

Посилання на статтю

Москвиченко И.М. Применение моделей экономического роста для прогнозирования инновационных процессов / И.М. Москвиченко // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб.наук.пр. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2004. – № 4(12).- С.136-143. Режим доступу: <http://www.pmdp.org.ua/>

УДК 330.115

И.М. Москвиченко

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Разработана математическая модель экономического роста предприятия или отрасли с учетом автономного технического прогресса. Рис. 2, ист 5.

Ключевые слова: модель экономического роста, инновационный процесс, научно-технический прогресс, прогнозирование.

I.M. Moskvichenko

ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛЕЙ ЕКОНОМІЧНОГО РОСТУ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

Розроблено математичну модель економічного росту підприємства або галузі з урахуванням автономного технічного прогресу. Рис.2, дж.5.

I.M. Moskvichenko

THE USE OF ECONOMIC GROWTH MODELS IN INNOVATION PROCESS FORECAST

The mathematical model of economic growth applicable both to an enterprise and a branch is developed taking into consideration autonomous technical progress.

Постановка проблемы в общем виде. Для описания процесса повышения эффективности использования ресурсов в агрегированных моделях долгосрочного прогнозирования часто используются модели роста [1]. Такие модели давно уже стали общепризнанным методом анализа динамики сложных экономических и социальных процессов, происходящих как на уровне отдельного предприятия, так и в целом в народном хозяйстве.

Поскольку нас интересуют, прежде всего, влияние инновационных процессов на повышение эффективности производства, то рассмотрим ряд известных моделей, учитывающих научно-технический прогресс [2].

Следует отметить, что росту эффективности использования производственных ресурсов способствует большое число технических, организационных и социальных факторов, причем трудно выделить роль каждого из них. В экономико-математических моделях под техническим прогрессом обычно понимают совокупность всех явлений, которые приводят к увеличению количества выпускаемой продукции без роста объемов используемых ресурсов.

Анализ исследований и публикаций . Рассмотрение проблемы. Из методов описания технического прогресса в сильно агрегированных моделях,

используемых при анализе долгосрочного развития экономики, можно выделить четыре основных направления. Охарактеризуем каждый из них более подробно.

1. Подход, основанный на так называемом автономном техническом прогрессе. При использовании этого подхода считается, что рост эффективности использования ресурсов (т.е. основных фондов и трудовых ресурсов) не зависит от инвестиций в развитие основных фондов и динамики рабочей силы и привносится как бы извне.

Автономный технический прогресс моделируется как заданное извне улучшение качества основных фондов Φ или квалификации рабочей силы L и в производственной функции учитывается следующим образом:

$$Y = F(A(t) \Phi, B(t) L), \quad (1)$$

где Y – количество продукции, выпускаемой отраслью в единицу времени (национальный доход); $A(t)$ и $B(t)$ – заданные функции времени, причем $A(t)$ описывает повышение эффективности использования основных фондов, а $B(t)$ – повышение эффективности использования трудовых ресурсов.

Обычно выделяют три основных случая автономного технического прогресса:

а) $A(t) \equiv B(t)$, т.е. эффективность использования основных фондов и трудовых ресурсов растут со временем пропорционально; в этом случае

$$Y = A(t) F(\Phi, L); \quad (2)$$

б) $A(t) \equiv 1$, т.е. растет эффективность использования трудовых ресурсов, эффективность же основных фондов остается на прежнем уровне; в этом случае

$$Y = F(\Phi, B(t) L); \quad (3)$$

в) $B(t) \equiv 1$, т.е. растет эффективность использования основных фондов, в то время как эффективность использования трудовых ресурсов остается без изменений; в этом случае

$$Y = F(A(t) \Phi, L). \quad (4)$$

Существуют разные соображения в пользу или против каждого из приведенных вариантов автономного технического прогресса (1). Общей особенностью их является то, что в каждом из них повышение эффективности производства зависит только от времени.

Обычно считают, что

$$A(t) = e^{\gamma_1 t}, \quad B(t) = e^{\gamma_2 t},$$

где γ_1 и γ_2 – положительные параметры, определяемые путем обработки соответствующих статистических данных за прошлый период времени.

Автономный технический прогресс является простейшим подходом к моделированию изменения эффективности производства. Специальные исследования показали, что в ряде случаев (например, экономика США в 1908-1949 гг.) лучше всего оправдывается вариант (2); в других случаях – более предпочтительны варианты (3) и (4).

Общей особенностью автономного технического прогресса является его независимость от воспроизводства основных фондов.

Недостатком использования автономного технического прогресса является то, что он не дает ответа на основной вопрос – об источниках происхождения технического прогресса, поскольку зависимость вида (1) описывает его в виде таинственной силы, которая автоматически увеличивает объем выпуска. По этой причине на основе использования производственных функций типа (1) можно было бы сделать вывод о том, что можно обеспечить высокий темп роста экономики и без инвестиций, что не соответствует действительности, поэтому в последнее время все чаще используются другие подходы.

2. Подход на основе овеществленного в основных фондах технического прогресса. Здесь предполагается, что прогресс вносится вместе с новым, более совершенным оборудованием и новой, более квалифицированной рабочей силой, причем улучшение оборудования и повышение квалификации опять же задаются извне как функции времени.

В таких моделях предполагается, что с течением времени более эффективными становятся не все основные фонды, а только вводимые в данный момент времени. Так, например, производственная функция в форме Кобба-Дугласа для основных фондов, введенных в году t , имеет вид

$$Y(\tau) = e^{\gamma\tau} \Phi^\alpha L^{1-\alpha}(\tau), \quad (2.5)$$

где γ и α – постоянные; Φ – количество основных фондов, введенных в году t ; L – число рабочих, занятых на этих фондах. Если через $\Phi(\tau, t)$ обозначить количество основных фондов, выпущенных в году τ и сохранившихся к году t , через $L(\tau, t)$ – число трудящихся, работающих на них в году t , а через $Y(\tau, t)$ – выпуск продукции на этих фондах, то производственная функция для всех основных фондов и всех трудящихся в году t будет иметь следующий вид:

$$Y(t) = \int_{-\infty}^t Y(\tau, t) d\tau = \int_{-\infty}^t e^{\gamma\tau} \Phi^\alpha(\tau, t) L^{1-\alpha}(\tau, t) d\tau, \quad (6)$$

т.е. выпуск $Y(\tau, t)$ интегрируется по всем годам до текущего момента. Кроме того,

$$\Phi(t) = \int_{-\infty}^t \Phi(\tau, t) d\tau, \quad (7)$$

$$L(t) = \int_{-\infty}^t L(\tau, t) d\tau. \quad (8)$$

Численность трудящихся $L(t)$, которая считается равной всей численности трудоспособного населения, может распределяться между основными фондами

по-разному, поэтому для построения производственной функции, связывающей национальный доход $Y(t)$ с общими основными фондами и общим числом трудящихся $L(t)$, необходимо принять гипотезу о распределении рабочих по разным фондам. Кроме того, следует выдвинуть гипотезу о выбытии основных фондов, например, такую:

$$\Phi(\tau, t) = I(\tau) e^{-\mu(t-\tau)}, \quad 0 < \tau \leq t, \quad (9)$$

где $I(\tau)$ – инвестиции в году τ ;

μ – коэффициент износа фондов (темп износа). После принятия этих гипотез связь между $Y(t)$, $\Phi(t)$ и $L(t)$ будет описана полностью.

Существуют также варианты модели с овеществленным прогрессом, в которых технический прогресс привносится в экономическую систему не только с новыми основными фондами, но и с ростом квалифицированной рабочей силы. Хотя модели такого рода обладают существенным достоинством, заключающимся в том, что прогресс связывается с инвестициями, все же и в них происхождение технического прогресса остается неясным.

3. Модели, основанные на идее индуцированного технического прогресса. В этих моделях прогресс объясняется прошлым ходом развития экономики, как бы являясь следствием этого развития.

В наиболее простых моделях этого класса предполагается, что технический прогресс зависит от того, сколько инвестиций уже было сделано в экономику данной страны [3, 5]. Такое воздействие авторы моделей объясняют следующим образом: чем больше производится инвестиций в экономику, тем больше совершается открытий и изобретений, приводящих к техническому прогрессу. Если обозначить через $G(\tau)$ суммарный размер инвестиций, затраченных в стране в году τ , то $G(\tau)$ можно вычислить по формуле

$$G(\tau) = \int_{-\infty}^{\tau} I(\theta) d\theta. \quad (10)$$

Пусть технический прогресс выражается в том, что повышается эффективность использования трудовых ресурсов, когда эти ресурсы используются на основных фондах более позднего времени, т.е.

$$Y(\tau, t) = F(\Phi(\tau, t), V(\tau) L(\tau, t)).$$

Основная идея индуцированного технического прогресса состоит в существовании зависимости $V(\tau)$ от суммарного количества инвестиций $G(\tau)$. Например, предполагается, что

$$V(\tau) = \frac{1}{g(G(\tau))},$$

где $g(G)$ – некоторая монотонно убывающая функция G . В частности, можно принять, что

$$g(G) = g_0 G^{-r},$$

где g_0, r – постоянные, $r \in (0, 1)$.

Хотя описанное направление исследования прогресса более близко к реальности, чем подходы, основанные на идеях автономного или овеществленного прогресса, оно не позволяет ответить на естественный вопрос: если прогресс зависит только от инвестиций в производство, то зачем тогда огромные затраты на развитие науки и инноваций?

Совершенно понятно, что без целенаправленных затрат на научные исследования и технические новации, никакие инвестиции в развитие основных фондов не могут вызвать столь быстрый рост национального дохода, который наблюдается в индустриально развитых странах. Причем этот рост с каждым десятилетием все сильнее и сильнее зависит от развития науки, поэтому следует говорить о научно-техническом прогрессе в целом.

4. Подход, основанный на выделении особой отрасли в экономике, продуктом которой является технический прогресс.

Для снижения воздействия на производство затрат, идущих на развитие науки и техники, в последнее время часто используются модели, в которых научно-технический прогресс рассматривается как отрасль производства. Опишем одну из таких моделей, предложенную акад. Н.Н. Моисеевым [3, 4].

Будем использовать для этого производственную функцию вида (2), т.е.

$$Y = A(t) F(\Phi, L),$$

считая, что функция $A(t)$ удовлетворяет дифференциальному уравнению

$$A'(t) = \gamma(A(t), V(t)),$$

где $V(t)$ – объем затрат на научные исследования;

$\gamma(A, V)$ – заданная функция.

Характер зависимостей $\gamma(A, V)$ показан на рис. 1, 2.

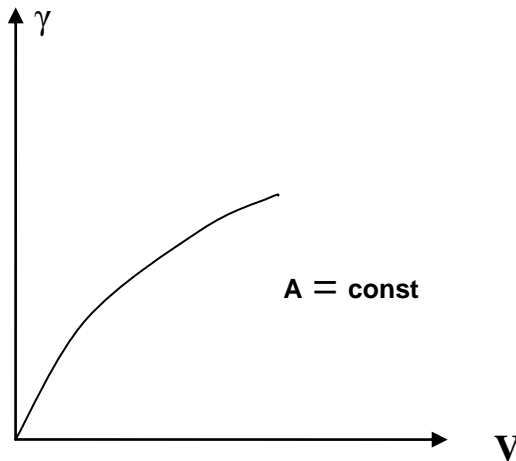


Рис. 1

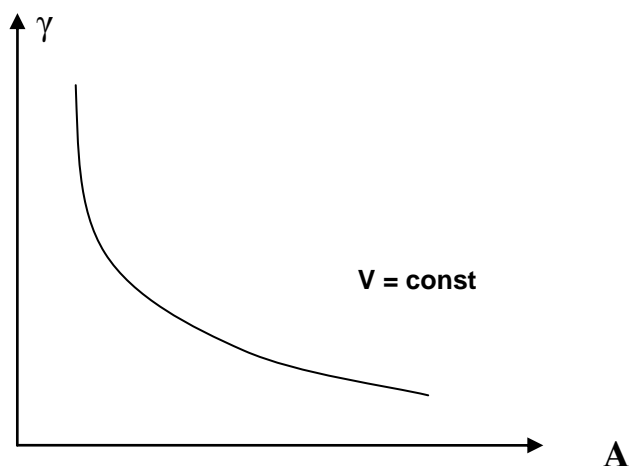


Рис. 2

Аппроксимацию этих кривых достаточно хорошо можно провести с помощью степенных зависимостей

$$\gamma(A, V) \approx a \frac{V^c}{A^d},$$

где $0 \leq c \leq 1$, $0 \leq d \leq 1$.

Модель Н.Н. Моисеева имеет такой вид:

$$\begin{aligned} Y(t) &= A(t) F(\Phi(t), L(t)), \\ I(t) &= s_1(t) Y(t), \\ V(t) &= s_2(t) Y(t), \\ C(t) &= (1 - s_1(t) - s_2(t)) Y(t), \\ \Phi'(t) &= I(t) - \mu \Phi(t), \\ A'(t) &= \gamma(A(t), V(t)), \\ L(t) &= L_0 e^{\lambda t}, \\ \Phi(0) &= \Phi_0, \quad A(0) = A_0, \end{aligned} \tag{11}$$

где $I(t)$ – общий объем инвестиций.

В модели (11) национальный доход $Y(t)$ распределяется между инвестициями в развитие основных фондов $s_1(t) Y(t)$, затратами на научно-технический прогресс $s_2(t) Y(t)$ и потреблением $(1 - s_1(t) - s_2(t)) Y(t)$, причем

$$0 \leq s_1(t) \leq 1, \quad 0 \leq s_2(t) \leq 1, \quad 0 \leq s_1(t) + s_2(t) \leq 1.$$

Для модели (11) можно провести качественные и количественные исследования относительно возможности сбалансированного роста, решить задачу выбора оптимальных управлений $s_1(t)$ и $s_2(t)$ при различных критериях развития экономической системы и т.д. Возможно также применение имитационных (т.е. численных) методов анализа с применением ЭВМ.

Цель статьи. Построение и исследование моделей экономического роста предприятий с учетом эндогенного научно-технического прогресса как одного из возможных способов количественной оценки эффективности инновационной деятельности.

Направления и результаты исследования. В результате анализа рассмотренных моделей роста с учетом НТП можно сделать следующие выводы:

Одновременное существование различных направлений в области моделирования НТП в значительной мере является следствием молодости данной области математической экономики.

Важной проблемой, стоящей перед специалистами в области применения экономико-математических методов, является выявление тех типов или классов задач, для решения которых каждый из четырех описанных выше подходов может применяться с наибольшим эффектом.

Наиболее перспективным, по-видимому, можно считать направление, связанное с описанием технического прогресса в виде отдельной отрасли, хотя при таком подходе имеются существенные трудности, связанные с тем, что пока слабо разработаны вопросы построения функции $\gamma(A, V)$.

Приведенные выше модели экономического роста являются слишком агрегированными для того, чтобы их можно было непосредственно применять для анализа и прогноза развития отдельных предприятий. Однако можно ввести некоторые дополнительные допущения, позволяющие, хотя и грубо, но описать механизм работы предприятия в рыночных условиях. Эти допущения могут касаться, например, выплат в бюджет (налог с прибыли), затрат на заработную плату рабочих и др. социальных и производственных особенностей.

Рассмотрим более детально, с учетом сделанного замечания, модель роста, в которой НТП рассматривается как отдельная отрасль. Для этого введем ряд дополнительных обозначений:

$S(t)$ – поток потребления – потребления конечного продукта в единицу времени;

$G(t)$ – поток налоговых отчислений в момент t ;

$v(t)$ – доля прибыли, облагаемой налогом в момент t ;

$d(t)$ – норма накопления в момент t ;

$r(t)$ – доля отчислений на научные исследования в момент t ;

$\omega(t)$ – поток выплат заработной платы одному работнику в момент t .

С учетом введенных переменных модель роста предприятия может быть представлена таким образом:

$$Y(t) = A(t) F(\Phi, L),$$

$$I(t) = d(t) [Y(t) - S(t)],$$

$$S(t) = \omega(t) L(t), \quad (12)$$

$$Y(t) = S(t) + I(t) + G(t) + V(t),$$

$$G(t) = v(t) [Y(t) - S(t)],$$

$$\Phi'(t) = -\mu \Phi(t) + I(t),$$

$$V(t) = r(t) [Y(t) - S(t)],$$

$$V'(t) = \gamma (A(t), V(t)),$$

$$L'(t) = \lambda L(t).$$

В модели (12), очевидно, выполняется балансовое соотношение

$$d(t) + v(t) + r(t) = 1.$$

Выводы и краткосрочные перспективы. Модель (12) можно использовать для различных целей: для прогнозирования развития предприятия, для оптимального управления развитием, для вариантных расчетов.

Оптимизацию можно выполнять, например, по критерию:

$$H(S(t)) = \int_{t_0}^{\infty} V(t, S(t)) dt \rightarrow \max,$$

где $V(t, S)$ – некоторая функция полезности.

Решение задачи оптимизации такого вида позволяет ставить реалистичные цели при формировании программы развития предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ашманов С.А. Введение в математическую экономику.-М.: Наука, 1984. – 293 с.
2. Гальчинський А., Геєць В., Семиноженко В. Україна: Наука та інноваційний розвиток.- К., 1997. - 66 с.
3. Иванюлов Ю.П., Лотов А.В. Математические модели в экономике.-М.: Наука, 1979. – 303 с.
4. Моисеев Н.Н. Простейшие математические модели экономического прогнозирования. – М.: Знание, 1975. – 63 с.
5. Chen Gongyu The analysis on the optimal accumulation rate of the national economy. Optimization: Techniques & applications.- World Scientific, 1995. С. 1142-1148.

Стаття надійшла до редакції 11.03.2003 р.