

УДК 336.67

**А. Н. Мардас**

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)*

**О. А. Гуляева**

*Петербургский государственный университет путей сообщения Александра I*

## **ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКЕ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

*Освещена проблема прогнозирования эффективности стратегии развития производственно-экономической системы в нестационарных условиях. Представлен инструментальный подход к снижению неопределенности будущего состояния системы, исходящий из методов непараметрической эконометрики. В основе используемого подхода лежит методология рандомизации малой выборки эмпирических данных и последующая идентификация построенного распределения как модели развития системы после точки бифуркации; идентификация осуществляется применением непараметрического критерия согласия. В последующем с помощью построенной модели могут быть определены реально достижимые показатели стратегии развития.*

### **Стратегическое планирование, непараметрическая эконометрика, прогнозирование, производственно-экономическая система**

Экономическая литература трактует инновационную деятельность как совокупность проектов по превращению идеи в новые продукты и технологии. Отдельный инновационный проект раскрывает порядок превращения новшества в реальную инновацию. Таким образом, содержательно проект – это применение знаний, навыков и умений, инструментария разработки и технологий производства к созданию стоимости идеи и формированию условий превращения ее в источник дохода или другого социального эффекта [1]. Существенно, что изначально достижение цели проекта не гарантировано, и в общем случае его динамика (реально складывающийся порядок исполнения) и конечный результат остаются неопределенными.

Эффективность инновационной деятельности проявляется как финансовая отдача. Поэтому процедура ее оценки для отдельного проекта в большинстве случаев сводится к бухгалтерским расчетам и сравнению денежных потоков по критерию чистой текущей стоимости (*NPV*) [2]. Эффективность же стратегии развития производственно-экономической системы (ПЭС) в целом чаще всего трактуется как целевая, т. е. степень достижения заявленных целей. И в том и в другом случае в целях стратегического планирования необходимы обоснованные допущения относительно ожидаемых денежных потоков и знание конечной даты завершения проекта (программы развития). Данный аспект позволяет утверждать, что стандартный бухгалтерский расчет *NPV* не может решить проблему оценки эффективности инновационной деятельности, поскольку игнорирует реальную неопределенность ее хода и конечного результата.

Применение эконометрических подходов существенно повышает объективность прогноза денежных потоков, а значит и адекватность стратегического планирования. Вместе с

тем привлекаемый математический аппарат опирается на представления о стохастичности ситуации и эргодичности исследуемых процессов, что чрезвычайно редко выполняется в современной перманентно меняющейся экономике.

Динамика современной экономики не позволяет напрямую применять классический стохастический инструментарий для описания производственно-экономических систем. Вместе с тем ясно, что прогнозные алгоритмы должны строиться по аналогии с моделями Бокса–Дженкинса [3], т. е. как объединение детерминированной (иначе говоря, планирующей) и нерегулярной (отождествляемой с неопределенностью и не поддающейся планированию) компонент. Для современной экономики это равносильно спецификации эконометрической модели в отсутствие выполнимости условий стохастичности. Поэтому первый этап идентификации перспектив ПЭС должен представлять собой доказательную рандомизацию эмпирической информации в целях обеспечения возможностей применения вероятностной схемы и последующей оценки гипотезы о природе и темпах развития.

Процедура рандомизации эмпирической информации о ретроспективе ПЭС на старте стратегии предложена в работе [4]. Там же представлен алгоритм непараметрической идентификации совместного распределения инвариантных статистик короткого временного ряда основного показателя как отражения складывающейся тенденции развития ПЭС. В итоге путем применения супериндикатора [5] устанавливается наиболее достоверный вариант развития ПЭС в ближайшей перспективе (один-три временных периода). По данному варианту и проверяется реализуемость мероприятий стратегии.

Перспективы развития ПЭС могут быть оценены путем факторизации модели промышленного роста. В рамках неоклассических представлений это равнозначно отысканию максимума производственной функции как связи результата производства с технологиями и затратами ресурсов. При этом в качестве ресурсов рассматривают накопленный труд в форме производственных фондов  $K$  (капитал) и настоящий (живой) труд  $L$ . Тогда ПЭС описывается двухфакторной производственной функцией, например в форме Кобба–Дугласа:

$$X = AK^\alpha L^\beta, \quad (1)$$

а ее динамика представима логарифмическим трендом

$$\ln X_t = \ln A + \alpha \ln K_t + \beta \ln L_t, \quad (2)$$

где  $t = 1, 2, \dots, T$ ;  $T$  – длина временного ряда наблюдений.

Если для коэффициентов эластичности в (2) выполняется  $\alpha > \beta$ , то имеет место трудо-сберегающий (интенсивный) рост, в противном случае – фондосберегающий (экстенсивный) рост. Параметр  $A$  можно интерпретировать как параметр технического прогресса, иначе говоря, отождествлять со степенью инновационности ПЭС: при тех же  $\alpha$  и  $\beta$  выпуск в точке  $(K, L)$  больше, чем больше  $A$  (выше достигнутый технологический уровень).

Функция Кобба–Дугласа может стать инструментом управления инвестиционно-инновационным процессом на основе выбора коэффициентов эластичности и параметра инновационности  $A$  в виде соотношения между затратами на факторы производства и формирование интеллектуального потенциала.

Трудность, однако, состоит в том, что однозначный расчет (например, методом наименьших квадратов) коэффициентов  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $A$  по мультипликативной форме (1) возможен только при однородности производственной функции, что крайне редко выполняется на практике.

Вторым препятствием является то, что для обеспечения достоверности результатов регрессионного анализа требуется привлечение выборок со значительными объемами. Это делает невозможным непосредственное применение к инновационным процессам классических подходов эконометрики. Вместе с тем, поскольку в соответствии с неоклассическими представлениями в краткосрочном периоде постоянные факторы производства фиксированы, можно предположить, что в случае инновационного развития рост ПЭС обеспечивается за счет превалирующей роли интеллектуального вклада.

Предположив, что инновационный прорыв означает скачок в результирующем показателе ПЭС при практически неизменном вовлечении ресурсов в производство (т. е. фиксации  $L$  и  $K$  в точке старта инновационной стратегии) и, переходя к удельным величинам, т. е. полагая  $x = X/L$ ,  $k = K/L$ , статику ПЭС можно моделировать соотношением

$$x = Ak\lambda, \quad (3)$$

отражающим индекс роста в расчете на одного работающего, а динамику – логарифмическим трендом

$$\ln X_t = \ln A + \alpha \ln K_t + \beta \ln L_t, \quad (4)$$

где  $t = 1, 2, \dots, T$ ;  $T$  – длина временного ряда наблюдений за параметрами системы.

Таким образом, после оценки параметров регрессии (4) по значению коэффициента  $\lambda$  (эластичности инвестиций) можно определять соотношение между динамикой расходов на интеллектуальную и фондоформирующую компоненты инновационной деятельности в ближайшей перспективе. Оценивание модели (4) в силу малости выборки и краткосрочности прогноза для преодоления проблемы гетероскедастичности следует проводить по методу Салкевера на линейной модели роста. Это обеспечит оценку ошибки моделирования в условиях невозможности применить метод наименьших квадратов.

Если возможности инновационного прорыва подтверждены (кривая роста есть экспонента [4]), то дальнейшее развитие ПЭС предопределено ее короткой ретроспективой и заключается в активизации усилий по сложившимся успешным направлениям.

Развитие ПЭС как ее модернизация предполагает квантификацию причинно-следственных связей между факторами и результатами производства и планирования их совместного изменения для достижения установленной цели. В этом случае задачей стратегического планирования становится выбор и факторизация рациональной траектории как лучшей из ряда альтернатив.

В соответствии с общей теорией коинтеграции причинная обусловленность временных рядов проявляется в их одновременной (совместной) интегрируемости. Иначе говоря, если нестационарные временные ряды  $x_t$  и  $A_t$  допускают объединение в стационарную линейную комбинацию, то путем оценки регрессионного уравнения

$$x_t = \delta + \gamma A_t + v_t, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (5)$$

можно получить оценку коэффициента  $\gamma$  (доля НИОКР в текущих расходах ПЭС) как характеристику взаимообусловленности роста ПЭС и ее интеллектуального ресурса. Поэтому для установления возможностей интеллектуального вклада в рост ПЭС следует по критерию Энгеля–Грейнджера проверить коинтегрируемость рядов  $x_t$  и  $A_t$  в ретроспективе по регрессии вида:

$$\Delta v_t = b_0 + b_1 v_{t-1}, \quad (6)$$

где  $\Delta v_t = v_t - v_{t-1}$  – первые разности остатков в (5). Если коэффициент  $b_0$  значимо отличается от нуля, то нуль-гипотеза отклоняется и признается наличие коинтеграции. В свою очередь это открывает возможность квантификации связи между интеллектуальным ресурсом и ростом ПЭС.

Если целевое значение  $x_t^*$  темпов роста ПЭС задается директивно, то при вышеизложенных предположениях оно представимо выражением

$$x_t^* = \delta + \gamma A_t + v_t; t = 1, 2, \dots, T. \quad (7)$$

С другой стороны, в условиях динамического равновесия в каждом интервале моделируемого периода фактическое приращение результирующего показателя есть

$$x_t - x_{t-1} = \mu(x_t^* - x_{t-1}), \quad (8)$$

т. е. пропорционально разности между ожидаемым (задаваемым) уровнем и предшествующим значением  $x_{t-1}$ . Тогда

$$x_t = \mu x_t^* + (1 - \mu)x_{t-1}, \quad (9)$$

т. е. реальное наблюдение  $x_t$  реализуется как взвешенная с удельным весом  $\mu$  сумма задаваемого  $x_t^*$  и предшествующего  $x_{t-1}$  значений целевого показателя. Следовательно, если по ретроспективному эмпирическому ряду в соотношении (5) допустимо описание нерегулярной компоненты  $v_t$  белым шумом, то уравнения (9) и (10) совместно образуют модель частичной корректировки, которая может служить инструментом факторизации траектории развития в виде динамики интеллектуального обеспечения. Тогда изменение доли НИОКР в общих расходах ПЭС устанавливается по коэффициентами  $\mu$  и  $\gamma$  из модели:

$$x_t = \mu\delta + \mu\gamma A_t + (1 - \mu)x_{t-1} + \mu v_t; t = 1, \dots, T. \quad (10)$$

В условиях отсутствия предпосылок или директивных установок на интенсивный рост планирование развития ПЭС следует осуществлять в рамках традиционного оперативно-производственного планирования, используя следующую модель.

Темп роста ПЭС определим как  $R_t = \frac{C_t}{C_{t-1}} = 1 + r_t$ , где  $r_t$  – темп прироста результирующего показателя  $C_t$ . Осуществив логарифмирование данного выражения, установим, что для малых изменений имеет место равенство  $\Delta \ln C_t = \ln C_t - \ln C_{t-1} = \ln(1 + r_t) \approx r_t$ . Поэтому достаточно малые изменения результирующего показателя развития ПЭС под влиянием фундаментальных факторов можно аппроксимировать логарифмическим темпом прироста  $\Delta \ln C_t$ . Сами изменения факторов (материальных активов, объемов выпуска, цен реализации и т. п.) в периоде с номером  $t$  представимы соотношениями  $Q_{it} = \frac{V_{it}}{V_{it-1}}$ , ( $i = 1, \dots, m$ ).

Тогда значения результирующего показателя следует прогнозировать (в планировании – устанавливать) по уравнению множественной регрессии вида:

$$\Delta \ln C_t = \sum_{i=1}^m \beta_i Q_{it} + D_t \varepsilon_t, \quad (11)$$

где  $t$  – номер периода;  $D_t$  – фиктивная переменная Салкевера, равная единице только для момента прогноза;  $\beta_i$  – коэффициенты регрессии, отражающие влияние соответствующего фактора.

Таким образом, непараметрическая эконометрика может стать общим подходом к выбору модели развития ПЭС (инновационный рост, модернизация, экстенсивное расширение).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия развития науки и инноваций в Российской Федерации на период до 2015 г. М.: Ин-т проблем развития науки РАН, 2010. 422 с.
2. Методы стратегического анализа на железнодорожном транспорте / А. Н. Мардас, О. А. Гуляева, Н. К. Румянцев и др. СПб.: Изд-во ПГУПС, 2013. 137 с.
3. Статистический анализ данных, моделирование и исследование вероятностных закономерностей. Компьютерный подход / Б. Ю. Лемешко, С. Б. Лемешко, С. Н. Постовалов и др. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. 888 с.
4. Гуляева О. А., Мардас А. Н., Мардас Д. А. Прогнозная оценка результативности стратегии развития производственно-экономической системы // Дискурс. 2016. № 2. С. 79–86.
5. Ивченко Б. П., Мартыщенко Л. А., Иванцов И. Б. Информационная микроэкономика. СПб.: Нордмед-Издат, 1997. 197 с.

---

A. N. Mardas  
*Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»*

O. A. Gulyaeva  
*Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University*

### ECONOMETRIC METHODS IN FORECAST EVALUATION OF THE DEVELOPMENT STRATEGY OF A MANUFACTURING SYSTEM

*The article is devoted to the problem of predictive evaluation of the development strategy efficiency of a manufacturing system under non-stationary conditions. A toolkit for reducing the uncertainty of the future system state is presented proceeding from methods of nonparametric econometrics. The approach is based on the randomization methodology of empirical data and identification of the constructed distribution, as a model for the development after the bifurcation point. Identification is carried out using a nonparametric consent criterion. The really achievable indicators of the development strategy can be determined based on the constructed model.*

**Strategic planning, nonparametric econometrics, forecasting, manufacturing system**

---