

МНОГОМЕРНОЕ АДАПТИВНО-ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

С. Ю. Зеленцова, В. Е. Кирьянчук, А. Э. Крупко

Воронежский государственный университет

В настоящее время на федеральном и региональном уровнях прогнозные разработки стали средством определения основных приоритетов и направлений государственной социально-экономической политики и своего рода индикаторами хода реализации федеральных и региональных целевых программ.

Результаты сравнения методов позволяют сделать вывод о предпочтительности применения в прогнозных расчетах регионального уровня моделей, в основе построения которых используется адаптивный матричный мультипликатор. Именно модели прогнозирования с помощью матричного мультипликатора с разделенными переменными позволяют реализовывать поэтапную схему региональных прогнозных расчетов, а многомерное адаптивно-имитационное моделирование имеет перспективы при разработке многовариантных прогнозов взаимосвязанных показателей развития региона.

Традиционно и прогнозирование, и планирование являлись основными методами регулирования социально-экономических процессов и принятия управленческих решений на государственном и региональном уровнях. При этом использовалась схема, когда прогнозные расчеты предшествовали составлению планов.

К сожалению, начальный этап радикальных экономических преобразований и перехода на рыночную модель хозяйствования сопровождался в Российской Федерации нигилизмом в отношении программно-целевых методов управления, в частности использования комплексного прогнозирования социально-экономических процессов на государственном и региональном уровнях. Лишь в 1995 году этот метод был восстановлен в своих правах с принятием федерального закона «О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Российской Федерации».

В настоящее время круг задач прогнозирования существенно расширился. Прогноз стал средством определения основных характеристик, приоритетов и направлений государственной экономической и социальной политики, базой для принятия управленческих решений по оперативному регулированию социально-экономических процессов не только на региональном, но и на муниципальном уровне. Более того, в современных условиях на федеральном

и региональном уровнях прогнозные разработки стали своего рода индикаторами хода реализации федеральных и региональных целевых программ.

Одновременно настоящий уровень территориального прогнозирования объективно создает «плацдарм» (базовые условия) для внедрения в России методов индикативного планирования, которые доказали свою эффективность в странах с развитой рыночной экономикой (Франция, Германия, Япония). Они предусматривают, в частности, более жесткий мониторинг прогнозных расчетов и прямую ответственность органов власти за достижение отдельных показателей в реальных секторах экономики и социальной сферы. Учитывая все возрастающую значимость прогнозов территориального социально-экономического развития в системе государственного и регионального (в том числе муниципального) управления, разработка такого рода документов должна предусматривать в методологическом плане соблюдение следующих основных принципов:

— комплексность — система прогнозов должна охватывать весь спектр регионального жизнеобеспечения и развития;

— системность, предполагающая, с одной стороны, необходимость рассмотрения экономики региона как части национальной экономики, а с другой — как системы, состоящей из сложной совокупности взаимосвязанных объектов регионального уровня;

— альтернативность, соблюдение которой повышает надежность рекомендаций по выбору перспективной структурной и инвестиционной политики, а также способствует обоснованию концепции межрегиональных и внешнеэкономических связей;

— многовариантность как в постановке целей и задач, так и в выборе путей и сроков достижения поставленных целей. Как правило, она предполагает наличие нескольких сценариев социально-экономического развития региона;

— программность, выражающаяся в связи целей и требуемых ресурсов с финансовыми возможностями региона с учетом вероятного привлечения внебюджетных источников финансирования;

— сопоставимость показателей прогнозирования социально-экономического развития региона по вертикали объектов территориальной организации общества;

— комбинированность (многоуровневость) механизмов прогнозных расчетов, что естественным образом обеспечивает повышение надежности получаемых прогнозных оценок социально-экономического развития региона; описывается столь большим числом разнообразных показателей, поэтому целесообразнее использовать многоэтапную и многоуровневую схему расчетов. Использование комбинированных методов прогнозирования естественным образом позволяет повысить надежность получаемых прогнозных оценок показателей развития региона.

Многообразие задач, которые приходится решать в ходе разработки региональных прогнозов, можно свести к единой цели — обеспечения максимальной достоверности прогноза и возможность упреждающей адаптации (корректировки) его параметров в зависимости от изменений сценарных макроэкономических условий.

Непосредственная работа по составлению прогнозов социально-экономического развития регионов на современном уровне представляет собой довольно сложный процесс и регламентируется нормативными правовыми актами федерального и регионального уровня.

Первый этап предусматривает разработку региональных сценариев социально-экономического развития соответствующих территорий и их адаптацию (балансировку) применительно к федеральным сценарным условиям.

Суть следующего этапа состоит в получении предварительного варианта прогнозных оценок основных показателей социально-экономического развития региона.

На завершающем этапе уточняются прогнозные оценки показателей социально-экономического развития соответствующего региона и представляются для разработки бюджетобразующих показателей регионального бюджета на очередной финансовый год и среднесрочного финансового плана.

Прогноз социально-экономического развития РФ на предстоящий год в соответствии с Федеральным Законом от 20.07.1995 № 115-ФЗ, представляется в Государственную Думу, а региональный прогноз и его обоснование к определенному сроку передаются в Минэкономразвития России.

Принципиальная схема организации проведения работ по составлению региональных прогнозов может быть представлена в следующем виде (рис. 1). Прогноз с обоснованием количественных показателей социально-экономического развития региона оформляется в виде доклада и представляется в законодательный (представительский) орган государственной власти субъекта России.

Разработка региональных прогнозов развития представляет не только сложный, но и трудоемкий процесс, который включает в себя обоснование темпов и рамочных показателей социально-экономического развития по следующим основным разделам: «Демографическая ситуация», «Занятость населения», «Уровень жизни населения и степень его дифференциации», «Уровень развития реальных секторов экономики и оценка производительности труда», «Эффективность использования совокупных региональных ресурсов», «Специализация экономики и направления ее структурных изменений», «Развитие малого предпринимательства», «Прогноз финансового состояния региона, доходной части региональных бюджетов», «Развитие межрегиональных связей», «Оценка экологической ситуации».

Практически все перечисленные разделы прогноза социально-экономического развития субъекта РФ предусматривают проведение расчетов. Минэкономразвития РФ в своих методических рекомендациях предлагает ориентироваться не только на методы прямого счета (экстраполяцию, экспертное оценивание), но и

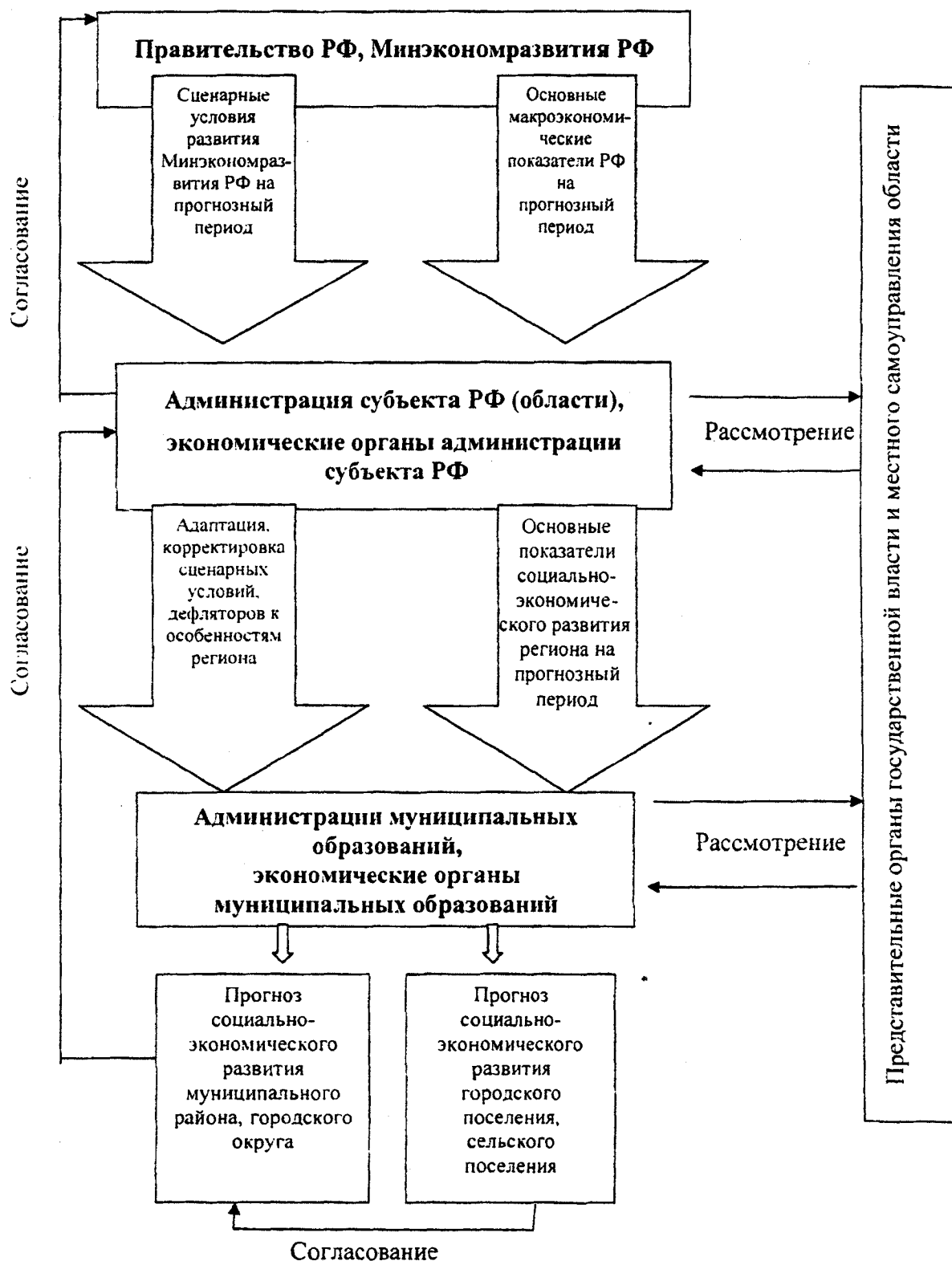


Рис. 1. Порядок разработки текущих прогнозов социально-экономического развития

на использование математического аппарата. Среди многообразия математических методов прогнозирования можно выделить следующие их группы.

Формализованные методы. К ним относятся различные методы экстраполяции, регрессионные модели и адаптивные. Использование простой экстраполяции и экстраполяции соответственно по скользящей и экспоненциально взвешенной средней для получения прогнозной оценки развития региона очень ограничено, так как обычно в регионах отсутствуют устойчивые тенденции развития. Вследствие этого линейный рост показателя сменяется нелинейным и наоборот.

Регрессионные модели разного типа используются ограниченно, потому что отсутствует необходимый объем достоверной информации из-за сложности оценивания параметров самой модели и вследствие кратковременности рядов динамических показателей развития региона.

В адаптивных моделях Хольца, Брауна, Тригга и Лэхири не учитывается взаимосвязь между прогнозируемыми показателями. Модели адаптивная регрессионная и адаптивной фильтрации требуют большой объем данных и предварительные прогнозные оценки факторов. Прогнозирование с помощью матричных предикторов используется при ограниченных объемах информации (при очень коротких рядах наблюдений), но прогноз не имеет достаточного статистического обоснования.

Имитационное моделирование используется ограниченно при разработке сценариев в виде различных вариантов развития показателей.

Интуитивные методы включают в себя: экспертное оценивание и в том числе метод Дельфи, с помощью которого определяются качественные составляющие регионального прогноза. Мозговой штурм (определение мероприятий, направленных на устранение негативных тенденций), а также методы, используемые при подготовке сценариев — построение сценария, дерево целей и метод нечеткого логического вывода.

К **комбинированным методам** относятся адаптивно-рациональные модели, адаптивно-имитационные и многомерные адаптивно-имитационные модели. Анализ методов показывает, что подавляющее их большинство имеет ограниченную степень применимости. Классифицируя причины этого, можно выделить три основные: сложность практической реализации

метода; неадекватность специфике прогнозируемых процессов, описывающих развитие региона; повышенные требования к информационному обеспечению.

Преодолимой из этих трех причин является только первая, путем создания программного обеспечения. Две последние причины взаимосвязаны друг с другом: при построении статистически надежных моделей необходимо использование выборочных совокупностей достаточно больших объемов. Современная динамика экономики российских регионов не позволяет сформировать для этих целей однородные совокупности необходимых объемов. Анализ вышеобозначенных проблем математического моделирования (неопределенность условий функционирования региона, их многообразие, а также многомерность прогнозируемых процессов и недостаточный объем фактографической информации) подсказывает схему комбинированного подхода к решению прогнозных задач на уровне региона.

Результаты сравнения методов позволяют сделать вывод о предпочтительности применения в прогнозных расчетах регионального уровня модели, в основе построения которых используется адаптивный матричный мультипликатор. Именно модели прогнозирования с помощью матричного предиктора с разделенными переменными позволяют реализовывать многоэтапную схему региональных прогнозных расчетов, а многомерное адаптивно-имитационное моделирование используется при разработке многовариантных многомерных прогнозов взаимосвязанных показателей развития региона.

Прогноз многомерных процессов по понятным причинам более сложен, чем одномерных, и, как показал анализ современных методов и моделей, практически отсутствуют модели, которые можно было бы использовать для этих целей. Более того, ситуация усугубляется тем, что размерность временных рядов превышает объем выборочной совокупности. Зачастую длина временного ряда столь мала, что не позволяет корректно использовать статистические методы, даже для построения прогнозных моделей одномерных процессов.

Если развивать точку зрения, что ключевой характеристикой многомерных процессов, описывающих социально-экономическое развитие региона, является их взаимосвязь, то, естествен-



Рис. 2. Схема разработки комбинированного метода прогнозирования социально-экономического развития региона

но, эта характеристика должна быть ключевой и в самой прогнозной модели многомерных процессов. Учитывая возможность проведения экстраполяционных расчетов для многомерных временных рядов, будем рассматривать в качестве измерителя взаимосвязи косвенный темп прироста. Ключевая идея этой гипотезы в том, что на протяжении некоторого периода времени структура косвенных темпов приростов прогнозируемых показателей может оставаться почти неизменной.

Базовый матричный предиктор имеет вид:

$$\mathbf{x}_t = (\mathbf{I} - \mathbf{V})^{-1} \mathbf{x}_{t-1}. \quad (1)$$

Такой предиктор имеет смысл строить в тех ситуациях, когда возможность применения статистических методов моделирования полностью исключена, когда, например, в распоряжении исследователя всего два наблюдения.

Решение проблемы достижения требуемого уровня адекватности следует искать в построении моделей, компилирующих на абстрактном

уровне природу реальных процессов управления с учетом характеристик деловой среды, т.е. моделей, построенных на адаптивных принципах.

Предположим, что по имеющимся данным построен матричный предиктор, с помощью которого проведены прогнозные расчеты

$$\hat{\mathbf{x}}_{t+1} = \mathbf{A}_t \mathbf{x}_t. \quad (2)$$

Истинная ошибка прогноза доступна измерению, когда становится известными фактические значения показателей $\mathbf{x}_{t+1}$. По ошибкам предсказания

$$\Delta \hat{\mathbf{x}}_{t+1} = \mathbf{x}_{t+1} - \hat{\mathbf{x}}_{t+1} \quad (3)$$

строится с использованием известной процедуры корректирующая матрица, удовлетворяющая соотношению

$$\mathbf{x}_{t+1} = \hat{\mathbf{A}}_t \hat{\mathbf{x}}_{t+1}. \quad (4)$$

Из (2) и (4) следует, что

$$\mathbf{x}_{t+1} = \hat{\mathbf{A}}_t \mathbf{A}_t \mathbf{x}_t. \quad (5)$$

Применение в дальнейших расчетах скорректированного предиктора $\hat{A}_i A_i$ позволит получить новую оценку прогнозной ошибки и на ее основе провести очередную корректировку предиктора. Для того чтобы снизить уровень прогнозной ошибки, вводится настраиваемый параметр α , и многомерный адаптивный предиктор представляет собой комбинацию текущего и скорректированного предикторов

$$\hat{x}_{i+1} = [\alpha A_i + (1 - \alpha) \hat{A}_i A_i] x_i. \quad (6)$$

Такую прогнозную модель будем называть адаптивным матричным предиктором.

Заметим, что в отличие от базового, минимальное число наблюдений, необходимых для построения адаптивного предиктора, равно четырем.

Матричный предиктор с экспоненциально затухающей памятью целесообразно строить в тех случаях, когда имеется некоторая история прогнозируемого процесса и желательно, чтобы вся информация с учетом распределения ее значимости была учтена при расчете прогнозных оценок.

Экспоненциально взвешенный матричный предиктор может быть записан следующим образом:

$$\hat{x}_i = (1 - \gamma) A_1 x_{i-1} + \gamma(1 - \gamma) A_2 x_{i-2} + \dots + \gamma^{p-1} A_p x_{i-p}, \quad (7)$$

где A_k — матричный предиктор, построенный по отклонениям наблюдений x_i и x_{i-k} , причем для любого k имеем

$$x_i = A_k x_{i-k}.$$

Матричный предиктор с экспоненциально затухающей памятью комбинированных тенденций — это такой предиктор, в котором матрица прямых и косвенных темпов прироста строится с учетом линейных и нелинейных тенденций в прогнозируемых показателях. Его построение, в отличие от предыдущего, требует предварительного логарифмирования тех показателей, которые имеют нелинейный рост.

Если в матричном предикторе с экспоненциально затухающей памятью ограничить число слагаемых, т.е. ограничить «глубину» памяти, то в его адаптивном механизме можно комбинировать экспоненциальное сглаживание и корректировку:

$$A_{i+1} = (\alpha^* I + (1 - \alpha^*) \hat{A}_{i+1}) A_i, \quad (8)$$

где $(\alpha^* I + (1 - \alpha^*) \hat{A}_{i+1})$ — матрица, с помощью которой осуществляется текущая адаптивная корректировка предиктора.

Рассмотренные адаптивные многомерные предикторы позволяют получить всего лишь единственную по каждому показателю прогнозную траекторию. Несмотря на высокую точность постпрогнозных расчетов, которая обеспечивается, как правило, адаптивными моделями, ожидать совпадение будущей реальности с предсказанными значениями бесперспективно. Поэтому чтобы в субъективном образе доминировало рациональное начало, в прогнозных расчетах необходимо обеспечить адекватное отражение всего многообразия будущего. В практической плоскости эти идеи следует понимать как замену наиболее вероятных прогнозных вариантов на весь спектр возможных траекторий развития. Одним из способов, позволяющих реализовать подобную схему формирования образа будущего, является имитационное моделирование.

В соответствии с изложенными выше идеями для достижения высокого уровня подражания в вычислительной схеме имитационных расчетов нужно предусмотреть моделирование двух псевдослучайных векторов. Первый из этих векторов имитирует прирост показателей $\Delta = x_i - x_{i-1}$, а второй — отклонения прогнозных оценки от предполагаемого фактического значения $\hat{\Delta} = x_i - \hat{x}_i$. Другими словами, оба контура обратной связи адаптивного механизма должны быть заменены блоком моделирования псевдослучайных векторов. Имитационная модель в полном объеме сохраняет адаптивные свойства прогнозных модели, но реализуются эти свойства в другом ключе. В отличие от экстраполяционных расчетов, в режиме имитации адаптивные преобразования модели ориентированы не на реально происходящие изменения, а на воспроизводимые случайным образом. Причем воспроизводятся не состояния моделируемого объекта, а отклонения от предполагаемого случайного состояния.

Как показали прогнозные оценки основных показателей социально-экономического развития Воронежской области адаптивно-имитационные модели оказались весьма полезными в практике многомерных прогнозных расчетов. Все это ориентирует на использование данного аппарата в практике регионального прогнозирования: при разработке прогнозных вариантов,

сценарных условий и оценке рисков прогнозных решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давнис В.В. Прогнозирование социально-экономического развития региона: концепция и методы / В. В. Давнис, В. И. Тинякова, С. Ю. Зеленцова // Проблемы реформирования экономики России: сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. 17 апр. 2003 г. — Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2003. — С. 246—255.

2. Давнис В.В. Применение матричного предиктора в задачах имитационного моделирования показателей экономического развития региона / В. В. Давнис, С. Ю. Зеленцова // Теоретические основы и опыт стратегического планирования развития территорий: материалы Междунар. науч.-практ. конф. 27 мая 2005 г. / под ред. И. Е. Рисина, Ю. И. Трещевского. — Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2005. — С. 193—197.

3. Борейко В.С. Анализ и прогнозирование социально-экономического развития региона / В. С. Борейко, С. Ю. Зеленцова, В. Е. Кирьянчук // Экономическое прогнозирование: модели и методы: материалы Междунар. науч.-практ. конф. 29—30 апр. 2005 г.: в 2 ч. / под ред. В. В. Давниса. — Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2005. — Ч.1. — С. 128—137.

4. Зеленцова С.Ю. Ключевые идеи построения многомерных предикторов социально-экономического развития региона / С. Ю. Зеленцова, В. И. Тинякова // Новые технологии в управлении, бизнесе и праве: материалы V Междунар. науч.-практ. конф., 29 окт. 2005 г. — Невинномысск: ИУБиП, 2005. — С. 74—77.

5. Зеленцова С.Ю. Многоуровневые прогнозные расчеты с использованием наиболее вероятных сценарных условий / С. Ю. Зеленцова // Вузовская наука — региону: материалы Третьей Всерос. науч.-техн. конф.: в 3 т. — Вологда: ВоГТУ, 2005. — Т. 3. — С. 174—177.