{x_j}(t) F_{x_j}(x_j(t)) + b_t(t)t. \quad (2)$$

Далее модели переменных, описываемые уравнениями вида (1), называются обычными, а описываемые уравнениями вида (2) динамическими. Аналогично, максимodelь называется обычной или динамической в зависимости от вида уравнений моделей ее эндогенных переменных.

1. Обозначения, используемые в максимodelях

В настоящем исследовании используется та же информация что и в исследованиях, результаты которых представлены в [1] и [2]. Она сформирована на основе отчетности Росстата [5] и Банка России [4] за 2006–2010 гг. Этот период условно разделяется на три периода: предбазовый (2006 г.), базовый (с 2007 г. по 1-е полугодие 2010 г.) и прогнозный (2-е полугодие 2010 г.), необходимые, соответственно, для учета лаговых значений показателей, для моделирования зависимостей между показателями и для оценки качества построенных моделей по результатам прогнозирования показателей. Используется также расчетный период (2007–2010 гг.), включающий базовый и прогнозный периоды. Все показатели рассматриваются в поквартальном исчислении.

Номер квартала на условной шкале времени обозначается как t . Значение $t = 0$ соответствует 4-му кварталу 2005 г. Информация за первый учитываемый год (2006 г.) начинается с $t = 1$. Соответственно, $X(t)$ — значение показателя X в квартале t , $X(t - \tau)$ — значение показателя X с лагом в τ кварталов относительно t го, т. е. в квартале $(t - \tau)$.

Экономические показатели, являющиеся эндогенными переменными максимodelей экономики, обозначаются так:

ОТРДОБ, ОТРОБР и ОТРЭГВ — объемы отгруженных товаров, выполненных работ и услуг по добыче полезных ископаемых, по обрабатывающим производствам и по производству и распределению электроэнергии, газа и воды;

ОРС — объем работ по строительству;

ОРТ — оборот розничной торговли;

ОПУ — объем платных услуг населению;

ООТО — оборот оптовой торговли организаций оптовой торговли;

НСПФЕД и НСПСУБ — налоги, сборы и иные обязательные платежи в бюджетах (федеральном и субъектов федерации);

РПРУБО — разность (сальдо) прибылей и убытков организаций;

КЗО и ДЗО — кредиторская и дебиторская задолженность организаций;

НЗР — среднемесячная номинальная зарплата одного работника;

ДДД и ПРД — среднемесячные денежные доходы и потребительские расходы на душу населения;

ЧБРРЕГ — численность безработных, зарегистрированных в службе занятости;

ПРР — потребность работодателей в работниках;

ИППС — индекс промышленного производства (в % к соответствующему кварталу предыдущего года);

ИЦПТ и ИЦСХ — индексы цен производителей промышленных товаров и сельскохозяйственной продукции;

ИЦСП — сводный индекс цен строительной продукции;

ИТГП — индекс тарифов на грузовые перевозки;

ИПЦ — индекс потребительских цен.

Особую группу образуют показатели, далее называемые условно-экзогенными:

КУРДОЛ и КУРЕВР — курсы доллара США и евро (среднеквартальные);

ОТКУРДЕ — отношение курса доллара США к курсу евро;

ИКУРДОЛ и ИКУРЕВР — индексы курсов доллара США и евро.

Эти показатели являются эндогенными переменными максимодели условно-экзогенных показателей. Расчеты по ней выполняются до расчетов по остальным максимоделям. В каждой из них указанные показатели являются экзогенными переменными.

Имеются также показатели, являющиеся экзогенными переменными во всех максимоделях, где используются, и далее называемые глобально-экзогенными. В максимоделях, рассматриваемых в настоящем исследовании, присутствуют следующие показатели этой группы:

СТРЕФ — ставка рефинансирования Банка России;

ИМЦНЕФЮ и ИМЦГАЗ — индексы мировых цен нефти Юралс и природного газа.

2. Методика формирования динамических максимodelей

Для формирования динамических максимodelей предварительно выполняются операции, не зависящие ни от показателей, ни от максимodelей. В базовом периоде выделяется ряд базовых интервалов равной длины так, что любой из них и началом, и концом отличается от следующего на одну точку, а начало первого и конец последнего совпадают, соответственно, с началом и концом всего периода. Каждому базовому интервалу соответствует расположенный непосредственно после него прогнозный интервал, длина которого равна длине прогнозного периода. Для каждой точки базового периода и каждого базового интервала определяется целочисленная функция, условно называемая «степенью удаленности точки от границ интервала», равная нулю для точек, не содержащихся в интервале, единице для точек, являющихся его началом и концом, двум для точек, соседних с его началом и концом интервала, и т. д., вплоть до точек, наиболее удаленных от его границ. Затем для каждой точки значения этой функции нормируются так, чтобы их сумма по интервалам равнялась единице. Полученную таким способом функцию можно условно назвать «весом точки в интервале». Понятия базовых и прогнозных интервалов, а также весов точек необходимы для последующего описания методики и процесса формирования динамических максимodelей.

Каждая максимodelь представляет собой систему одновременных уравнений, связывающих эндогенные и экзогенные переменные, соответствующих теоретическим представлениям макроэкономики и позволяющих рассчитывать значения эндогенных переменных, которые в точках базового и прогнозного периодов были бы по возможности более близки к фактическим, причем особенно важно достижение такой близости для прогнозного периода. Для построения такой системы применяется подход, описанный в [3], успешно использованный в [1] и [2] и модернизированный в настоящем исследовании применительно к динамическим максимodelям.

В данном подходе, подробное описание принципов применения которого приведено в [1], предполагается, что все уравнения системы имеют вид (1), набор переменных, входящих в каждое уравнение с ненулевыми коэффициентами, известен, среди этих переменных имеются эндогенные и predetermined (экзогенные и эндогенные с лаговыми значениями). Для оценивания параметров зависимостей одних эндогенных переменных от других и от predetermined переменных применяется двухшаговый метод наименьших квадратов (МНК).

На первом шаге строятся уравнения зависимостей всех эндогенных переменных от predetermined переменных в базовом периоде так, чтобы вычисленные по ним значения эндогенных переменных были как можно ближе к фактическим. На втором шаге в правой части каждого уравнения фактические значения эндогенных переменных заменяются их вычисленными значениями, после чего применяется обыкновенный МНК: строится уравнение регрессии соответствующей эндогенной переменной по вычисленным значениям других и по predetermined переменным для базового периода. Таким образом, определяются коэффициенты уравнений системы.

В настоящем исследовании данный подход был модернизирован. Сначала, отдельно для каждого базового интервала, формируется с применением двухшагового МНК система уравнений вида (1). Затем, на основе таких систем, формируется объединенная система уравнений вида (2) для базового периода

и вычисляются предварительные значения коэффициентов этих уравнений. Наконец, для каждого такого коэффициента строится уравнение его зависимости от времени в базовом периоде, которое предполагается верным и для прогнозного периода. Вычисленные по этим уравнениям значения коэффициентов уравнений объединенной системы полагаются окончательными.

После определения коэффициентов уравнений объединенной системы, посредством операций обращения и умножения матриц, получается выражение эндогенных переменных только через предопределенные, по значениям которых в точках прогнозного периода вычисляются прогнозные значения эндогенных переменных. При выполнении аналогичных операций в [1] и [2] элементы матриц были постоянны, а в настоящем исследовании они зависят от времени.

Для учета возможно большего количества факторов (переменных) при моделировании экономических показателей посредством построения уравнений регрессии применяется специально разработанная методика, подробно описанная в [1] и [2], далее сокращенно обозначаемая КУР (комбинация уравнений регрессии). Предполагается, что фактор-функция и каждый фактор-аргумент могут быть представлены либо в натуральной, либо в логарифмической форме. При формировании модели сначала строится в виде (1) основное уравнение регрессии, а затем в него подставляются значения факторов-аргументов, вычисляются соответствующие им значения фактора-функции (в ее форме представления) и разности ее фактических и вычисленных величин (дополнительной функции), и строится, также в виде (1), дополнительное уравнение регрессии, выражающее зависимость дополнительной функции от факторов-аргументов, не вошедших в основное уравнение.

Окончательное уравнение модели (комбинация основного и дополнительного уравнений) выражает зависимость фактора-функции от объединенного набора факторов-аргументов этих уравнений и имеет вид (1), а его правая часть получается сложением правых частей этих уравнений. Можно построить и несколько дополнительных уравнений, причем при определении каждого, начиная со второго, роль основного исполняет уравнение, являющееся комбинацией основного и всех предыдущих дополнительных. При этом правая часть окончательного уравнения получается сложением правых частей основного и всех дополнительных уравнений.

По методике КУР можно строить и модели зависимостей факторов только от времени, а, точнее, от функций времени $g_j(t)$ из заданного множества G . Уравнение такой модели формируется как комбинация уравнений регрессии и имеет общий вид

$$Z(t) = d_1 + \sum_{g_j \in G_Z} d_{g_j} g_j(t), \quad (3)$$

где G_Z — множество используемых функций, $G_Z \subset G$.

Множество G функций времени, которые допустимо использовать в таких уравнениях, содержит следующие функции: t , t^2 , t^3 , t^4 , $t^{0.5}$, $\ln(t)$, $(t+1)^2$, $(t+1)^3$, $(t+1)^4$, $(t+1)^{0.5}$, $\ln(t+1)$, $1/t$, $1/t^2$, $1/t^3$, $1/t^4$, $1/t^{0.5}$, $1/\ln(t)$, $1/(t+1)$, $1/(t+1)^2$, $1/(t+1)^3$, $1/(t+1)^4$, $1/(t+1)^{0.5}$, $1/\ln(t+1)$, — а также функции, являющиеся комбинациями тригонометрических со степенными: $t^\alpha \cdot \sin((2\pi/q)t^\beta)$ и $t^\alpha \cdot \cos((2\pi/q)t^\beta)$, где параметры α , β и q могут принимать любые из значений $\alpha=0; 1; 2; 0.5; -1; -2; -0.5; \beta=1; 2; 0.5; q=1; 2; \dots; 12$. При некоторых комбинациях параметров такие функции тождественно равны нулю или единице, либо совпадают с уже упомянутыми, а потому не используются.

3. Процесс формирования динамических максимodelей

В настоящем исследовании рассматриваются динамическая максимodelь условно-экзогенных показателей и такие же максимodelи экономики двух регионов: Северо-Западного федерального округа (без учета субъектов федерации) и Ростовской области, — качество обычных максимodelей которых в выполненных ранее исследованиях [1, 2] было наивысшим по сравнению с другими, т.е. достигался минимум среднего квадратического отклонения (СКО) прогнозных значений от фактических (в среднем по всем показателям). Использованы следующие результаты, полученные ранее:

1) модели зависимостей глобально-экзогенных показателей от времени в расчетном периоде и их расчетные значения, используемые при построении моделей эндогенных переменных и при их совместном прогнозировании;

2) модели зависимостей эндогенных переменных от времени в базовом периоде и их расчетные значения, используемые на втором шаге двухшагового МНК;

3) обычные максимодели в абстрактном варианте, используемые для сравнения с формируемыми динамическими (в том же варианте).

Кроме того, в настоящем исследовании были дополнительно сформированы и протестированы обычные максимодели экономики обоих указанных выше регионов в теоретически адекватном варианте, которые также использовались для сравнения с формируемыми динамическими (в том же варианте). Процесс их формирования и тестирования проходил точно так же, как и для ранее построенных максимodelей [1, 2], а поэтому нет необходимости в его подробном описании.

Перед формированием динамических максимodelей в базовом периоде, длина которого равна 14 кварталам, были выделены три базовых интервала, каждый длиной 12 кварталов: 1-й — с 1-го квартала 2007 г. по 4-й квартал 2009 г., 2-й — с 2-го квартала 2007 г. по 1-й квартал 2010 г., 3-й — с 3-го квартала 2007 г. по 2-й квартал 2010 г. Каждому базовому интервалу соответствовал расположенный непосредственно после него прогнозный интервал длиной 2 квартала. Для точек базового периода были определены их веса в базовых интервалах: например, веса 2-го квартала 2008 г. в 1-м, 2-м и 3-м интервалах оказались равными, соответственно, $2/5$, $1/3$ и $4/15$.

Далее уравнение регрессии считается статистически значимым, если все его коэффициенты статистически значимы, а система таких уравнений для интервалов считается статистически значимой, если все они статистически значимы.

Динамические максимodelи формировались и тестировались в таком порядке: сначала максимodelь условно-экзогенных показателей, затем — максимodelи экономики регионов. Для любой из них выполнялись пять этапов формирования и тестирование.

На первом этапе формировались системы обычных моделей зависимостей эндогенных переменных от других факторов и времени в базовых интервалах. Уравнение модели для каждого интервала строилось в виде (1) как комбинация основного и (при необходимости) дополнительных уравнений, любое из которых могло содержать до 10 аргументов (включая t). Во всех моделях одной системы количества дополнительных уравнений и множества аргументов как основных, так и дополнительных уравнений с одинаковыми номерами должны были совпадать. Таким образом, фактически формировались системы различных уравнений: основных, первых дополнительных и т. д.

Каждая система уравнений строилась за несколько шагов, на любом из которых в нее мог включаться один фактор-аргумент (вместе с ним мог включаться и аргумент t), и должна была быть статистически значимой. Это условие могло не выполняться на нескольких первых шагах построения, но, будучи раз выполненным, должно было соблюдаться впоследствии. Следует особо отметить, что, поскольку коэффициенты построенных основных уравнений моделей для интервалов, вообще говоря, не совпадали, то при построении любой системы дополнительных уравнений значения дополнительных функций для интервалов даже в их общих точках были различны, вследствие чего приходилось использовать три различных множества значений дополнительных функций, каждое из которых было определено только в соответствующем интервале.

Все факторы (функции и аргументы), измеряемые в процентах, использовались в натуральной форме, а остальные — в логарифмической. Набор возможных факторов-аргументов для системы моделей переменной был тем же, что и для ее обычной модели в выполненных ранее исследованиях [1, 2]. Было желательно наличие в системе моделей аргумента t , а в системах моделей эндогенных переменных максимodelей экономики — еще и хотя бы одного фактора-аргумента, отличного от стандартных — условно-экзогенных показателей и индексов мировых цен, — которые могли присутствовать в системе моделей любой эндогенной переменной.

На каждом шаге формирования любой системы уравнений сначала строился набор пар вспомогательных систем. Каждая такая пара получалась путем включения в формируемую систему одного фактора-аргумента и содержала по одной системе с аргументом t и без него. Для каждого уравнения вспомогательных систем вычислялись значения функции в прогнозном интервале и их среднее квадратическое отклонение (СКО) от фактических, а для каждой вспомогательной системы — среднее квадратическое значение таких СКО ее уравнений, которое можно рассматривать как оценку качества прогноза по системе моделей, повышающегося (понижающегося) в γ раз при уменьшении (увеличении) ее величины в γ раз, где $\gamma > 1$. Затем выбирался фактор-аргумент для включения в формируемую систему.

При наличии статистически значимых вспомогательных систем выбор фактора-аргумента зависел от варианта максимodelи. В случае абстрактного варианта выбирался фактор-аргумент, при включении которого в систему моделей качество прогноза по ней было наивысшим. Если при включении нового фактора-аргумента оно не повышалось, то построенная ранее система уравнений полагалась окончательной. В случае

теоретически адекватного варианта отбиралось до четырех вспомогательных систем с наибольшими суммами коэффициентов множественной детерминации уравнений (при условии, что последние соответствуют теории), после чего фактор-аргумент выбирался так же, как и в абстрактном варианте, но допускалось понижение качества прогноза по системе моделей (не более чем вдвое) на каждом, начиная с пятого, шаге построения системы основных уравнений, на каждом шаге построения любой системы дополнительных уравнений и во всем процессе построения такой системы. Если указанные условия нарушались, то при наличии уже построенной статистически значимой системы уравнений она полагалась окончательной; иначе окончательной полагалась вся сформированная ранее система моделей.

Если статистически значимых вспомогательных систем не было, то при наличии уже построенной статистически значимой системы уравнений она полагалась окончательной; иначе выбирался фактор-аргумент, вспомогательная система с которым содержала наибольшее число статистически значимых коэффициентов уравнений, а при равенстве таких чисел для нескольких факторов имела наибольшую сумму коэффициентов множественной детерминации уравнений.

В любом варианте максимодели в случае отсутствия в окончательной системе основных уравнений нестандартных факторов-аргументов в нее принудительно включался тот из них, для которого качество прогноза по полученной системе моделей оказывалось как можно более высоким, после чего формирование системы уравнений могло даже продолжаться при выполнении допустимых условий для качества прогноза.

После окончания построения любой системы уравнений для каждого базового интервала выполнялся второй шаг двухшагового МНК и вычислялись расчетные значения функции в нем и прогнозные — в соответствующем прогнозном интервале. Затем, если сформированная система обычных моделей еще не была окончательной, выполнялся переход к построению очередной системы уравнений. Таким образом, были сформированы системы обычных моделей всех эндогенных переменных.

На втором этапе системы обычных моделей эндогенных переменных преобразовывались в объединенные динамические модели этих переменных. Для любой переменной значения коэффициентов уравнений ее объединенной модели в некоторой точке базового периода получались как суммы трех слагаемых, представлявших собой произведения значений соответствующих коэффициентов уравнений ее моделей для интервалов на веса данной точки в интервалах. Вычисленные значения коэффициентов были лишь предварительными, а окончательные предстояло определить на третьем этапе, причем не только в базовом, но и в прогнозном периоде.

На третьем этапе формировались модели зависимостей коэффициентов уравнений динамических моделей эндогенных переменных от времени в базовом периоде. В качестве значений моделируемых факторов использовались предварительные значения коэффициентов этих уравнений. Для моделирования использовались функции времени из множества G_M ($G_M \subset G$), сформированного на основе множества G путем удаления из него многих функций вида $t^\alpha \cdot \sin((2\pi/q)t^\beta)$ и $t^\alpha \cdot \cos((2\pi/q)t^\beta)$: использовались только те, у которых параметры β и q принимают значения: $\beta = 1$; $q = 2; 3; \dots; 6$ (параметр α принимает те же значения, что и для множества G).

Уравнение модели каждого коэффициента уравнения динамической модели любой эндогенной переменной представляло собой основное уравнение вида (3) (без дополнительных уравнений), содержало 4 функции времени, строилось за 4 шага, на каждом из которых в модель могла включаться одна функция времени, и должно было быть статистически значимым, начиная с первого шага построения. На каждом шаге предпочтение для включения в модель отдавалось функции с максимальным по модулю коэффициентом корреляции с разностью моделируемого фактора и результата его расчета по модели, полученной на предыдущем шаге, но при необходимости в модель включалась другая функция. Предполагалось, что сформированная модель коэффициента уравнения динамической модели справедлива и для прогнозного периода. По ней вычислялись расчетные и прогнозные значения этого коэффициента, которые полагались окончательными. Таким образом, были определены коэффициенты уравнений вида (2) в базовом и прогнозном периодах для всех эндогенных переменных.

При разбиении множества факторов-аргументов динамической модели на множества эндогенных и предопределенных и с учетом использования двухшагового МНК построенные уравнения можно записать в виде

$$F_Z(Z(t)) = b_1(t) + \sum_{x_j \in X_{Z1}} b_{x_j}(t) F_{x_j}(x_j(t)^p) + \sum_{x_j \in X_{Z2}} b_{x_j}(t) F_{x_j}(x_j(t)) + b_t(t)t, \quad (4)$$

где $x_j(t)^p$ — значение $x_j(t)$, вычисленное по модели его зависимости от времени, $F_Z(Z(t))$, $F_{x_j}(x_j(t)^p)$,

$F_{x_j}(x_j(t))$ — соответственно, значения $Z(t)$, $x_j(t)^p$, $x_j(t)$ в их формах представления, X_{Z1} и X_{Z2} — соответственно, множества эндогенных и предопределенных факторов-аргументов (одно из них может быть пустым).

На четвертом этапе по динамическим моделям эндогенных переменных, с использованием коэффициентов уравнений, определенных на третьем этапе, вычислялись расчетные значения этих переменных в базовом периоде и прогнозные — в прогнозном.

На пятом этапе формировались модели зависимостей остаточных членов динамических моделей эндогенных переменных от времени в расчетном периоде. Остаточный член модели переменной — это некоторый фактор, отражающий влияние на переменную всех факторов, не включенных в уравнение вида (4), и обозначаемый как $r(F_Z(Z(t)))$. Для переменной $Z(t)$, уравнение модели которой имеет вид (4), его значение равно разности фактического и вычисленного с применением этого уравнения значений $F_Z(Z(t))$. Поэтому расширенное уравнение динамической модели $Z(t)$ имеет вид

$$F_Z(Z(t)) = b_1(t) + \sum_{x_j \in X_{Z1}} b_{x_j}(t) F_{x_j}(x_j(t)^p) + \sum_{x_j \in X_{Z2}} b_{x_j}(t) F_{x_j}(x_j(t)) + b_t(t)t + [r(F_Z(Z(t)))]^p, \quad (5)$$

где $[r(F_Z(Z(t)))]^p$ — значение $r(F_Z(Z(t)))$, вычисленное по модели зависимости этого фактора от времени.

Уравнение модели остаточного члена динамической модели любой переменной строилось по методике КУР в виде (3). Каждое уравнение в комбинации содержало одну функцию времени и могло не быть статистически значимым. На каждом шаге вычислялась разность остаточного члена и результата его расчета по модели, полученной на предыдущем шаге, а предпочтение для включения в модель отдавалось функции, для которой среднее абсолютное отклонение (САО) расчетных значений такой разности от фактических в прогнозном периоде было минимальным. Если на некотором шаге значение такого САО не уменьшалось по сравнению с полученным на предыдущем, то построенная модель полагалась окончательной. После подстановки величин $[r(F_Z(Z(t)))]^p$ в (5) заново вычислялись расчетные и прогнозные значения эндогенных переменных, в результате чего прогнозные значения существенно приближались к фактическим.

Тестирование максимодели происходило путем совместного прогнозирования эндогенных переменных, при котором учитывалось использование различных форм представления переменных и остаточных членов моделей. Прогнозные значения эндогенных переменных вычислялись по формулам, выражающим эти переменные только через предопределенные (включая t) и остаточные члены моделей. Для каждой эндогенной переменной вычислялось СКО ее прогнозных значений от фактических в прогнозном периоде. В целом процесс тестирования проходил так же, как и аналогичный процесс, подробно описанный в [1], но с учетом того, что в формулах для эндогенных переменных элементы матриц и векторов уже не постоянны, а зависят от времени.

4. Сформированные динамические максимодели и результаты их тестирования

В настоящем исследовании все динамические максимодели были сформированы в абстрактном варианте, а максимодели экономики регионов — также и в теоретически адекватном варианте. Далее все динамические максимодели представлены сокращенно — как системы уравнений вида (4) в которых верхние индексы «р» у эндогенных факторов-аргументов опущены, а все коэффициенты соответствуют 4-му кварталу 2009 г. Для других кварталов вид любой максимодели аналогичен представленному (с заменой коэффициентов уравнений).

Динамическая максимодель условно-экзогенных показателей (с пятью эндогенными переменными), результаты тестирования которой представлены в табл. 1, в 4-м квартале 2009 г. имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \ln \text{КУРДОЛ}(t) &= 3,530672 - 0,0044\text{ИМЦГАЗ}(t) + 0,019511t; \\ \ln \text{КУРЕВР}(t) &= 3,73644 - 0,00283\text{ИМЦГАЗ}(t) + 0,018207t; \\ \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) &= \ln \text{КУРДОЛ}(t) - \ln \text{КУРЕВР}(t); \\ \text{ИКУРДОЛ}(t) &= 139,8245 - 0,20085\text{ИМЦНЕФЮ}(t) - 0,16784\text{ИМЦГАЗ}(t); \\ \text{ИКУРЕВР}(t) &= 116,9874 - 0,15461\text{ИМЦГАЗ}(t). \end{aligned}$$

Были сформированы оба варианта динамической максимодели экономики Северо-Западного федерального округа (с 23 эндогенными переменными в каждом).

Таблица 1

Результаты тестирования динамической максимодели условно-экзогенных показателей

Обознач. показателя	Единица измерения	3-й квартал 2010 г.		4-й квартал 2010 г.		СКО(%)
		Факт	Прогноз	Факт	Прогноз	
КУРДОЛ	руб.	30,62	30,62300	30,71	30,71006	0,006936
КУРЕВР	руб.	39,47	39,47000	41,76	41,76079	0,001337
ОТКУРДЕ	отнош.	0,7758	0,775876	0,7354	0,735388	0,007040
ИКУРДОЛ	% к пред.	98,9	98,91467	100,1	100,1005	0,010496
ИКУРЕВР	% к пред.	105,2	105,1986	101,7	101,7028	0,002148

Абстрактный вариант, результаты тестирования которого представлены в табл. 2, в 4-м квартале 2009 г. имеет следующий вид:

$$\ln \text{ОТРДОБ}(t) = 5,512544 + 0,423335 \ln \text{ОТРОБР}(t) + 0,020229t;$$

$$\ln \text{ОТРОБР}(t) = 5,335269 + 0,935224 \ln \text{ПРР}(t) + 0,234785 \ln \text{ОТРЭГВ}(t) + 0,045353t;$$

$$\ln \text{ОТРЭГВ}(t) = 58,83486 - 1,9568 \ln \text{ОТРДОБ}(t) - 4,61039 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) - \\ - 2,09594 \ln \text{ДЗО}(t) + 0,2293t;$$

$$\ln \text{ОРС}(t) = -33,8998 + 3,976092 \ln \text{НЗР}(t) - 0,10667 \text{ИПЦ}(t) + 0,036401 \text{ИЦСП}(t) + \\ + 0,803624 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) + 0,007632 \text{ИЦСХ}(t) + 1,094434 \ln \text{КЗО}(t) - \\ - 0,20332t;$$

$$\ln \text{ОРТ}(t) = 2,124923 + 1,101171 \ln \text{ПРД}(t) + 0,003152 \text{ИПЦ}(t) - 0,00278t;$$

$$\ln \text{ОПУ}(t) = 6,611417 + 0,526723 \ln \text{ПРД}(t) + 0,010395t;$$

$$\ln \text{ООТО}(t) = 5,44681 + 0,444455 \ln \text{ОТРОБР}(t) + 0,014965 \text{ИПЦ}(t) + 0,011481t;$$

$$\ln \text{НСПФЕД}(t) = -27,3547 + 3,332975 \ln \text{ОПУ}(t) - 1,81849 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) - 0,09758t;$$

$$\ln \text{НСПСУБ}(t) = -21,2479 + 2,848833 \ln \text{ОПУ}(t) + 0,004199 \text{ИМЦГАЗ}(t) - 0,05898t;$$

$$\ln \text{РПРУБО}(t) = -41,5189 + 6,325357 \ln \text{ОТРДОБ}(t) - 1,39511 \ln \text{ОРС}(t) - 0,16095t;$$

$$\ln \text{КЗО}(t) = 12,41311 - 0,00497 \text{ИЦСХ}(t) + 0,09313 \ln \text{ОРС}(t) - 0,00119 \text{ИППС}(t) + \\ + 0,007757 \text{ИПЦ}(t) + 0,000265 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) + 0,052247t;$$

$$\ln \text{ДЗО}(t) = 14,19612 - 0,78445 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) - 0,03369 \ln \text{РПРУБО}(t - 1) - \\ - 0,00096 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) - 0,00407 \text{ИЦСХ}(t) + 0,055946t;$$

$$\ln \text{НЗР}(t) = 7,828866 + 0,089802 \ln \text{ОРС}(t) + 0,053894 \ln \text{ОТРЭГВ}(t) - \\ - 0,49123 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) - 0,01972 \ln \text{РПРУБО}(t) + 0,035644t;$$

$$\ln \text{ДДД}(t) = 7,188179 + 0,190252 \ln \text{ОТРДОБ}(t) + 0,026529t;$$

$$\ln \text{ПРД}(t) = -1,59312 + 0,879577 \ln \text{ОРТ}(t) - 0,0027 \text{ИПЦ}(t) + 0,0034t;$$

$$\ln \text{ЧБРРЕГ}(t) = 12,37182 - 0,96759 \ln \text{ПРР}(t) - 0,29194 \ln \text{ОТРЭГВ}(t) + 0,032015t;$$

$$\ln \text{ПРР}(t) = -2,50044 + 0,816419 \ln \text{ОТРОБР}(t) - 0,24578 \ln \text{ОТРЭГВ}(t) - 0,0459t;$$

$$\text{ИППС}(t) = 212,5062 - 6,60851 \text{СТРЕФ}(t) - 2,14097 \ln \text{РПРУБО}(t) - 1,5705t;$$

$$\text{ИЦПТ}(t) = -122,302 + 20,77672 \ln \text{ОТРДОБ}(t) - 0,84319t;$$

$$\text{ИЦСХ}(t) = -231,039 + 14,83702 \ln \text{ОТРЭГВ}(t) + 14,3275 \ln \text{ОТРОБР}(t) - 1,62605t;$$

$$\text{ИЦСП}(t) = 251,0756 - 47,9831 \ln \text{КУРЕВР}(t) + 1,561696 \ln \text{РПРУБО}(t) + \\ + 0,120504 \text{ИКУРДОЛ}(t) - 0,09984 \text{ИМЦГАЗ}(t) + 0,631032t;$$

$$\text{ИТГП}(t) = 426,6076 - 15,8962 \ln \text{ОРС}(t) - 44,4051 \ln \text{КУРДОЛ}(t) + 1,51782t;$$

$$\text{ИПЦ}(t) = 490,8247 - 25,1759 \ln \text{ОПУ}(t) - 6,54723 \ln \text{ЧБРРЕГ}(t) - 5,80839 \ln \text{ОТРОБР}(t) +$$

$$+ 0,969675t.$$

Теоретически адекватный вариант, результаты тестирования которого представлены в табл. 3, в 4-м квартале 2009 г. имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \ln \text{ОТРДОБ}(t) = & 14,55071 + 0,022735\text{ИЦПТ}(t) - 0,03681\text{ИПЦ}(t) - 1,11603 \ln \text{КУРДОЛ}(t) - \\ & - 0,00665\text{ИТГП}(t) + 0,007294\text{ИЦСХ}(t) + 0,654243 \ln \text{ДЗО}(t) - \\ & - 0,82702 \ln \text{НЗР}(t) + 0,054658t; \end{aligned}$$

Таблица 2

Результаты тестирования абстрактного варианта динамической максимодели экономики Северо-Западного федерального округа

Обознач. показателя	Единица измерения	3-й квартал 2010 г.		4-й квартал 2010 г.		СКО(%)
		Факт	Прогноз	Факт	Прогноз	
ОТРДОБ	млн руб.	109182	109214,3	116052	116068,7	0,023249
ОТРОБР	млн руб.	727336	727557,0	824387	824791,7	0,040819
ОТРЭГВ	млн руб.	67641	67574,81	114268	114261,7	0,069306
ОРС	млн руб.	156535,0	156388,9	189357,0	189295,1	0,069940
ОРТ	млн руб.	386709,6	386679,4	426291,0	426309,2	0,006288
ОПУ	млн руб.	135265,4	135256,9	138066,7	138071,6	0,005118
ООТО	млн руб.	581707,5	581873,1	616438,5	616337,1	0,023250
НСПФЕД	млн руб.	66114,7	66083,68	73122,0	73142,23	0,038515
НСПСУБ	млн руб.	126832,5	126811,5	139015,1	139032,1	0,014543
РПРУБО	млн руб.	177170	177699,5	194097	194410,2	0,240153
КЗО	млн руб.	2326524	2326549	2521026	2520723	0,008533
ДЗО	млн руб.	2046151	2046148	2210183	2209894	0,009244
НЗР	руб.	23349,8	23345,26	26210,9	26207,89	0,015962
ДДД	руб.	19550,3	19552,62	23316,0	23316,42	0,008498
ПРД	руб.	13461,5	13460,46	14563,0	14563,60	0,006197
ЧБРРЕГ	тыс.чел.	121,5	121,4570	111,0	110,9563	0,037443
ПРР	тыс.чел.	143,69	143,7666	128,79	128,8531	0,051203
ИППС	% к соот.	105,9	105,8937	107,5	107,5003	0,004231
ИЦПТ	% к пред.	103,7	103,7030	106,2	106,2047	0,003732
ИЦСХ	% к пред.	107,4	107,3891	109,0	109,0114	0,010302
ИЦСП	% к пред.	103,2	103,2061	101,0	101,0032	0,004712
ИТГП	% к пред.	108,0	108,0148	97,3	97,30693	0,010912
ИПЦ	% к пред.	101,6	101,6033	102,5	102,4991	0,002380

$$\ln \text{ОТРОБР}(t) = 12,61595 + 0,704785 \ln \text{ПРР}(t) + 0,209065 \ln \text{ОТРЭГВ}(t) - \\ - 0,75753 \ln \text{ДЗО}(t) + 0,479566 \ln \text{ОТРДОБ}(t) - 0,00862 \text{ИЦПТ}(t) + \\ + 0,066889t;$$

$$\ln \text{ОТРЭГВ}(t) = 23,0392 - 0,59247 \ln \text{ОТРДОБ}(t) - 1,47957 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) - \\ - 1,5448 \ln \text{ДЗО}(t) + 0,140645 \text{ИПЦ}(t) - 0,12197 \text{ИЦСП}(t) + \\ + 1,091611 \ln \text{ОТРОБР}(t) - 0,01259 \text{ИЦПТ}(t) + 0,119199t;$$

Таблица 3

Результаты тестирования теоретически адекватного варианта динамической максимодели экономики Северо-Западного федерального округа

Обознач. показателя	Единица измерения	3-й квартал 2010 г.		4-й квартал 2010 г.		СКО(%)
		Факт	Прогноз	Факт	Прогноз	
ОТРДОБ	млн руб.	109182	109129,2	116052	115868,3	0,117048
ОТРОБР	млн руб.	727336	726324,5	824387	824466,8	0,098577
ОТРЭГВ	млн руб.	67641	67416,63	114268	115267,2	0,661299
ОРС	млн руб.	156535,0	156215,8	189357,0	189619,2	0,174301
ОРТ	млн руб.	386709,6	386571,0	426291,0	426508,2	0,044052
ОПУ	млн руб.	135265,4	135280,3	138066,7	137966,8	0,051756
ООТО	млн руб.	581707,5	581357,1	616438,5	616430,3	0,042601
НСПФЕД	млн руб.	66114,7	66054,44	73122,0	72841,99	0,278340
НСПСУБ	млн руб.	126832,5	126754,1	139015,1	138900,9	0,072680
РПРУБО	млн руб.	177170	177608,2	194097	191044,5	1,125711
КЗО	млн руб.	2326524	2327066	2521026	2519937	0,034701
ДЗО	млн руб.	2046151	2046947	2210183	2208681	0,055353
НЗР	руб.	23349,8	23336,37	26210,9	26237,08	0,081498
ДДД	руб.	19550,3	19529,97	23316,0	23337,56	0,098390
ПРД	руб.	13461,5	13456,65	14563,0	14568,11	0,035589
ЧБРРЕГ	тыс.чел.	121,5	121,5215	111,0	111,0949	0,061755
ПРР	тыс.чел.	143,69	143,6931	128,79	128,4552	0,183804
ИППС	% к соот.	105,9	105,9087	107,5	107,4422	0,038487
ИЦПТ	% к пред.	103,7	103,7132	106,2	106,1556	0,030933
ИЦСХ	% к пред.	107,4	107,3061	109,0	109,1392	0,109429
ИЦСП	% к пред.	103,2	103,2053	101,0	100,9740	0,018550
ИТГП	% к пред.	108,0	108,1145	97,3	97,22668	0,091961
ИПЦ	% к пред.	101,6	101,5960	102,5	102,5195	0,013759

$$\begin{aligned}
\ln \text{ОРС}(t) &= -33,8998 + 3,976092 \ln \text{НЗР}(t) - 0,10667 \text{ИПЦ}(t) + 0,036401 \text{ИЦСП}(t) + \\
&+ 0,803624 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) + 0,007632 \text{ИЦСХ}(t) + 1,094434 \ln \text{КЗО}(t) - \\
&- 0,20332t; \\
\ln \text{ОРТ}(t) &= 11,79954 - 0,29197 \ln \text{ЧБРРЕГ}(t) + 0,041627 \ln \text{ОТРЭГВ}(t) + 0,43362 \ln \text{ДДД}(t) - \\
&- 0,21461 \ln \text{ОТРОБР}(t) + 0,03668t; \\
\ln \text{ОПУ}(t) &= 8,717877 + 1,823586 \ln \text{ПРД}(t) - 1,29316 \ln \text{НЗР}(t) - 0,00807 \text{ИПЦ}(t) - \\
&- 0,00289 \text{ИППС}(t) - 0,11043 \ln \text{КУРДОЛ}(t) + 0,017984t; \\
\ln \text{ООТО}(t) &= 5,44681 + 0,444455 \ln \text{ОТРОБР}(t) + 0,014965 \text{ИПЦ}(t) + 0,011481t; \\
\ln \text{НСПФЕД}(t) &= -11,9421 + 3,332975 \ln \text{ОПУ}(t) - 1,81849 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) - \\
&- 1,3295 \ln \text{ОРС}(t) + 0,007596 \text{ИЦСХ}(t) - 0,00619 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) - \\
&- 0,02204 \text{ИТГП}(t) + 1,687538 \ln \text{НСПСУБ}(t) - 1,40066 \ln \text{ОРТ}(t) - 0,04485t; \\
\ln \text{НСПСУБ}(t) &= -16,7895 + 2,453099 \ln \text{ОПУ}(t) + 0,480718 \ln \text{ОТРОБР}(t) - \\
&- 0,60869 \ln \text{КУРДОЛ}(t) - 0,12733 \ln \text{НСПФЕД}(t - 1) - 0,02267 \text{ИЦСП}(t) - \\
&- 0,05304t; \\
\ln \text{РПРУБО}(t) &= 49,55703 + 4,953987 \ln \text{ОТРДОБ}(t) - 0,82661 \ln \text{ОРС}(t) - \\
&- 0,65748 \ln \text{ОТРЭГВ}(t) + 0,010839 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) - 5,32966 \ln \text{ОРТ}(t) + \\
&+ 0,013003 \text{ИМЦГАЗ}(t) - 0,0356 \text{ИЦПТ}(t) - 0,95288 \ln \text{НСПСУБ}(t - 1) + \\
&+ 0,011283 \text{ИЦСХ}(t) + 0,090466t; \\
\ln \text{КЗО}(t) &= 11,42023 - 0,00508 \text{ИЦСХ}(t) + 0,093902 \ln \text{ОРС}(t) - 0,00277 \text{ИППС}(t) + \\
&+ 0,018831 \text{ИПЦ}(t) - 0,00038 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) + 0,03165 \ln \text{РПРУБО}(t) - \\
&- 0,00351 \text{ИЦПТ}(t) + 0,000663 \text{ИЦСП}(t) + 0,051393t; \\
\ln \text{ДЗО}(t) &= 14,19612 - 0,78445 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) - 0,03369 \ln \text{РПРУБО}(t - 1) - \\
&- 0,00096 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) - 0,00407 \text{ИЦСХ}(t) + 0,055946t; \\
\ln \text{НЗР}(t) &= 5,661126 + 0,07039 \ln \text{ОРС}(t) + 0,033276 \ln \text{ОТРЭГВ}(t) - \\
&- 0,34204 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) - 0,07125 \ln \text{РПРУБО}(t) + \\
&+ 0,000938 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) + 0,289187 \ln \text{ОТРДОБ}(t) + 0,028295t; \\
\ln \text{ДДД}(t) &= 15,66832 + 0,387366 \ln \text{ОТРДОБ}(t) + 0,401521 \ln \text{ОРС}(t) - 1,3242 \ln \text{ОПУ}(t) + \\
&+ 0,835025 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) + 0,047906t; \\
\ln \text{ПРД}(t) &= 7,455661 + 0,077499 \ln \text{ОРС}(t) + 0,051916 \ln \text{ОТРЭГВ}(t) - \\
&- 0,24737 \ln \text{ЧБРРЕГ}(t) + 0,283921 \ln \text{КУРЕВР}(t) + \\
&+ 0,0005 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) + 0,037145t; \\
\ln \text{ЧБРРЕГ}(t) &= 6,66413 - 0,71675 \ln \text{ПРР}(t) - 0,19158 \ln \text{ОТРЭГВ}(t) + \\
&+ 0,004653 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) - 0,01057 \text{ИЦПТ}(t) + 0,08344 \ln \text{РПРУБО}(t - 1) + \\
&+ 0,954443 \ln \text{КУРДОЛ}(t) + 0,019104t; \\
\ln \text{ПРР}(t) &= 3,191308 - 0,26598 \ln \text{ОТРЭГВ}(t) - 0,00371 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) - \\
&- 1,56017 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) + 0,379882 \ln \text{ОТРОБР}(t) - 0,03512t; \\
\text{ИППС}(t) &= -142,054 - 2,67934 \text{СТРЕФ}(t) + 0,366878 \text{ИМЦГАЗ}(t) + \\
&+ 67,34409 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) + 1,619974 \ln \text{РПРУБО}(t) + 59,7355 \ln \text{ОПУ}(t) - \\
&- 0,12285 \text{ИЦСХ}(t) + 0,343145 \text{ИЦПТ}(t) + 10,33185 \ln \text{НСПСУБ}(t - 1) - \\
&- 0,96624 \text{ИЦСП}(t) - 34,5479 \ln \text{ДЗО}(t) - 1,01111t; \\
\text{ИЦПТ}(t) &= -168,954 + 18,37509 \ln \text{ОТРДОБ}(t) + 0,333778 \text{ИКУРЕВР}(t) + \\
&+ 0,127949 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) + 0,230263 \text{ИТГП}(t) - 0,65093t; \\
\text{ИЦСХ}(t) &= -608,061 + 16,76168 \ln \text{ОТРЭГВ}(t) + 26,45835 \ln \text{ОТРОБР}(t) + \\
&+ 58,03755 \ln \text{КУРЕВР}(t) - 3,15574t;
\end{aligned}$$

$$\text{ИЦСП}(t) = 251,0756 - 47,9831 \ln \text{КУРЕВР}(t) + 1,561696 \ln \text{РПРУБО}(t) + \\ + 0,120504 \text{ИКУРДОЛ}(t) - 0,09984 \text{ИМЦГАЗ}(t) + 0,631032t;$$

$$\text{ИТГП}(t) = 1417,232 - 14,8158 \ln \text{ОРС}(t) - 76,5851 \ln \text{КУРЕВР}(t) - 59,0658 \ln \text{ООТО}(t) - \\ - 42,0433 \ln \text{КУРДОЛ}(t) + 3,919864t;$$

$$\text{ИПЦ}(t) = 509,9471 - 29,1456 \ln \text{ОПУ}(t) - 12,5751 \ln \text{ЧБРРЕГ}(t) - 17,5537 \ln \text{ОТРОБР}(t) + \\ + 0,103384 \text{ИЦПТ}(t) + 20,52945 \ln \text{ДДД}(t) + 0,999627t.$$

Были сформированы оба варианта динамической максимодели экономики Ростовской области (с 21 эндогенной переменной в каждом).

Таблица 4

Результаты тестирования абстрактного варианта динамической максимодели экономики Ростовской области

Обознач. показателя	Единица измерения	3-й квартал 2010 г.		4-й квартал 2010 г.		СКО(%)
		Факт	Прогноз	Факт	Прогноз	
ОТРДОБ	млн руб.	3214	3215,739	3860	3862,113	0,054416
ОТРОБР	млн руб.	92841	92879,98	102810	102835,2	0,034390
ОТРЭГВ	млн руб.	14759	14755,73	19167	19167,55	0,015788
ОРС	млн руб.	21457,4	21466,61	20645,5	20647,79	0,031347
ОРТ	млн руб.	116933,0	116949,4	125760,1	125748,0	0,012047
ОПУ	млн руб.	27283,9	27286,20	27472,1	27469,94	0,008146
ООТО	млн руб.	154308,8	154358,2	145503,1	145495,3	0,022940
НСПСУБ	млн руб.	18589,6	18593,49	20953,1	20954,04	0,015131
КЗО	млн руб.	263037	263026,4	272657	272695,9	0,010498
ДЗО	млн руб.	225960	225965,4	237651	237684,6	0,010136
НЗР	руб.	15123,6	15124,88	16626,9	16625,83	0,007517
ДДД	руб.	14243,8	14247,15	16075,9	16076,99	0,017327
ПРД	руб.	11770,6	11772,16	12490,4	12489,30	0,011264
ЧБРРЕГ	тыс.чел.	29,6	29,59255	28,1	28,09697	0,019358
ПРР	тыс.чел.	34,05	34,06323	26,96	26,96713	0,033235
ИППС	% к соот.	120,0	120,0017	115,5	115,5174	0,010677
ИЦПТ	% к пред.	101,9	101,9058	105,3	105,2987	0,004079
ИЦСХ	% к пред.	108,7	108,7001	115,6	115,5999	0,000054
ИЦСП	% к пред.	103,1	103,1032	102,1	102,1005	0,002238
ИТГП	% к пред.	100,0	99,99386	100,0	100,0009	0,004391
ИПЦ	% к пред.	101,9	101,8981	102,1	102,1027	0,002280

Абстрактный вариант, результаты тестирования которого представлены в табл. 4, в 4-м квартале 2009 г. имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \ln \text{ОТРДОБ}(t) &= 5,110116 + 0,362219 \ln \text{ОРС}(t) - 0,03373t; \\ \ln \text{ОТРОБР}(t) &= 4,02727 + 0,051535 \text{ИЦСП}(t) + 0,351436 \ln \text{ОТРДОБ}(t) - \\ &\quad - 0,01341 \text{ИТГП}(t) + 0,034679t; \\ \ln \text{ОТРЭГВ}(t) &= 6,060133 + 0,028109 \text{ИТГП}(t) + 0,040753t; \\ \ln \text{ОРС}(t) &= -12,7849 + 2,493486 \ln \text{НСПСУБ}(t) - 0,00526 \text{ИМЦГАЗ}(t) - 0,07932t; \\ \ln \text{ОРТ}(t) &= 1,551504 + 1,08436 \ln \text{ПРД}(t) + 0,000416 \text{ИМЦГАЗ}(t) - 0,00478t; \\ \ln \text{ОПУ}(t) &= 8,495415 + 0,278967 \ln \text{ПРД}(t) - 0,01293 \text{ИПЦ}(t) + 0,020382t; \\ \ln \text{ООТО}(t) &= 17,02285 + 0,008914 \text{ИППС}(t) - 0,05831 \text{ИПЦ}(t) - 0,01618t; \\ \ln \text{НСПСУБ}(t) &= 11,35966 - 0,02281 \text{ИТГП}(t) - 0,78556 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) + \\ &\quad + 0,193566 \ln \text{ОТРДОБ}(t) - 0,00146 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) - \\ &\quad - 0,1765 \ln \text{ОТРЭГВ}(t) + 0,047181t; \\ \ln \text{КЗО}(t) &= 9,19448 + 0,024013 \text{ИПЦ}(t) + 0,04824t; \\ \ln \text{ДЗО}(t) &= 7,35142 + 0,208604 \ln \text{ОТРДОБ}(t) + 0,776352 \ln \text{КУРЕВР}(t) - \\ &\quad - 0,00808 \text{ИЦПТ}(t) + 0,004508 \text{ИТГП}(t) + 0,04788t; \\ \ln \text{НЗР}(t) &= 2,368202 + 0,428447 \ln \text{ОРТ}(t) - 0,25024 \ln \text{ПРР}(t) + 0,256996 \ln \text{ОТРОБР}(t) + \\ &\quad + 0,013266t; \\ \ln \text{ДДД}(t) &= 7,368388 + 0,185863 \ln \text{ОТРДОБ}(t) + 0,041119t; \\ \ln \text{ПРД}(t) &= -1,9253 + 0,846494 \ln \text{ОРТ}(t) - 0,00023 \text{ИМЦГАЗ}(t) + 0,103576 \ln \text{ОПУ}(t) + \\ &\quad + 0,036465 \ln \text{ДДД}(t) + 0,002077t; \\ \ln \text{ЧБРРЕГ}(t) &= 9,558037 - 0,58421 \ln \text{ОТРОБР}(t) + 0,033259t; \\ \ln \text{ПРР}(t) &= -6,93998 + 1,001593 \ln \text{ОТРОБР}(t) - 0,0648t; \\ \text{ИППС}(t) &= 1413,845 - 4,05487 \text{СТРЕФ}(t) + 21,10295 \ln \text{ПРР}(t) - 184,678 \ln \text{ОПУ}(t) + \\ &\quad + 36,9259 \ln \text{ООТО}(t) + 5,534533t; \\ \text{ИЦПТ}(t) &= 116,1688 - 1,26531 \text{СТРЕФ}(t) + 0,047496 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) - 0,46273t; \\ \text{ИЦСХ}(t) &= 143,0836 - 3,2988 \text{СТРЕФ}(t) + 0,135642 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) - 1,61009t; \\ \text{ИЦСП}(t) &= 81,86301 + 3,536325 \ln \text{ОРС}(t) - 0,82752 \text{СТРЕФ}(t) - 0,40165t; \\ \text{ИТГП}(t) &= 277,6753 - 19,8988 \ln \text{НЗР}(t) + 0,991868t; \\ \text{ИПЦ}(t) &= 340,1704 - 24,4353 \ln \text{ОПУ}(t) + 0,568034t. \end{aligned}$$

Теоретически адекватный вариант, результаты тестирования которого представлены в табл. 5, в 4-м квартале 2009 г. имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \ln \text{ОТРДОБ}(t) &= -22,4652 + 0,006388 \text{ИМЦГАЗ}(t) + 3,987113 \ln \text{ДЗО}(t) + \\ &\quad + 0,386427 \ln \text{ПРР}(t) - 1,60713 \ln \text{КЗО}(t) + 0,020386 \text{ИПЦ}(t) - 0,18218t; \\ \ln \text{ОТРОБР}(t) &= 5,225646 + 0,03606 \text{ИЦСП}(t) + 0,182674 \ln \text{ОТРДОБ}(t) + \\ &\quad + 0,234293 \ln \text{ОРС}(t) - 0,52584 \ln \text{КУРЕВР}(t) + 0,033698t; \\ \ln \text{ОТРЭГВ}(t) &= 0,546236 - 0,3071 \ln \text{ОРС}(t) - 0,00432 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) + 0,044817 \text{ИПЦ}(t) + \\ &\quad + 0,929418 \ln \text{НЗР}(t) - 0,40422 \ln \text{ПРР}(t) + 0,003622 \text{ИМЦГАЗ}(t) - 0,00931t; \\ \ln \text{ОРС}(t) &= -9,28824 + 2,493486 \ln \text{НСПСУБ}(t) - 0,00526 \text{ИМЦГАЗ}(t) - 0,03399 \text{ИПЦ}(t) - \\ &\quad - 0,07932t; \\ \ln \text{ОРТ}(t) &= 1,359102 + 1,092136 \ln \text{ПРД}(t) + 0,000479 \text{ИМЦГАЗ}(t) + \\ &\quad + 0,056888 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) + 0,00139 \text{ИПЦ}(t) - 0,000062 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) - \\ &\quad - 0,00484t; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln \text{ОПУ}(t) &= 10,42056 - 0,01138 \text{ИПЦ}(t) - 0,24742 \ln \text{ЧБРРЕГ}(t) - 0,00148 \text{ИМЦГАЗ}(t) + \\ &+ 0,153965 \ln \text{ДДД}(t) + 0,029263t; \\ \ln \text{ООТО}(t) &= 7,041012 - 0,92592 \ln \text{КУРДОЛ}(t) + 1,023475 \ln \text{ОРТ}(t) - 0,03616 \text{ИПЦ}(t) + \\ &+ 0,001743 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) - 0,03583t; \\ \ln \text{НСПСУБ}(t) &= 7,080025 + 0,202806 \ln \text{ОРС}(t) - 0,48301 \ln \text{КУРДОЛ}(t) - \\ &- 0,00882 \text{ИТГП}(t) + 0,224173 \ln \text{ОРТ}(t) + 0,000538 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) + \\ &+ 0,036055t; \\ \ln \text{КЗО}(t) &= 3,990561 + 0,024013 \text{ИПЦ}(t) + 0,809941 \ln \text{КУРДОЛ}(t) + \\ &+ 0,144379 \ln \text{ОТРДОБ}(t) + 0,013984 \text{ИЦСП}(t) + 0,038083t; \end{aligned}$$

Таблица 5

Результаты тестирования теоретически адекватного варианта динамической максимодели экономики Ростовской области

Обознач. показателя	Единица измерения	3-й квартал 2010 г.		4-й квартал 2010 г.		СКО(%)
		Факт	Прогноз	Факт	Прогноз	
ОТРДОБ	млн руб.	3214	3212,020	3860	3853,683	0,123638
ОТРОБР	млн руб.	92841	92903,97	102810	102863,1	0,060292
ОТРЭГВ	млн руб.	14759	14744,25	19167	19147,66	0,100442
ОРС	млн руб.	21457,4	21502,47	20645,5	20688,85	0,210016
ОРТ	млн руб.	116933,0	117041,3	125760,1	125909,7	0,106597
ОПУ	млн руб.	27283,9	27294,38	27472,1	27478,44	0,031682
ООТО	млн руб.	154308,8	154495,8	145503,1	145691,3	0,125320
НСПСУБ	млн руб.	18589,6	18604,27	20953,1	20969,81	0,079349
КЗО	млн руб.	263037	263009,4	272657	272596,6	0,017330
ДЗО	млн руб.	225960	225924,1	237651	237564,0	0,028218
НЗР	руб.	15123,6	15130,27	16626,9	16632,00	0,037987
ДДД	руб.	14243,8	14260,47	16075,9	16104,60	0,150948
ПРД	руб.	11770,6	11780,69	12490,4	12503,98	0,097874
ЧБРРЕГ	тыс.чел.	29,6	29,59609	28,1	28,10296	0,011953
ПРР	тыс.чел.	34,05	34,07016	26,96	26,96841	0,047319
ИППС	% к соот.	120,0	119,9875	115,5	115,5077	0,008734
ИЦПТ	% к пред.	101,9	101,8935	105,3	105,3017	0,004632
ИЦСХ	% к пред.	108,7	108,7282	115,6	115,6528	0,037126
ИЦСП	% к пред.	103,1	103,1080	102,1	102,1090	0,008307
ИТГП	% к пред.	100,0	99,97710	100,0	99,98804	0,018270
ИПЦ	% к пред.	101,9	101,8878	102,1	102,0963	0,008825

$$\begin{aligned}
\ln \text{ДЗО}(t) &= 7,35142 + 0,208604 \ln \text{ОТРДОБ}(t) + 0,776352 \ln \text{КУРЕВР}(t) - \\
&\quad - 0,00808 \text{ИЦПТ}(t) + 0,004508 \text{ИТГП}(t) + 0,04788t; \\
\ln \text{НЗР}(t) &= 5,680534 + 0,422654 \ln \text{ООТО}(t) - 0,37283 \ln \text{ПРР}(t) - 0,82554 \ln \text{ЧБРРЕГ}(t) + \\
&\quad + 0,670188 \ln \text{КУРДОЛ}(t) + 0,001625 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) + 0,039994t; \\
\ln \text{ДДД}(t) &= 2,597579 + 1,002598 \ln \text{ООТО}(t) - 0,00711 \text{ИППС}(t) - 1,41487 \ln \text{ОПУ}(t) + \\
&\quad + 0,556106 \ln \text{ОРТ}(t) + 0,002523 \text{ИМЦГАЗ}(t) + 0,740883 \ln \text{ЧБРРЕГ}(t) + \\
&\quad + 0,054159t; \\
\ln \text{ПРД}(t) &= -1,9611 + 0,846494 \ln \text{ОРТ}(t) - 0,00023 \text{ИМЦГАЗ}(t) + 0,103576 \ln \text{ОПУ}(t) + \\
&\quad + 0,036465 \ln \text{ДДД}(t) + 0,0000548 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) + \\
&\quad + 0,003619 \ln \text{ОТРДОБ}(t) + 0,002077t; \\
\ln \text{ЧБРРЕГ}(t) &= 12,15952 - 0,48499 \ln \text{ОТРОБР}(t) - 0,00277 \text{ИМЦГАЗ}(t) - \\
&\quad - 0,18957 \ln \text{ОТРДОБ}(t) - 0,99047 \ln \text{ОТКУРДЕ}(t) - 0,01037 \text{ИТГП}(t) + \\
&\quad + 0,000895 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) - 0,0151 \text{ИЦСП}(t) + 0,109146 \ln \text{ПРР}(t) + \\
&\quad + 0,02797t; \\
\ln \text{ПРР}(t) &= -5,36143 + 0,078423 \text{ИЦСП}(t) - 0,0031 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) + \\
&\quad + 0,180399 \ln \text{ОТРДОБ}(t) - 0,03735t; \\
\text{ИППС}(t) &= -819,32 - 10,029 \text{СТРЕФ}(t) + 73,37224 \ln \text{КЗО}(t) + 18,20701 \ln \text{ОТРДОБ}(t) + \\
&\quad + 0,308376 \text{ИЦСХ}(t) - 4,83354t; \\
\text{ИЦПТ}(t) &= -178,293 - 1,03569 \text{СТРЕФ}(t) + 0,071231 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) + 0,718897 \text{ИТГП}(t) + \\
&\quad + 18,55745 \ln \text{НЗР}(t) + 0,481546 \text{ИЦСП}(t) - 1,2062t; \\
\text{ИЦСХ}(t) &= -630,031 - 3,2988 \text{СТРЕФ}(t) + 0,135642 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) - \\
&\quad - 20,6094 \ln \text{ОТРДОБ}(t) + 121,1528 \ln \text{НЗР}(t) + 1,433145 \text{ИТГП}(t) - \\
&\quad - 98,7761 \ln \text{КУРЕВР}(t) - 0,3556 \text{ИМЦГАЗ}(t) + 1,015547 \text{ИЦПТ}(t) - \\
&\quad - 5,81909t; \\
\text{ИЦСП}(t) &= 33,72061 + 4,078285 \ln \text{ОРС}(t) + 0,065353 \text{ИМЦГАЗ}(t) + \\
&\quad + 0,035773 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) + 0,158631 \text{ИЦПТ}(t) + \\
&\quad + 0,056076 \text{ИКУРДОЛ}(t) - 0,26152t; \\
\text{ИТГП}(t) &= 181,4443 - 19,8988 \ln \text{НЗР}(t) + 1,000955 \text{ИЦПТ}(t) - 0,09301 \text{ИЦСХ}(t) - \\
&\quad - 0,11054 \text{ИМЦНЕФЮ}(t) + 34,41597 \ln \text{КУРЕВР}(t) - 0,7109 \text{ИЦСП}(t) - \\
&\quad - 10,2039 \ln \text{КУРДОЛ}(t) + 0,475172t; \\
\text{ИПЦ}(t) &= 390,4432 - 41,2834 \ln \text{ОПУ}(t) + 0,074772 \text{ИКУРДОЛ}(t) + 0,206727 \text{ИЦПТ}(t) + \\
&\quad + 0,865086 \text{СТРЕФ}(t) + 6,466564 \ln \text{ОТРОБР}(t) + 1,203695t.
\end{aligned}$$

Оценки качества сформированных динамических максимodelей, т. е. СКО прогнозных значений показателей от фактических (в среднем по всем показателям), и аналогичные оценки для соответствующих обычных максимodelей представлены в табл. 6.

На основании этих оценок можно заключить, что все построенные динамические максимodelи уступают по качеству соответствующим обычным, причем при переходе от обычной максимodelи к динамической такое качество понижается в различное число раз: от 1,9 в абстрактном варианте максимodelи экономики Ростовской области до 5,6 в теоретически адекватном варианте той же максимodelи.

Из сформированных динамических максимodelей можно сделать некоторые выводы о развитии в российских регионах рынка информационных технологий, для которых важнейшим фактором является производство средств вычислительной техники. Согласно [5], оно учитывается в составе показателя ОТРОБР. Можно считать, что рынок информационных технологий в каком-либо регионе в наибольшей степени зависит от показателей, являющихся факторами-аргументами моделей ОТРОБР в этом регионе.

В Северо-Западном федеральном округе такими факторами являются ПРР, ОТРЭГВ, ОТРДОБ, ДЗО, ИЦПТ. Рост трех первых из указанных показателей оказывает положительное воздействие на ОТРОБР, а двух

Таблица 6

Среднеквадратичные отклонения (СКО) прогнозных значений от фактических (в среднем по всем показателям максимodelей)

Объект максимodelей	Вариант	СКО (%)	
		Обычная	Динамическая
Условно-экзогенные показатели	абстрактный	0,001908	0,006546
Северо-Западный федеральный округ	абстрактный	0,013669	0,057751
	теоретически адекватный	0,067456	0,289707
Ростовская область	абстрактный	0,010966	0,020329
	теоретически адекватный	0,014961	0,083589

Таблица 7

Среднеквадратичные отклонения (СКО) расчетных значений (без учета остаточных членов modelей) от фактических (в среднем по всем показателям максимodelей)

Объект максимodelей	Вариант	СКО (%)	
		Обычная	Динамическая
Условно-экзогенные показатели	абстрактный	4,20416	4,03527
Северо-Западный федеральный округ	абстрактный	15,25895	13,61271
	теоретически адекватный	4,26859	20,85486
Ростовская область	абстрактный	10,50335	9,38771
	теоретически адекватный	4,70996	17,55402

других — отрицательное. В обеих modelях относительно быстро усиливается влияние ПРР, а в теоретически адекватной, кроме того, ослабевает влияние ДЗО.

В Ростовской области факторами-аргументами modelей ОТРОБР являются ИЦСП, ОТРДОБ, ОРС, КУРЕВР, ИТГП. Рост трех первых из указанных показателей положительно воздействует на ОТРОБР, а двух других — отрицательно. В абстрактной modelи влияние всех показателей в целом стабильно, а в теоретически адекватной относительно быстро усиливается влияние ОТРДОБ и ослабевает влияние КУРЕВР.

5. Результаты динамического моделирования отдельных показателей

В процессе формирования динамических modelей отдельных показателей вычислялись их расчетные значения в базовом периоде и прогнозные — в прогнозном, причем как без учета остаточных членов modelей, так и с их учетом. Для каждой максимodelей определялись (раздельно) СКО расчетных и прогнозных значений показателей от фактических (в среднем по всем показателям), которые можно рассматривать как оценки качества построенных modelей. Такие оценки для расчетных значений в базовом периоде (без учета остаточных членов modelей) и аналогичные величины для соответствующих обычных modelей представлены в табл. 7.

На основании этих оценок можно заключить, что в абстрактном варианте построенные динамические modelи показателей в базовом периоде превосходят (в среднем) по качеству соответствующие обычные, а в теоретически адекватном варианте, наоборот, уступают им. Однако в прогнозном периоде такое превосходство динамических modelей сохраняется только для максимodelей условно-экзогенных показателей.

Таблица 8

Система обычных моделей сводного индекса цен строительной продукции
в Северо-Западном федеральном округе

Начало интервала	Конец интервала	Модель для интервала
1-й кв. 2007 г.	4-й кв. 2009 г.	$ИЦСП(t)=332,5987-75,1927\ln КУРЕВР(t)+2,25276\ln РПРУБО(t)+$ $+0,173455ИКУРДОЛ(t)-0,14577ИМЦГАЗ(t)+1,44996t$
2-й кв. 2007 г.	1-й кв. 2010 г.	$ИЦСП(t)=266,7632-52,9808\ln КУРЕВР(t)+1,661088\ln РПРУБО(t)+$ $+0,131411ИКУРДОЛ(t)-0,11256ИМЦГАЗ(t)+0,754864t$
3-й кв. 2007 г.	2-й кв. 2010 г.	$ИЦСП(t)=210,502-34,6599\ln КУРЕВР(t)+1,245669\ln РПРУБО(t)+$ $+0,091854ИКУРДОЛ(t)-0,07465ИМЦГАЗ(t)+0,251146t$

Таблица 9

Коэффициенты уравнения динамической модели сводного индекса цен строительной продукции
в Северо-Западном федеральном округе

Год	Квартал	$b_1(t)$	$b_{КУРЕВР}(t)$	$b_{РПРУБО}(t)$	$b_{ИКУРДОЛ}(t)$	$b_{ИМЦГАЗ}(t)$	$b_t(t)$
2007	1	325,1229	-72,6216	2,209401	0,172083	-0,14247	1,400506
	2	308,9956	-67,2701	2,044953	0,157825	-0,13256	1,204853
	3	293,0232	-61,9548	1,887898	0,145883	-0,12262	1,018435
	4	288,6216	-60,4772	1,860455	0,144474	-0,12133	0,986146
2008	1	288,1194	-60,3243	1,871241	0,144988	-0,12238	0,998423
	2	281,4349	-58,1296	1,814413	0,140295	-0,11843	0,930067
	3	272,0108	-54,9819	1,733122	0,133489	-0,11258	0,833898
	4	264,3594	-52,4028	1,678679	0,127370	-0,10844	0,770200
2009	1	257,2982	-50,0703	1,627313	0,121373	-0,10447	0,708711
	2	255,3045	-49,4408	1,603515	0,119273	-0,10258	0,679388
	3	259,3580	-50,7621	1,627901	0,122704	-0,10437	0,708950
	4	251,0756	-47,9831	1,561696	0,120504	-0,09984	0,631032
2010	1	223,9616	-39,0335	1,345495	0,105914	-0,08401	0,372574
	2	213,6829	-35,6580	1,266957	0,095969	-0,07637	0,278095
	3	242,6844	-45,1901	1,511930	0,105516	-0,09073	0,571788
	4	262,1149	-51,5574	1,670981	0,114808	-0,10061	0,763045

Аналогичные оценки качества построенных моделей с учетом их остаточных членов менее информативны, поскольку у таких моделей прогнозные значения показателей существенно ближе к фактическим, а поведение расчетных значений весьма разнообразно, хотя в большинстве случаев они несколько приближаются к фактическим, но не так значительно, как прогнозные.

Далее рассматриваются результаты динамического моделирования двух показателей: ИЦСП в Северо-Западном федеральном округе и ДЗО в Ростовской области, — у которых абстрактные и теоретически

Система обычных моделей дебиторской задолженности организаций
в Ростовской области

Начало интервала	Конец интервала	Модель для интервала
1-й кв. 2007 г.	4-й кв. 2009 г.	$\ln ДЗО(t) = 6,848553 + 0,227374 \ln ОТРДОБ(t) + 0,844432 \ln КУРЕВР(t) - 0,00753 ИЦПТ(t) + 0,004946 ИТГП(t) + 0,048065t$
2-й кв. 2007 г.	1-й кв. 2010 г.	$\ln ДЗО(t) = 6,808573 + 0,226077 \ln ОТРДОБ(t) + 0,871708 \ln КУРЕВР(t) - 0,00803 ИЦПТ(t) + 0,005158 ИТГП(t) + 0,046284t$
3-й кв. 2007 г.	2-й кв. 2010 г.	$\ln ДЗО(t) = 7,906302 + 0,189275 \ln ОТРДОБ(t) + 0,689398 \ln КУРЕВР(t) - 0,00829 ИЦПТ(t) + 0,003921 ИТГП(t) + 0,049078t$

адекватные модели одинаковы, вследствие чего можно считать, что у каждого из них имеется только одна динамическая модель.

Система обычных моделей ИЦСП в Северо-Западном федеральном округе для базовых интервалов представлена в табл. 8.

Модели коэффициентов уравнения динамической модели ИЦСП в Северо-Западном федеральном округе имеют следующий вид:

$$\begin{aligned}
 b_1(t) &= 406,898 - 40,5873t^{0,5} + 9,653891 \cos((2\pi/5)t) + 0,040764t^2 \cdot \cos((\pi/2)t) + \\
 &\quad + 0,031088t^2 \cdot \sin((\pi/3)t); \\
 b_{КУРЕВР}(t) &= -99,8023 + 13,48934t^{0,5} - 3,20375 \cos((2\pi/5)t) - 0,01334t^2 \cdot \cos((\pi/2)t) - \\
 &\quad - 0,01022t^2 \cdot \sin((\pi/3)t); \\
 b_{РПРУБО}(t) &= 2,825602 - 0,32755t^{0,5} + 0,274513 \cos((2\pi/5)t)/t^{0,5} + 0,00036t^2 \cdot \cos((\pi/2)t) + \\
 &\quad + 0,000303t^2 \cdot \sin((\pi/3)t); \\
 b_{ИКУРДОЛ}(t) &= 0,22597 - 0,02801t^{0,5} + 0,001505t^{0,5} \cdot \cos((2\pi/5)t) + 0,0000185t^2 \cdot \cos((\pi/2)t) + \\
 &\quad + 0,134715 \sin((\pi/2)t)/t^2; \\
 b_{ИМЦГАЗ}(t) &= -0,15207 + 0,003535t - 0,02063 \cos((2\pi/5)t)/t^{0,5} - 0,000025t^2 \cdot \cos((\pi/2)t) - \\
 &\quad - 0,00027t \cdot \sin((\pi/3)t); \\
 b_i(t) &= 2,133592 - 0,38959t^{0,5} + 0,326268 \cos((2\pi/5)t)/t^{0,5} + 0,000433t^2 \cdot \cos((\pi/2)t) + \\
 &\quad + 0,000362t^2 \cdot \sin((\pi/3)t).
 \end{aligned}$$

Вычисленные по этим моделям коэффициенты уравнения динамической модели в базовом и прогнозном периодах представлены в табл. 9.

В поведении абсолютных величин всех коэффициентов имеются общие закономерности. В базовом периоде они в целом достаточно быстро убывают, хотя иногда и возрастают, причем медленнее всех (в 1,5 раза за весь период) убывает $b_1(t)$, а наиболее быстро (в 5,0 раз) — $b_i(t)$. В прогнозном периоде они возрастают, причем почти у всех, кроме $b_{ИКУРДОЛ}(t)$, быстрее, чем убывают в конце базового периода.

Система обычных моделей ДЗО в Ростовской области для базовых интервалов представлена в табл. 10.

Модели коэффициентов уравнения динамической модели ДЗО в Ростовской области имеют следующий вид:

$$\begin{aligned}
 b_1(t) &= 6,965048 + 0,000101(t+1)^3 - 0,00021t^2 \cdot \sin((2\pi/5)t) + 0,000573t^2 \cdot \cos((\pi/3)t) - \\
 &\quad - 6,21688 \cos((\pi/3)t)/t^2; \\
 b_{ОТРДОБ}(t) &= 0,222429 - 0,0000035(t+1)^3 + 0,0000361t^2 \cdot \sin((2\pi/5)t) + \\
 &\quad + 0,044698 \cos((2\pi/5)t)/t + 0,001786t^{0,5} \cdot \sin((\pi/3)t); \\
 b_{КУРЕВР}(t) &= 0,831765 - 0,00000088(t+1)^4 + 0,0000596t^2 \cdot \sin((2\pi/5)t) -
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & - 0,61217 \cos ((\pi/2)t)/t^2 - 0,000044t^2 \cdot \cos ((\pi/3)t); \\
 b_{\text{ИЦПТ}}(t) &= -0,00704 - 0,00038 \ln(t) + 0,000000399t^2 \cdot \cos ((2\pi/5)t) + 0,002144 \sin ((\pi/2)t)/t^2 + \\
 & + 0,000281 \cos ((\pi/3)t)/t; \\
 b_{\text{ИТГП}}(t) &= 0,004872 - 0,000000058(t + 1)^4 + 0,000000404t^2 \cdot \sin ((2\pi/5)t) - \\
 & - 0,00405 \cos ((\pi/2)t)/t^2 - 0,0000003t^2 \cdot \cos ((\pi/3)t); \\
 b_t(t) &= 0,047638 + 0,00000000839t^4 - 0,000001t^2 \cdot \sin ((2\pi/5)t) - 0,00892 \sin ((\pi/3)t)/t^2 + \\
 & + 0,000000708t^2 \cdot \cos ((\pi/3)t).
 \end{aligned}$$

Вычисленные по этим моделям коэффициенты уравнения динамической модели в базовом и прогнозном периодах представлены в табл. 11.

Все коэффициенты в базовом и прогнозном периодах в целом достаточно стабильны. Относительно быстро (в 1,2 раза за весь период) убывают в базовом периоде $b_{\text{ИТГП}}(t)$, $b_{\text{ОТРДОБ}}(t)$ и $b_{\text{КУРЕВР}}(t)$.

Заключение

В результате исследования, при использовании предложенной методики, сформированы динамические максимодели экономики одного федерального округа и одного субъекта федерации, которые успешно тестированы применительно к краткосрочному прогнозированию экономической динамики этих регионов. Хотя построенные динамические максимодели и уступают по качеству соответствующим обычным, но предположение о динамическом изменении во времени коэффициентов уравнений моделей эндогенных переменных

Таблица 11

Коэффициенты уравнения динамической модели дебиторской задолженности организаций в Ростовской области

Год	Квартал	$b_1(t)$	$b_{\text{ОТРДОБ}}(t)$	$b_{\text{КУРЕВР}}(t)$	$b_{\text{ИЦПТ}}(t)$	$b_{\text{ИТГП}}(t)$	$b_t(t)$
2007	1	6,869761	0,227150	0,830079	-0,00753	0,004860	0,047961
	2	6,840697	0,224761	0,847122	-0,00767	0,004973	0,047639
	3	6,961599	0,220592	0,828815	-0,00782	0,004852	0,047488
	4	7,076875	0,218356	0,815618	-0,00787	0,004765	0,047567
2008	1	7,112537	0,217658	0,821979	-0,00787	0,004807	0,047714
	2	7,102314	0,217322	0,827262	-0,00789	0,004842	0,047764
	3	7,125418	0,216630	0,817794	-0,00795	0,004779	0,047750
	4	7,209593	0,214738	0,801195	-0,00801	0,004668	0,047828
2009	1	7,293565	0,211969	0,788465	-0,00805	0,004583	0,047993
	2	7,305043	0,210578	0,783738	-0,00803	0,004553	0,048041
	3	7,278660	0,210984	0,784257	-0,00801	0,004559	0,047904
	4	7,351420	0,208604	0,776352	-0,00808	0,004508	0,047880
2010	1	7,593022	0,199527	0,743558	-0,00820	0,004287	0,048295
	2	7,865756	0,189381	0,693857	-0,00823	0,003953	0,048942
	3	7,941144	0,189312	0,663171	-0,00812	0,003750	0,049187
	4	7,796422	0,198964	0,668656	-0,00803	0,003793	0,048820

позволило, во-первых, построить динамические модели отдельных переменных, многие из которых превзошли по качеству, хотя бы в базовом периоде, соответствующие обычные, и, во-вторых, детально исследовать поведение коэффициентов уравнений этих моделей, многие из которых оказались весьма нестабильными. Используя предложенную методику, можно сформировать динамические максимодели экономики других регионов и России в целом, а также динамическую макромоделю всей страны, аналогичную обычной макромоделю, представленной в [1] и [2].

Литература

1. *Галин Д. М., Сумарокова И. В.* Модели современной экономической динамики России и ее регионов // Труды ИСА РАН. 2012. Т. 62. Вып. 4.
2. *Галин Д. М., Сумарокова И. В.* Модели экономики федеральных округов и субъектов Российской Федерации // Труды ИСА РАН. 2013. Т. 63. Вып. 2.
3. *Джонстон Дж.* Эконометрические методы. М.: Статистика, 1980.
4. Электронный ресурс [www.cbr.ru]
5. Электронный ресурс [www.gks.ru]

Галин Дмитрий Михайлович. С. н. с. ИСА РАН. К. э. н. Окончил МГУ в 1973 г. Количество печатных работ: 17. Область научных интересов: математические и инструментальные методы экономики, моделирование экономической динамики. E-mail: zavelsky@isa.ru

Сумарокова Ирина Владимировна. Техник 1-й категории ИСА РАН. Окончила Медицинское училище № 1 г. Москвы в 1984 г. Количество печатных работ: 2. Область научных интересов: математические и инструментальные методы экономики. E-mail: zavelsky@isa.ru