

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ КАК ОСНОВА КОНСТРУИРОВАНИЯ ИНДУКТИВНОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ФУНКЦИИ

© 2009 В.И. Стаматин, В.А. Харитонов\*

**Ключевые слова:** технологическая функция, инновации, инвестиции, технолого-экономическая функция, анализ производства.

Рассматриваются возможности развития и более полного использования категории технологических функций в задачах конструирования индуктивной производственной функции - эффективного инструмента инновационно-инвестиционного анализа деятельности предприятия.

Современное развитие экономической теории на основе сведений о технологических процессах дало повод к разработке производственных функций и функций затрат с использованием технических знаний из повседневной инженерной практики. Подход к производственной функции на технической основе обладает значительными преимуществами, поскольку, во-первых, становится известной область применения функций, а во-вторых, появляется возможность относительно легко включить в модель результаты технического прогресса благодаря несвязанности с жесткими рамками фактических наблюдений. Производственные функции данного класса как более узкое понятие, не включающее фактор предпринимательства и ряд других нетехнических процессов (продажа товаров, человеческий фактор и др.), получило название "технологические функции".

Самый известный и чаще всего применяемый на практике подход к анализу эффективности производства строится на статистических данных и принципе "от общего - к частному", от отрасли - к предприятию, это так называемый дедуктивный подход. Использование такого подхода для анализа инвестиционных процессов не всегда оправданно. Возникает потребность в предметной связи с производством, технологией, ресурсами, т.е. с самой сутью инвестиционных изменений. И поэтому сегодня естественной альтернативой такому подходу может быть индуктивный подход, который предполагает построение производственной функции от элементарных участков или экономических ресурсов к предприятию.

Индуктивные производственные функции в качестве альтернативы к сложившемуся дедуктивному подходу к их построению, используемые для инвестиционного исследования знания технологии производства, его структуры и организации, впервые были исследованы учеными-экономистами П. Дугласом и А. Уолтерсом в конце 40-х и начале 60-х гг. прошлого века.

Американский ученый П. Дуглас в статье "Существуют ли законы производства?" в 1948 г. предложил, использовать не агрегированные отраслевые показатели, а средние данные по отдельным заводам для последующего обобщения<sup>1</sup>. Сложность реализации данного подхода ограничило его дальнейшее развитие. Новым толчком к продвижению идеи индуктивного исследования реального сектора производства, послужила работа британского экономиста А. Уолтерса "Производственные функции и функции затрат: эконометрический обзор" (1963 г.), выделившая класс технологических функций, использующих технические знания о производстве из инженерной практики. Тем самым было предложено дальнейшее перемещение начала индуктивного исследования внутрь производства (предприятия)<sup>2</sup>.

Свойство аддитивности затратных функций (обратных производственных функций, или производственных функций в обратной форме) позволяет выделить в качестве одного из слагаемых любой экономической фактор, выражаемый в единицах шкалы информационного ресурса. Возможность сопоставления индуктивной производственной функ-

\* Стаматин Василий Иванович, кандидат экономических наук, доцент, проректор по научной работе и международным связям Западно-Уральского института экономики и права, г. Пермь; Харитонов Валерий Алексеевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой "Экспертиза недвижимости" Пермского государственного технического университета. E-mail: zuier@mail.ru.

ции и ее предельных модификаций, при наличии и отсутствии выбранного экономического фактора, а также с “желаемыми” (удовлетворяющими потребности инвестора и реципиента) параметрами, позволяет ставить и решать задачи “экономического” конструирования инвестиционных процессов, формируя задание на инновационные предложения в экономических категориях. Индуктивный характер процедуры построения производственной функции, охватывающей все экономические факторы реального производства с необходимой степенью детализации, допускает к модельному исследованию практически неограниченный спектр инвестиционных задач по совершенствованию конкретного производства, как полномасштабных (достаточно трудоемких), так и упрощенных - в рамках экспресс-анализа<sup>3</sup>.

Основания новой парадигмы моделирования инвестиционных процессов строящиеся на индуктивном представлении производственной функции, конструируемой на основе технологической функции с использованием технических знаний из повседневной инженерной практики, способствуют созданию более эффективных инструментальных средств поддержки принятия инвестиционных решений.

В статье рассматриваются возможности развития и более полного использования категории технологических функций в задачах конструирования индуктивной производственной функции - эффективного инструмента инновационно-инвестиционного анализа деятельности предприятия.

Метаморфоза технологической функции в индуктивную производственную функцию вызывает не только гносеологический интерес к потенциальным соотношениям технического и экономического аспектов в моделях производства, но и методологический аспект, расширяющий возможности инновационно-инвестиционного анализа. Поэтому данную процедуру целесообразно рассмотреть поэтапно, последовательно отказываясь от технологичес-

ких подробностей в пользу нарастающего экономического наполнения, сохраняя взаимосвязи обоих аспектов, придающее востребованность в задачах совершенствования бизнес-процессов особым свойствам индуктивной производственной функции.

Исходной позицией для искомого преобразования может стать базовая технологическая функция, описывающая производство некоторого продукта в самой общей форме безотносительно к техническим возможностям конкретного предприятия. Это “материал для размышления” профессиональным технологам, ответственным за размещение данного продукта в заданной производственной среде.

К начальной стадии преобразования после распараллеливания возможных параллельных технологических линий, технологическая функция представляет собой описание выпуска конечного продукта в виде единой последовательности процессов и востребованных для их реализации методов осуществления указанных процессов. Это можно иллюстрировать ориентированным графом (см. рисунок), вершинами которого являются отдельные фазы производства, а дугами - множества допустимых методов построения указанных процессов, отличающихся производительностью, себестоимостью, потреблением ресурсов и др.

Любой путь в таком ориентированном графе порождает одну из реализаций базовой технологической функции как последовательность пар (процесс-метод).

Базовую технологическую функцию можно описать эквивалентной таблицей (матрицей), представленной в табл. 1, произвольный элемент которой  $a_{ij} = 0|1$  обозначает недопустимость/допустимость в  $i$ -м процессе метода  $m_j \in M_i$ .

Методы, представленные на рисунке и табл. 1, порождают множество вариантов реализации базовой технологической функции, переходящих друг в друга посредством операций замещения методов в каждой группе  $M_i$ .



Рис. Базовая технологическая функция

Таблица 1

Базовая технологическая функция

Процессы Методы	Процесс 1	Процесс 2	Процесс 3	...	Процесс $i$
Метод 1	$a_{11}$	$a_{21}$	$a_{31}$	...	$a_{i1}$
Метод 2	$a_{12}$	$a_{22}$	$a_{32}$	...	$a_{i2}$
...	...	...	...	...	...
Метод $M_i$	$a_{1M_i}$	$a_{2M_i}$	$a_{3M_i}$	...	$a_{iM_i}$
...	...	...	...	...	...
Метод $M$	$a_{1M}$	$a_{2M}$	$a_{3M}$	...	$a_{iM}$

Таблица 2

Экономическая функция затрат факторов производства

Процессы $P_i$	Заготовка 1	Обработка 2	Сборка 3	Наладка 4	$i$
1. Энергоресурсы	$C_{11}(\vartheta_1)$	$C_{21}(\vartheta_2)$	$C_{31}(\vartheta_3)$	$C_{41}(\vartheta_4)$	$C_{i1}(\vartheta_i)$
2. Материалы, сырье	$C_{12}(\vartheta_1)$	$C_{22}(\vartheta_2)$	$C_{32}(\vartheta_3)$	$C_{42}(\vartheta_4)$	$C_{i2}(\vartheta_i)$
3. Трудовые ресурсы	$C_{13}(\vartheta_1)$	$C_{23}(\vartheta_2)$	$C_{33}(\vartheta_3)$	$C_{43}(\vartheta_4)$	$C_{i3}(\vartheta_i)$
4. Производственные площади	$C_{14}(\vartheta_1)$	$C_{24}(\vartheta_2)$	$C_{34}(\vartheta_3)$	$C_{44}(\vartheta)$	$C_{i4}(\vartheta_i)$
$k \dots$	$C_{1k}(\vartheta_1)$	$C_{2k}(\vartheta_2)$	$C_{3k}(\vartheta_3)$	$C_{4k}(\vartheta_4)$	$C_{ik}(\vartheta_i)$

Для экономического анализа базовая технологическая функция может быть трансформирована: распараллелена, освобождена от жесткого порядка следования и при необходимости локально сгруппирована. То есть базовая технологическая функция освобождается от ряда обязательных ранее и существенных для технологии подробностей.

В интересах экономического анализа табл. 2 может быть модифицирована подстановкой  $a_{ij} = 1/C_{ij}$ , где  $C_{ij}$  - ориентировочные затраты на  $i$ -й процесс, реализуемый по  $j$ -му методу, с учетом всех востребованных методов ресурсов с необязательным их ранжированием по степени важности при производстве единицы конечного продукта.

Используя новую форму технологической функции, технолог предприятия, где размещается производство обсуждаемого продукта, получает дополнительные возможности для маневра. Это касается определения принципиальной возможности выпуска продукции на имеющихся производственных мощностях, установления допустимых вариантов требуемого технологического процесса с учетом ограничений на совместимость и физическую реализуемость указанных в технологической функции методов и, наконец, обеспечения выбора наилучшего в определенном смысле

варианта выпуска продукции. В этом случае можно говорить о том, что базовая технологическая функция преобразована в технологико-экономическую функцию выпуска заданного продукта на данном предприятии.

Дальнейшее преобразование технологико-экономической функции выпуска связано с учетом факторов производства  $X$  через экономическую функцию затрат  $C_{ik}(\vartheta_i)$  факторов производства (табл. 2) на единичную операцию участка, где реализуется процесс  $i$ , без учета его загрузки другими заказами.

Для анализа эффективности полной загрузки производства можно построить экономическую функцию затрат факторов производства с учетом его загрузки другими заказами по факту накопленных затрат  $C_{ik}^0$  к моменту поступления нового заказа (табл. 3).

Полный экономический анализ эффективности производства нового продукта требует перехода к экономической функции выпуска продукции в количестве  $Q$  (табл. 4) подстановкой  $n_{ik} \vartheta_{ik} Q := Q$ , где  $n_{ik}$  - количество операций  $\vartheta_{ik}$ , затрачиваемых на производство единицы конечного продукта.

Экономическая функция выпуска продукции (табл. 4) является последней фазой преобразования технологической функции на

Экономическая функция затрат факторов производства с учетом его загрузки другими заказами

Процессы $\Pi_i$ Ресурсы $X_k$	Заготовка 1	Обработка 2	Сборка 3	Наладка 4	$i$
1. Энергоресурсы	$C_{11}^0 + C_{11}(\vartheta_1)$	$C_{21}^0 + C_{21}(\vartheta_2)$	$C_{31}^0 + C_{31}(\vartheta_3)$	$C_{41}^0 + C_{41}(\vartheta_4)$	$C_{i1}^0 + C_{i1}(\vartheta_i)$
2. Материалы, сырье	$C_{12}^0 + C_{12}(\vartheta_1)$	$C_{22}^0 + C_{22}(\vartheta_2)$	$C_{32}^0 + C_{32}(\vartheta_3)$	$C_{42}^0 + C_{42}(\vartheta_4)$	$C_{i2}^0 + C_{i2}(\vartheta_i)$
3. Трудовые ресурсы	$C_{13}^0 + C_{13}(\vartheta_1)$	$C_{23}^0 + C_{23}(\vartheta_2)$	$C_{33}^0 + C_{33}(\vartheta_3)$	$C_{43}^0 + C_{43}(\vartheta_4)$	$C_{i3}^0 + C_{i3}(\vartheta_i)$
4. Производственные площади	$C_{14}^0 + C_{14}(\vartheta_1)$	$C_{24}^0 + C_{24}(\vartheta_2)$	$C_{34}^0 + C_{34}(\vartheta_3)$	$C_{44}^0 + C_{44}(\vartheta_4)$	$C_{i4}^0 + C_{i4}(\vartheta_i)$
$k \dots$	$C_{1k}^0 + C_{1k}(\vartheta_1)$	$C_{2k}^0 + C_{2k}(\vartheta_2)$	$C_{3k}^0 + C_{3k}(\vartheta_3)$	$C_{4k}^0 + C_{4k}(\vartheta_4)$	$C_{ik}^0 + C_{ik}(\vartheta_i)$

Таблица 4

Экономическая функция выпуска продукции

Процессы $\Pi_i$ Ресурсы $X_k$	Заготовка 1	Обработка 2	Сборка 3	Наладка 4	$i$
1. Энергоресурсы	$C_{11}^0 + C_{11}(Q)$	$C_{21}^0 + C_{21}(Q)$	$C_{31}^0 + C_{31}(Q)$	$C_{41}^0 + C_{41}(Q)$	$C_{i1}^0 + C_{i1}(Q)$
2. Материалы, сырье	$C_{12}^0 + C_{12}(Q)$	$C_{22}^0 + C_{22}(Q)$	$C_{32}^0 + C_{32}(Q)$	$C_{42}^0 + C_{42}(Q)$	$C_{i2}^0 + C_{i2}(Q)$
3. Трудовые ресурсы	$C_{13}^0 + C_{13}(Q)$	$C_{23}^0 + C_{23}(Q)$	$C_{33}^0 + C_{33}(Q)$	$C_{43}^0 + C_{43}(Q)$	$C_{i3}^0 + C_{i3}(Q)$
4. Производственные площади	$C_{14}^0 + C_{14}(Q)$	$C_{24}^0 + C_{24}(Q)$	$C_{34}^0 + C_{34}(Q)$	$C_{44}^0 + C_{44}(Q)$	$C_{i4}^0 + C_{i4}(Q)$
$k \dots$	$C_{1k}^0 + C_{1k}(Q)$	$C_{2k}^0 + C_{2k}(Q)$	$C_{3k}^0 + C_{3k}(Q)$	$C_{4k}^0 + C_{4k}(Q)$	$C_{ik}^0 + C_{ik}(Q)$

основе аддитивной операции перед построением семейства производственных функций самого различного назначения из семейства совокупных затратных функций:

а) полная совокупная затратная функция

$$C(Q) = \sum_i \sum_k (C_{ik}^0 + C_{ik}(Q));$$

б) совокупная затратная функция по фактору  $k$

$$C_k(Q) = \sum_i (C_{ik}^0 + C_{ik}(Q));$$

в) совокупная затратная функция по процессу  $i$

$$C_i(Q) = \sum_k (C_{ik}^0 + C_{ik}(Q));$$

г) агрегированная относительно процесса  $i_1$  совокупная затратная функция по фактору  $k$

$$C_k(Q) = \sum_{i \neq i_1} (C_{ik}^0 + C_{ik}(Q)) + C_{i_1 k}^0 + C_{i_1 k}(Q);$$

д) агрегированная относительно фактора  $k_1$  совокупная затратная функция по процессу  $i$

$$C_i(Q) = \sum_{k_1 \neq k_i} (C_{ik}^0 + C_{ik}(Q)) + C_{i k_1}^0 + C_{i k_1}(Q).$$

Выбор типа затратной функции и, соответственно, производственной функции зависит от содержания задачи инновационно-инвестиционного исследования эффективности производства и может меняться соответственно обстоятельствам бизнеса, оправдывая известную трудоемкость получения табл. 1-4 многократностью использования и достаточным обоснованием принимаемых решений.

<sup>1</sup> Дуглас П.Х. Существуют ли законы производства? // Вехи экономической мысли. Рынки факторов производства. Т. 3. СПб., 2000. С. 26-58.

<sup>2</sup> Уолтерс А.А. Производственные функции и функции затрат: эконометрический обзор // Вехи экономической мысли. Теория фирмы. Т. 2. СПб., 2000. С. 160-205.

<sup>3</sup> Стаматин В.И., Харитонов В.А. Моделирование процессов инвестирования промышленных предприятий на основе аппроксимированных индуктивных производственных функций // Вестн. Самар. гос. экон. ун-та. Самара, 2008. № 5. С. 95-100.