

УДК 332.142.6

Буякевич М.В.

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ АДМИНИСТРАТИВНОГО РЕГИОНА

Разрабатываемая система математических динамических моделей функционирования и развития административных регионов призвана стать необходимым инструментом при подготовке научно обоснованных предложений для принятия решений по крупномасштабным проблемам развития экономики руководящими органами региона. Изложим основные принципы моделирования промышленности региона.

Начальным в моделировании любой сложной социально-экономической системы является этап выявления ее внутренней структуры, отражающей сложившуюся в ходе функционирования и развития иерархию составляющих объект исследования элементов. При построении системы моделей промышленности региона были выделены два уровня ее описания:

- промышленность административного региона как совокупность межотраслевых комплексов;
- межотраслевой комплекс как совокупность отраслей.

Совокупность межотраслевых комплексов и состав отраслей, входящих в межотраслевые комплексы, может быть различным в зависимости от специфики каждого конкретного региона. Представляется, что в значительной степени универсальной для промышленности административных регионов является следующая совокупность межотраслевых комплексов:

- топливно-энергетический комплекс (электроэнергетика, угольная, топливная, нефтеперерабатывающая отрасли);
- комплекс производства средств производства (тяжелое машиностроение, станкостроение, автомобильная, электротехническая отрасли);
- комплекс производства предметов труда (черная и цветная металлургия, лесная и деревообрабатывающая, химическая отрасли, производство строительных материалов);
- комплекс производства продовольственных товаров народного потребления (пищевая, мясо-молочная, рыбная, мукомольно-крупяная, микробиологическая отрасли);
- комплекс производства промышленных товаров народного потребления (легкая, текстильная отрасли, местная промышленность).

Известно, что самым распространенным подходом к моделированию региональных систем является подход, основанный на методе межотраслевого

баланса и представляющий собой, пожалуй, наиболее разработанный инструмент исследования закономерностей развития сложных, с множеством внутренних взаимосвязей экономических образований. Однако ограниченность метода межотраслевого баланса при решении задач прогнозирования, что неоднократно отмечалось в литературе, сдерживает его применение для моделирования промышленности региона [4].

Альтернативой методу межотраслевого баланса при моделировании региональных систем, в частности промышленности области, является эконометрический подход, основанный на использовании методов современного прикладного статистического анализа и позволяющий решать широкий круг проблем, связанных с прогнозированием развития моделируемых объектов. Модели, разработанные на основе этого подхода, достаточно информативны и требуют при их построении гораздо меньших затрат различных ресурсов по сравнению с межотраслевыми балансовыми моделями. Во многих странах уже разработаны и активно используются эконометрические модели штатов, графств, округов, метрополитеновских ареалов, кантонов и других территориально-административных образований [1].

Применение эконометрического подхода к моделированию промышленности административного региона вследствие значительно большей “открытости” этой системы, чем экономики страны, предполагает необходимость решения ряда проблем, являющихся следствием:

- крайней неустойчивости динамики ряда определяющих показателей;
- существенного влияния внешних факторов;
- наличия процессов стохастической природы;
- трудностей сбора и частой недостаточности необходимой статистической информации.

В соответствии с эконометрическим подходом функционирование промышленности области рассматривается на уровне ее основных показателей, динамика которых определяется действием внутренних и внешних механизмов, часто находящих отражение в эконометрических моделях в неявном виде.

Как показали результаты численных экспериментов [5], оправданной является следующая спецификация общей схемы модели:

$$\begin{aligned}
 x_j(t) &= f_j^1(t, x_j(t-1), K_j(t), L_j(t), M_j(t), E_j(t), R_j(t)), \\
 K_j(t) &= f_j^2(K_j(t-1), I_j(t-1), \dots, I_j(t-\tau_j)), \\
 L_j(t) &= f_j^3(t, L_j(t-1), L_j(t-2), Z_j(t-1), N(t)), \\
 M_j(t) &= f_j^4(M_j(t-1), x_j(t-1), x_{j1}(t), \dots, x_{ja}(t)), \\
 E_j(t) &= f_j^5(E_j(t-1), x_j(t-1), X^3(t)), \\
 Z_j(t) &= f_j^6(Z_j(t-1), L_j(t)), \\
 D_j(t) &= f_j^7(D_j(t-1), K_j(t)), \quad j = \overline{1, n}.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Здесь t — время (номер года), j — номер отрасли, n — число отраслей, x_j — производство продукции в отрасли j в натуральном или стоимостном выражении, K_j — среднегодовая стоимость основных производственных фондов, L_j — численность промышленно-производственного персонала, M_j — стоимость затрат на сырье и материалы, E_j — затраты электроэнергии, I_j — объем капитальных вложений, X_{ji} — производство продукции в i -й отрасли, являющейся “поставщиком” сырья и материалов для отрасли j . D_j — величина амортизационного фонда, Z_j — фонд заработной платы, N — численность трудоспособного населения области, $X^{\text{э}}$ — производство электроэнергии в области, R_j — показатель, характеризующий внешние временные воздействия, например состояние природной среды. Экзогенными в модели являются переменные I_j , R_j , N , остальные переменные эндогенные.

Помимо (1), модель промышленности области содержит различные балансовые ограничения. Так, вся используемая в промышленности области электроэнергия не должна превышать общей ее выработки с учетом экспорта и импорта. Поэтому естественным является ограничение

$$\sum_{j=1}^n E_j(t) \leq X^{\text{э}}(t) - X^{\text{э}}_{\text{exp}} + X^{\text{э}}_{\text{imp}} \quad (2)$$

для каждого года t . Здесь $X^{\text{э}}_{\text{exp}}$ и $X^{\text{э}}_{\text{imp}}$ — величины экспорта и импорта электроэнергии соответственно, которые для отдельных областей могут принимать нулевые значения. Вводится также ограничение на общую численность промышленно-производственного персонала

$$\sum_{j=1}^n L_j(t) = k(t)N(t), \quad 0 < k(t) < 1 \quad (3)$$

где $k(t)$ — коэффициент занятости в промышленности трудоспособного населения области.

Модель промышленности региона может включать и другие аналогичные (2), (3) ограничения, которые выполняют функцию очерчивания границ изменения агрегированных показателей и связывают переменные моделей отдельных отраслей в единую модель [3]. Связь между моделями отраслей осуществляется также посредством включения в правые части функций f_j^j объемов выпуска продукции ряда других отраслей в области, которые поставляют сырье или промежуточные продукты для отрасли j , а в правые части функций f_j^5 — общего производства электроэнергии в регионе.

Конкретизация общей модельной схемы (1) для каждой отдельной отрасли промышленности в регионе имеет специфический характер, что бывает вызвано наличием ряда технологических, организационных и других особенностей того или иного производства. Так, производственные функции моделей отраслей с невысокой электроемкостью не содержат переменную E . В то же время в моделях отраслей, выпуск продукции которых во многом определяется обеспеченностью электроэнергией (например, в цветной металлургии при производстве алюминия), значимость переменной E довольно высока. В производственные функции моделей отраслей, которые в прошлом не испытывали дефицита трудовых ресурсов, как

правило, не удается включить переменную L ввиду ее статистической незначимости [3]. Не вызывает, тем не менее, сомнения существенная зависимость объема выпуска продукции от обеспеченности кадрами для любого производства. Поэтому иногда приходится переходить к комбинированным переменным вида $K \cdot L$, $M \cdot L$, $E \cdot L$ и т.д., чтобы добиться корректного включения показателя L в число аргументов функций f_j^1 . Часто в моделях отраслей переменные R_j , $j = \overline{1, n}$, несут различную смысловую нагрузку. Так, в модель электроэнергетики тех областей, в которых велик процент выработки электроэнергии на ГЭС в общем ее объеме, следует в качестве R_j , включать показатели, характеризующие приточность водохранилищ и задаваемые экзогенно. В модели угольной промышленности области целесообразно в качестве R_j использовать соотношение между запасами угля, подлежащего добыче открытым и закрытым способом, что положительно отразится на адекватности модели.

Помимо различий в составе переменных модели отраслей промышленности области включают в себя в общем случае различные виды аппроксимирующих функций f , $i = \overline{1, 7}$.

Как показывает опыт, построение производственных функций отраслей промышленности области, приемлемых по своим качественным свойствам для адекватного описания моделируемых процессов, представляет собой серьезную проблему по причинам, указанным выше. Классические виды таких функций — линейная, Кобба-Дугласа, с постоянной эластичностью замещения — часто оказываются недостаточно гибкими для отражения фактической динамики важнейших отраслевых региональных показателей в базовом ретроспективном периоде [2]. Это обстоятельство приводит к необходимости разработки и использования других видов зависимостей, позволяющих часто значительно более точно, чем традиционные, аппроксимировать реальные множественные связи между показателями. К таким зависимостям могут быть отнесены регрессионные, основанные на различных преобразованиях выходной и объясняющих переменных, включающие в качестве идентифицируемых параметров дискретные числовые функции времени, а также линейно-степенная регрессия. В том случае, если построенная линейная или квазилинейная производственная функция обладает удовлетворительными свойствами описания динамики производства продукции в той или иной отрасли, допускающими ее практическое использование, не следует стремиться получить более адекватную зависимость сложного вида, так как трудности оценки ее параметров и применения могут нивелировать достигнутую большую точность аппроксимации.

Функции f_j^2 имеют, как правило, линейный вид. Но иногда для того чтобы повысить качество уравнения, описывающего динамику показателя K_j полезно переходить от исходных независимых переменных $I_j(t)$, ..., $I_j(t-\tau_j)$ к переменным вида

$$\bar{I}_j^k = \prod_{i=0}^{\tau_j} I(t-i)^{c_i^k}, \quad k = \overline{1, r_j} \quad (4)$$

где r_j — число таких переменных, а степени c_i^k , $i = \overline{0, \tau_j}, k = \overline{1, r_j}$, принимают значение 0 или 1. Преобразование (4) позволяет значительно увеличить информативность переменных, не нарушая линейности по параметрам функции f_j^2 и не уменьшая числа степеней свободы соответствующих уравнений.

Построение уравнения для $L_j(t)$ не всегда приводит к приемлемой линейной зависимости, что предопределяет необходимость поиска более адекватных, нелинейных форм связи, например вида

$$L_j(t) = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 \frac{L_j(t-1)}{L_j(t-2)} + \alpha_3 N(t),$$

$$L_j(t) = \alpha_0 + \alpha_1 \frac{Z_j(t-1)}{L_j(t-1)} + \alpha_2 L_j(t-2) + \alpha_3 N(t)$$

или

$$L_j(t) = \frac{\alpha_2 N(t)}{\alpha_0 + \alpha_1 e^{-t \frac{L_j(t-1)}{L_j(t-2)}}$$

Могут быть использованы и другие виды функциональной зависимости между переменной $L_j(t)$ и влияющими на нее факторами.

Остальные уравнения в (1) чаще всего линейны. В том случае, когда возникает необходимость в улучшении их аппроксимирующих свойств, эффективным может оказаться переход к переменным

$$M_j(t-1)/x_j(t-1), E_j(t-1)/x_j(t-1) \text{ и т.д.}$$

Конкретизацию модельной системы (1) для каждой отрасли целесообразно проводить таким образом, чтобы ее модель принимала вид рекурсивной системы уравнений, что избавил бы исследователя от трудоемких операций оценки параметров модели и использования ее для решения различных практических задач. В случае, если модель окажется нерекурсивной, ее идентификацию следует проводить с помощью методов одновременного оценивания параметров систем регрессионных уравнений (двух- и трехшагового методов наименьших квадратов), что при наличии нелинейных форм связи является сложной проблемой.

При оценке параметров каждого уравнения модели отрасли в отдельности наиболее часто используется обычный метод наименьших квадратов, обладающий при соблюдении предпосылок его применения хорошими статистическими свойствами и приводящий к простой вычислительной процедуре, легко реализуемой на ЭВМ. Однако часто возникает ситуация, когда динамические ряды наблюдений для тех или иных показателей содержат выбросы, т.е. наблюдения, плохо согласующиеся со всей выборкой. В этом случае более эффективными оказываются так называемые робастные методы оценивания, позволяющие получать оценки параметров, устойчивые к резким колебаниям в исходных данных. Часто при определении параметров того или иного уравнения заранее бывает неизвестно, какой именно метод оценивания окажется лучшим. Поэтому целесообразным может оказаться применение метода, являющегося в определенном смысле самым

“компромиссным” из всех, имеющихся в арсенале исследователя. Кроме того, существуют различные процедуры выбора метода оценивания, позволяющие получать оценки с некоторыми заданными свойствами, например соответствующие минимуму прогнозной ошибки.

Для оценки качества описания динамики того или иного показателя с помощью построенного уравнения в эконометрике используется система традиционных критериев: коэффициенты Дарбина-Уотсона, Тейла и множественной детерминации, оценка среднеквадратичного отклонения, средние относительные ошибки прогноза по обучающей и экзаменуемой выборкам, F-критерий Фишера, *t*-статистика Стьюдента и т. д. Одним из основных критериев оценки качества уравнения является его соответствие экономическому смыслу входящих в него показателей. Наиболее жесткие требования при этом предъявляются к производственным функциям, вид которых не должен противоречить основным экономическим законам. Обычно проверка сохранения экономического смысла показателей в уравнении сводится к установлению правильности знаков соответствующих коэффициентов.

На основе изложенной методологии была разработана эконометрическая модель функционирования и развития промышленности конкретного региона, исследование свойств которой выявило адекватность построенной модели и возможность ее успешного использования для решения следующих задач:

- прогнозирования ежегодных основных отчетных показателей функционирования промышленности региона;
- выявления тенденций развития отраслей промышленности региона;
- оценки сценариев экономического развития региона при изменении существующих тенденций в политике освоения капитальных вложений;
- поиска наиболее эффективных способов достижения целей экономического роста.

В дальнейшем при моделировании промышленности административного региона предполагается введение еще одного уровня ее описания, а именно представления отрасли как совокупности объединений и крупных предприятий, что приведет к ряду новых задач, в частности к необходимости учета динамики натуральных показателей в достаточно широкой номенклатуре и значительному повышению информативности модели.

Список литературы

1. Математичні методи в соціально-економічній географії: Навч. видання. – Львів: Світ, 1994. – 304 с.
2. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы: Учебное пособие. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 600 с.
3. Горелик Н.А., Френкель А.А. Статистические проблемы экономического прогнозирования // Статистические методы анализа экономической динамики. М.: Наука, 1983.
4. Математическое моделирование. Процессы в сложных экономических и экологических системах. М.: Наука, 1986. – 296 с.
5. Моделирование природных систем и задачи оптимального управления: Сб. науч. тр. / Отв. ред. Л.А. Петросян, В.В. Мазалов. – Новосибирск: ВО “Наука”. Сибирская издательская фирма, 1993. – 96 с.