

УДК 330.44:330.45:311.2

В. П. ЕЛЬСУКОВ

ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ УЗЛОВЫХ МОДЕЛЕЙ В УПРАВЛЕНИИ ЭКОНОМИКОЙ

Рассматриваются методология и перспективы применения линейных узловых моделей для анализа и прогнозирования экономических процессов. Показываются возможности использования моделей, разрабатываемых на основе статистических таблиц «Затраты – Выпуск», для управления на макроэкономическом уровне. Делается вывод о необходимости совершенствования технологии разработки линейных макроэкономических моделей на основе статистических данных. Обосновывается целесообразность разработки с использованием современных информационных технологий сложных многоуровневых линейных моделей, информационную основу которых составляют модели экономики предприятия. Применение линейных узловых моделей в экономике повысит оперативность и качество принятия управленческих решений. Оцениваются варианты разработки и сфера применения таких моделей.

Ключевые слова: модель; линейная узловая экономическая модель; межотраслевой баланс; модель экономики предприятия; статистическая отчетность.

Consider the methodology and application prospects of linear nodal models for analysis and forecasting of economic processes. Shows the possible use for macroeconomic management models developed on the basis of statistical tables «Input – Output». The conclusion about the need to improve the technology development of linear models based on macroeconomic statistics. Introduced and proved the feasibility of developing a proposal for the use of modern information technology complex multilevel linear models, which are based on an information model of the economy of the enterprise. The use of linear nodal models in the economy will increase the efficiency and quality of decision-making. Evaluated options for the development and scope of such models.

Key words: model; linear nodal economic model; interbranch balance; the model of business economics; statistical reporting.

Для анализа и прогнозирования экономических процессов используется широкий спектр моделей. Относительно простыми с точки зрения применяемого математического аппарата и экономической сути, но сложными в отношении числа алгоритмических цепочек, объемов используемых массивов информации являются модели линейно-функциональной направленности. Они применяются для оценок, прогнозирования и, что немаловажно, принятия конкретных обоснованно просчитанных управленческих решений как на макро-, так и на микроэкономическом уровне.

Наиболее ярким примером использования моделей данной группы в практике управления на макроэкономическом уровне является моделирование линейных зависимостей с использованием в качестве информационной основы системы статистических таблиц «Затраты – Выпуск», разрабатываемых в формате межотраслевого баланса [1]. С применением моделей на основе межотраслевых балансов может решаться обширный класс задач управления национальной экономикой, а именно: оценка влияния удельной материалоемкости (энергоёмкости) на конечные показатели работы, эффективности капитальных вложений, уровня локализации производственного процесса в разрезе отраслей, приоритетов в развитии отраслей на основе пропорций и уровня межотраслевого взаимодействия; определение влияния экспортно-импортной составляющей, конечного потребления на развитие отраслей и экономики в целом и т. д. Общей методологической основой расчетов являются уравнения линейных взаимосвязей макроэкономических показателей [2]. Основные элементы системы уравнений применительно к возможности решения перечисленных задач можно представить следующим образом.

Коэффициенты прямых затрат показывают долю продукции одной отрасли, используемой в валовом выпуске другой отрасли (a_{ij}), и определяются по формуле

$$a_{ij} = x_{ij}/x_i, \quad (1)$$

где x_{ij} – затраты продукции отрасли i на производство продукции отрасли j ; x_i – валовая продукция отрасли i .

В совокупности коэффициенты прямых затрат определяются как матрица.

Исходя из определения коэффициентов прямых затрат, продукция отрасли (x_i) вычисляется как

$$x_i = \sum x_{ij} + y_i, \quad (2)$$

где y_i – конечный спрос продукции i -й отрасли, или

$$x_i = \sum a_{ij} \cdot x_j + y_i. \quad (3)$$

В матричной форме система уравнений, связывающая распределение валовой продукции отраслей с текущими затратами и конечным продуктом (y), выражается в виде

$$X = AX + y, \quad (4)$$

и далее, конечный продукт равен

$$y = X - AX = (1 - A)X, \quad (5)$$

откуда

$$X = (1 - A)^{-1}y. \quad (6)$$

Обратная матрица $(1 - A)^{-1}$ является матрицей коэффициентов полных затрат, которые определяют потребность продукции отраслей на всех стадиях производства конечного продукта в связи с ее обработкой в смежных отраслях.

Конечный спрос продукции i -й отрасли (y_i) с учетом сложившейся структуры статистических таблиц, разрабатываемых Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь [3], может быть определен как сумма конечного потребления (K_n) _{i} и валового накопления (B_n) _{i} и выражен в виде [3, с. 25]

$$y_i = K_n + B_n = (K_{нд} + K_{нг} + K_{нн}) + (ВН + ЗМ), \quad (7)$$

где $K_{нд}$ – конечное потребление домашних хозяйств; $K_{нг}$ – конечное потребление государственных учреждений; $K_{нн}$ – конечное потребление некоммерческих организаций, обслуживающих домашние хозяйства; $ВН$ – валовое накопление основного капитала; $ЗМ$ – изменение запасов материальных оборотных средств.

Введение нами в формулу (3) составляющей экспорта и формула (7) позволяют определить использование ресурсов в ценах покупателей ($x_{цп}$) _{i} [4]:

$$(x_{цп})_i = \sum x_{ij} + (K_{нд} + K_{нг} + K_{нн} + ВН + ЗМ) + Э_i - И_i, \quad (8)$$

где $Э_i$ – экспорт товаров и услуг i -й отрасли.

Введение нами в формулу (8) составляющей импорта позволяет получить использование отечественных товаров и услуг в основных ценах ($x_{оц}$) _{i} [4]:

$$(x_{оц})_i = \sum x_{ij} + (K_{нд} + K_{нг} + K_{нн} + ВН + ЗМ) + Э_i - И_i, \quad (9)$$

где $И_i$ – импорт товаров и услуг i -й отрасли.

Валовая продукция отрасли j (x_j), выраженная в основных ценах, определяется по формуле

$$x_j = \sum x_{ij} + ЗП_j + СС_j + ВП_j + ВД_j + НП_j - С_j, \quad (10)$$

где x_{ij} – использование j -й отраслью продукции и услуг i -й отрасли для производства валовой продукции; $ЗП_j$ – заработная плата в j -й отрасли для производства валовой продукции; $СС_j$ – отчисления на социальное страхование в j -й отрасли; $ВП_j$ – валовая прибыль j -й отрасли; $ВД_j$ – валовой смешанный доход j -й отрасли; $НП_j$ – другие налоги на производство j -й отрасли; $С_j$ – другие субсидии на производство j -й отрасли.

Выражение $\sum x_{ij}$ можно определить как использование продукции и услуг других отраслей в ценах покупателей в j -й отрасли для производства валовой продукции, обозначив его как $И_j$.

Выражение $3П_j + СС_j + ВП_j + ВД_j + НП_j - С_j$ можно определить как валовую добавленную стоимость j -й отрасли в основных ценах, обозначив его как $ВДС_j$.

Тогда формула (10) примет вид

$$X_j = I_j + ВДС_j \quad (11)$$

На основе межотраслевых балансов нами также разработаны модели для решения задач анализа взаимосвязанной динамики цен [5]. Они апробированы и положительно оценены Национальным банком Республики Беларусь при исследовании инфляционных факторов [6]. На наш взгляд, практический интерес представляет также разработка межотраслевого баланса и модели трудовых ресурсов (трудоемкости) на основе предлагаемых подходов.

Наработанные линейно-функциональные модели используются на микроэкономическом уровне и являются основным инструментарием при подготовке и принятии управленческих решений. Базовая модель экономики предприятия достаточно проста и «впитывает» в себя две взаимосвязанные составляющие деятельности компании – операционную и инвестиционную. Данная модель выражается так называемыми базовыми точками развития: объем производства (продаж) продукции в натуральных показателях i -го вида продукции ($V_{нат}_i$); цена продажи единицы i -го вида продукции ($Ц_i$); себестоимость производства (продажи) продукции ($С$); объем инвестирования (I). Взаимодействие составляющих деятельности предприятия описывается моделью

$$(V_{нат}_i) \cdot Ц_i = V_{стоим}, \quad (12)$$

$$V_{стоим} - С = П, \quad (13)$$

$$С = \sum c_j, \quad (14)$$

$$ОС = 100 \cdot Н / (100 + Н), \quad (15)$$

$$c_{ам} = ОС \cdot N_a, \quad (16)$$

где $V_{стоим}$ – объем производства (продаж) в стоимостном выражении (предполагается, что вся произведенная продукция в конечном итоге реализуется); $П$ – прибыль от реализации продукции; c_j – j -я статья себестоимости; $c_{ам}$ – статья себестоимости «амортизация»; $ОС$ – первоначальная (восстановительная) стоимость основных средств; $Н$ – процент налога на добавленную стоимость в инвестициях; N_a – норма амортизационных отчислений, коэффициент.

При дальнейшей детализации и принятии определенных методологических стандартов модель интерпретируется в более сложные многоуровневые линейные модели, на основе которых разрабатываются системы бухгалтерского и управленческого учета, автоматизированные системы управления компаниями на базе *ERP*- и *CRM*-технологий. Детализация осуществляется в двух направлениях: вниз – в форме первичной оперативной и бухгалтерской отчетности; вверх – в виде аналитической и синтетической промежуточной и итоговой бухгалтерской (управленческой), налоговой и статистической отчетности.

Для анализа и управления на макроэкономическом уровне на основе экономических моделей предприятия в форме статистической отчетности разрабатываются факторологические линейные модели верхнего уровня в виде основных показателей развития страны (региона). Традиционно данные модели представляются в формате статистических бюллетеней и сборников различной дискретности формирования. Общая схема разработки таких моделей представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема формирования линейной факторологической макромоделей в формате статистической отчетности:

MI_{ik} – микромодель i -го предприятия k -го вида; BD_{ik} – база данных по i -му числу предприятий по результатам формирования микромоделей k -го вида; MA_{is} – макромодель по i -му числу предприятий s -го вида

На основании форм централизованной и нецентрализованной статистической отчетности (микромоделей) формируется достаточно большое множество факторологических макромоделей экономики, отображающих дискретно в динамике ее различные стороны, что способствует принятию стратегических управленческих решений. Макромодель разрабатывается не напрямую посредством объединения составляющих микромоделей, а через базы данных (БД), создаваемые на основе микромоделей. До недавнего времени, к примеру при обработке централизованных форм статистической отчетности для создания БД, использовался *DBF*-формат отображения информации, не всегда позволяющий строить

по заданным критериям требуемые макромоделли. Это снижает возможности имитационного моделирования для целей управления.

Очевидно, что периодичность и сроки разработки, степень детализации таких обобщенных статистических моделей не всегда обеспечивают принятие рациональных управленческих решений в условиях растущей динамики экономических процессов. Например, статистические таблицы «Затраты – Выпуск», которые максимально полно и системно отображают национальную экономику и ее поведение, формируются почти через год после завершения отчетного периода. Такие факторологические модели являются застывшими, отображающими срез процесса на определенный период (периоды). В большинстве случаев они не позволяют осуществлять сам процесс моделирования в целях управления, а служат всего лишь информационной основой для формирования реально работающих моделей. Если это и делается, то по крайне ограниченному числу факторов.

Естественным образом возникает потребность в разработке экономической модели, которая соединяла бы в себе оперативность и высокую степень детализации линейно-функциональных моделей предприятия с широтой охвата процессов макроэкономическими моделями. На наш взгляд, это возможно и целесообразно осуществить путем разработки линейной узловой экономической модели, состоящей из множества моделей низшего уровня, объединенных на макроуровне в единую структурированную БД, из которой генерируются требуемые факторологические макромоделли процесса в формате, позволяющем осуществлять имитационное моделирование. Схематически это может выглядеть следующим образом (рис. 2):

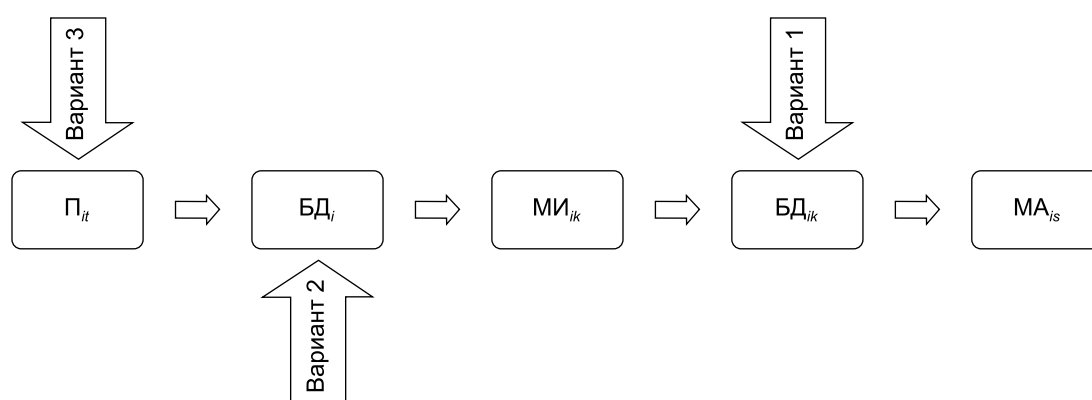


Рис. 2. Схема формирования линейной узловой модели:

P_{it} – t параметров микромоделли i -го предприятия; B_t – база данных параметров микромоделли i -го предприятия. Остальные обозначения см. на рис. 1

По отношению к существующим процессам формирования факторологических статистических моделей в узловую модель добавляются блоки: параметры микромоделли предприятия; БД параметров микромоделли предприятия.

Такая многоуровневая модель позволит существенно расширить возможности и прикладной эффект моделирования. Во-первых, на выходе для целей управления можно получить большое число линейных макромоделли в различных форматах, которые будут отражать как отдельные стороны процесса, так и их совокупность. Во-вторых, при создании надлежущего инструментария факторологические модели будут быстро формироваться согласно задаваемым исходным параметрам и алгоритмам. В-третьих, факторологические модели реально становятся информационной основой для имитационного моделирования. В-четвертых, при накоплении в БД требуемого объема структурированной по временным периодам информации представляется возможность быстрой разработки по заданным алгоритмам уравнений регрессии и эконометрических моделей. Одновременное использование для целей управления моделей, основанных на вероятностных оценках, и линейно-функциональных моделей, на наш взгляд, представляет большой научно-практический интерес. Для быстрого формирования требуемого множества моделей между БД и конечной моделью необходимо наличие генератора моделей (итоговой отчетности). Генератор – это программное обеспечение, которое по введенным алгоритмам выборки и обработки информации формирует макромоделли из имеющейся БД. Такие программные модули используются во многих современных бухгалтерских программах для организации отчетности по заданному алгоритму. В статистике имеются единичные случаи реализации такой идеи с представлением аналитику возможности самому быстро формировать требуемое число макромоделли и определять их параметры [7]. Это возможно при отказе от традиционного способа построения БД в виде структурированной по показателям (видам, группам) информации и представлении динамических рядов статистической информации в виде многомерного куба, на ребра которого наложены координаты с названиями «показатель – разрез – ретроспектива».

Представление показателей в виде иерархического дерева демонстрирует подчиненность показателей, обеспечивает с использованием системы фильтров быструю доработку отчетов (моделей) в соответствии с измененными условиями представления выходной информации для целей управления, малобюджетно реализует идею полной сквозной автоматизации процесса сбора, обработки и хранения статистической информации.

Моделирование осуществляется посредством изменения исходных параметров модели и оценки ее нового состояния по промежуточным и конечным параметрам. Согласно представленной ранее схеме (см. рис. 2) с использованием узловой модели рассматриваются три варианта моделирования процесса.

Вариант 1. Моделирование осуществляется посредством изменения исходных данных в БД по совокупности рассматриваемых предприятий ($БД_{i,jk}$). Это наиболее реальный вариант моделирования, поскольку он предполагает моделирующее изменение исходных параметров в уже сформированной централизованной БД.

Вариант 2. Моделирование осуществляется путем изменения исходных данных в БД параметров микромоделей конкретного предприятия ($БД_{ij}$). Такая схема возможна при обеспечении исследователю, осуществляющему моделирование, удаленного доступа к исходным показателям БД конкретного предприятия. В настоящее время это является технически возможным при использовании CRM-технологий.

Вариант 3. Моделирование осуществляется посредством изменения исходных параметров микромоделей конкретного предприятия ($П_{it}$). Это предоставляет наиболее «филигранные» возможности для моделирования процессов на макроуровне: может быть оценено влияние на макромоделю изменения любой документируемой хозяйственной операции конкретного предприятия. Для данного варианта, как и для второго, условием является обеспечение удаленного доступа к исходным параметрам микромоделей предприятия.

Кроме указанных трех вариантов, возможен и четвертый, при котором моделирующие изменения задаются непосредственно в факторологическую макромоделю. В современных условиях с учетом существующих процедур сбора и обработки статистической информации это единственный реально используемый исследователями вариант построения моделей в целях рационализации управления. При высоком уровне сквозной автоматизации процесса моделирования, надлежащим образом сформированных БД статистической информации необходимость в использовании такого варианта отпадает.

Полагаем, что реализовать предлагаемый подход узлового моделирования целесообразно в первую очередь через автоматизацию сбора, обработки информации, формирования статистических таблиц «Затраты – Выпуск» как наиболее полно и в комплексе отражающих экономические процессы на макроуровне. Для этих целей на начальном этапе целесообразно ввести дополнительно электронную форму статистической отчетности. Также предстоит разработать программное обеспечение для формирования статистических таблиц с разной степенью детализации по видам экономической деятельности, территориальному и отраслевому признакам. Предлагаемый подход, наряду с решением широкого спектра задач управления на новом уровне, позволит сформировать подробные цепочки добавленной стоимости. Это как минимум создаст информационную основу для оценки эффективности производственной кооперации предприятий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Система таблиц «Затраты – Выпуск» Республики Беларусь за 2012 год : стат. бюл. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. Минск, 2014.
2. Леонтьев В. В. Избранные произведения : в 3 т. М., 2006. Т. 2.
3. Методика по формированию системы таблиц «Затраты – Выпуск» // Министерство статистики и анализа Республики Беларусь : [сайт]. Режим доступа: http://belstat.gov.by/homep/ru/statinstrum/methodiki/methodiki_09.php (дата обращения: 28.01.2015).
4. Ельсуков В. П. Моделирование сценариев развития макроэкономических систем по данным статистических таблиц «Затраты – Выпуск» // Экономика и менеджмент. 2011. № 1. С. 153–159.
5. Ельсуков В. П. Анализ взаимосвязанной динамики цен по данным таблиц «Затраты – Выпуск» // Актуальная статистика : сб. науч. тр. Минск, 2006. С. 173–192.
6. Исследование совокупности управляемых и неуправляемых на макроуровне инфляционных факторов : отчет о науч.-исслед. работе (сводный отчет) / НИИ статистики М-ва статистики и анализа Респ. Беларусь. Минск, 2008.
7. Отчет о закупках металлопродукции (форма 1-металлопродукция) : отчет о НИР / НИИ статистики М-ва статистики и анализа Респ. Беларусь. Минск, 2008.

Поступила в редакцию 09.06.2015.

Владимир Петрович Ельсуков – кандидат экономических наук, доцент кафедры бизнес-администрирования Института бизнеса и менеджмента технологий БГУ.