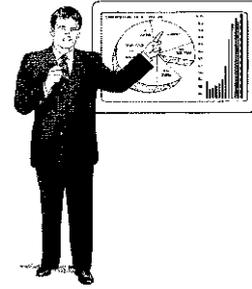


АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ



С.Я. ЖУКОВИЧ, Ю.А. СИМАНОВИЧ

МОДИФИЦИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА И ИЗМЕНЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА

Экономический рост — обобщающий показатель развития человеческого общества. В современной зарубежной и отечественной литературе экономический рост характеризуется набором определенных количественных показателей, таких как объем выпуска продукции, затраты живого труда, изменение количества экономически активного населения, объемы инвестиций, объемы основного капитала, используемого в экономике, и т. д. Для характеристики национальных хозяйств в государственном регулировании экономики используются различные комбинации параметров и построенные на их основе модели.

Государство нельзя рассматривать как закрытую систему, а значит, в своем развитии оно испытывает влияние не только эндогенных, но и экзогенных факторов, обусловленных современным технологическим прогрессом. Определенные наборы данных факторов в комбинации с различными методиками их оценки и применяемым математическим инструментарием использовались при построении моделей представителями различных экономических школ.

В большинстве своем они рассматривали совокупное влияние различных факторов производства (труд, земля, капитал и т. д.) на развитие экономических систем при различных внешних условиях. Наиболее перспективными и чаще всего используемыми методами построения моделей являлось построение линейных многофакторных, нелинейных моделей экономического роста, а также производственных функций в линейной и нелинейной формах. На этом основаны:

- модель роста населения, земли и технологий М. Кремера [1, 7];
- модель роста жизнесберегающих технологий А.В. Подлазова [1, 9];
- модель мультипликатора Филлипса [2, 4];
- модель производственной функции Солоу [3, 32];
- модель «IS-LM» Хикса [4];
- модель динамики долгосрочного экономического роста Домара — Харрода [5, 9];
- модификации модели Солоу, в том числе модель Ромера — Мэнкью [6, 425].

Сергей Яковлевич ЖУКОВИЧ, ассистент кафедры информационных технологий
Белорусского государственного экономического университета;

Юлия Александровна СИМАНОВИЧ, аспирантка кафедры информационных технологий
Белорусского государственного экономического университета.

Названные модели учитывают влияние на выпуск как человеческого и физического капиталов, уровня развития технологий, так и монетарных ценовых факторов. Однако они не учитывают динамическое изменение темпов роста этих показателей и не рассчитывают зависимости темпов роста от времени.

Цель статьи — создать теоретическую модель экономического роста государства, которая смогла бы учесть динамическое изменение темпов роста отдельных показателей и различные составляющие информационно-технологического прогресса (различные виды технологий) наряду с использованием производственной функции.

Использование модели Солоу для отражения влияния факторов труда, капитала и технологического прогресса на изменение объемов производства. По мере того, как усиливается понимание влияния капитала, технологий и роста населения на экономический рост, задача оптимального экономического роста получила развитие в виде различных моделей [7, 186]. Первоначальной реализацией была модель К. Шелла. Частный случай данной модели был предложен в 1956 г. одновременно Р. Солоу и Т. Свенном. В настоящее время в неоклассической теории наиболее известна модель экономического роста, предложенная Солоу [5, 2]. Особая ценность ее заключается в том, что она учитывает влияние на объем производства не только факторов труда и капитала, но и изменение нормы сбережений, рост населения и технологический прогресс. Первостепенное внимание следует уделить последнему фактору. При построении первоначальной модели Солоу исходил из того, что пропорции между капиталом и трудом (K/L) могут носить переменный характер. При разработке модели Солоу исходит из линейно ооднородной производственной функции

$$Y = F(K, L), \quad (1)$$

где Y — объемы выпуска продукции (объем производства); K — объем используемого капитала; L — объем используемого фактора труда [8, 5].

Предполагается, что спрос изменяется в том же размере, как и предложение, отсюда производственная функция может быть также представлена в следующем виде:

$$\frac{Y_t}{L_t} = \frac{K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}}{L_t} = \left(\frac{K_t}{L_t} \right)^\alpha. \quad (2)$$

Обозначая $\frac{Y_t}{L_t} = y_t$, $\frac{K_t}{L_t} = k_t$, получим формулу без учета технологического прогресса

$$y_t = k_t^\alpha. \quad (3)$$

где y_t — средняя производительность труда; k_t — капиталовооруженность труда [9, 4].

Видоизменяя модель (1), Солоу вводит в нее такой фактор экономического роста, как технологический прогресс. Для этого производственная функция $Y = F(K, L)$ представляется в следующем виде:

$$Y = F(K, L, E), \quad (4)$$

где E — эффективность труда одного работника [9, 6].

В данной модели отражается явная связь между выпуском, темпом роста количества единиц труда, технологическим процессом, объемом капита-

ла. Р. Солоу исследовал влияние нормы накопления на экономический рост и определял устойчивое равновесие в долгосрочном периоде, объясняя его техническим прогрессом как единственной основой стабильного роста благосостояния.

Модель Солоу явилась одним из краеугольных камней неоклассической экономической школы. Однако в ней используется «жесткая конструкция» производственной функции, основывающаяся на нейтральном трудосберегающем техническом прогрессе, что не позволяет использовать ее для моделирования других видов технического прогресса, а также в прогностических целях. Она не учитывает особенности изменения технологического прогресса во времени.

Это явилось одной из причин того, что модель подверглась многочисленным модификациям, учитывающим дополнительные особенности новых систем, где она была применима.

Темп роста объемов производства в модели Акаева при изменении технологического фактора. В начале своего исследования при модификации модели Р. Солоу А.А. Акаев воспользовался производственной функцией Кобба — Дугласа с автономным техническим прогрессом (A_0) [10, 33]:

$$Y = A(t)K^\alpha L^{(1-\alpha)}, \quad 0 < \alpha < 1. \quad (5)$$

где $A(t) = A_0 e^{gt}$, а величина $g = \dot{A} / A$ — темп роста технологического прогресса, $\dot{A} = \frac{dA}{dt}$.

Причем без ущерба для анализа можно принять $A_0 = 1$. Накопление капитала благодаря производственным инвестициям (I) происходит одновременно с выбытием действующего капитала, который изнашивается с постоянной нормой δ . Таким образом, изменение капитала (\dot{K}) из года в год можно определить по формуле

$$\dot{K} = I(t) - \delta K(t), \quad (6)$$

где δ — постоянная норма износа капитала.

Предположим, что в условиях равновесия инвестиции равны сбережениям (S), отсюда получаем [10, 34]

$$\dot{K} = sY(t) - \delta K(t), \quad I = S = sY(t), \quad (7)$$

где s — норма сбережения.

В расчете на единицу труда уровень капиталовооруженности ($k = \frac{K}{L}$) изменится на

$$\dot{k} = \left(\frac{K}{L}\right)' = \frac{\dot{K}}{L} - \frac{K\dot{L}}{L^2} = \frac{sY - \delta K}{L} - \frac{K\dot{L}}{L^2} = sy(k) - (\delta + n)k, \quad (8)$$

где $y = \frac{Y}{L}$, $n = \frac{\dot{L}}{L}$ — темп роста активного населения [10, 35].

Данное равенство является значительным, поскольку оно показывает, что величина изменения капиталовооруженности на единицу труда определяется соотношением двух величин (в расчете на единицу труда): инвестиций $sy(k)$, фактически произведенных в экономике, и величины инвести-

ций $(\delta + n)k$, необходимых для того, чтобы сохранять достигнутый уровень капиталовооруженности в условиях роста активного населения с темпом n и выбытием капитала с нормой δ .

Легко показать, что существует устойчивый уровень капиталовооруженности (k^*), при котором $\dot{k} = 0$, а, следовательно, величины фактических и необходимых инвестиций совпадают. Определим это значение k^* , подставляя в соотношение конкретное выражение функции $y(k)$ из формулы (1) и приравнявая $\dot{k} = 0$; $k = sAk^\alpha - (\delta + n)k = 0$. Отсюда получаем [10, 36]

$$k^* = (sA(t)) / (\delta + n)^{1/(1-\alpha)}. \quad (9)$$

Величину k^* называют также стационарным запасом капиталовооруженности труда, при котором экономика долгое время может находиться в равновесии при полной занятости и использовании запасов капитала.

Модифицированная модель. На примере модификации функции, построенной А.А. Акаевым, можно доказать влияние, которое оказывает развитие информационных технологий на уровень производства, а значит, уровень ВВП, и, как результат, — экономический рост в стране с учетом выделенных особенностей.

Как отмечалось ранее (5), модель Солоу имеет следующий вид:

$$Y = A(t)K^\alpha L^{1-\alpha}.$$

В данном случае величина изменения технологического прогресса зависит от его автономного значения и темпа роста во времени

$$A(t) = A_0 e^{gt}; \quad g = \dot{A} / A. \quad (10)$$

Пусть величина темпа развития технологического прогресса g изменяется во времени. Тогда можно ввести функцию H

$$H = H(g, t), \quad (11)$$

а величина изменения технологического прогресса во времени может быть записана как

$$A(t) = A_0 e^{Ht}. \quad (12)$$

Продифференцировав данное уравнение по времени, получаем

$$\dot{A} = A(\dot{H}t + H). \quad (13)$$

Отсюда, разделив обе части равенства на величину A ,

$$\dot{A} / A = \dot{H}t + H. \quad (14)$$

Тогда, подставив вместо первой части g , получив выражение $g = \dot{H}t + H$, разделив его на время, получим

$$\dot{H} + \frac{H}{t} = \frac{g}{t}, \quad \dot{H} + \frac{H}{t} - \frac{g}{t} = 0. \quad (15)$$

Решим, используя формулу для линейного дифференциального уравнения первой степени.

$$\begin{aligned}
H &= e^{-\int_{t_0}^t \frac{1}{t} dt} \left[C - \int_{t_0}^t \left(-\frac{g}{t} \right) e^{\int_{t_0}^t \frac{1}{t} dt} dt \right] = e^{-(\ln t - \ln t_0)} \left[C + \int_{t_0}^t \frac{g}{t} e^{(\ln t - \ln t_0)} dt \right] = \\
&= e^{\ln \frac{t_0}{t}} \left[C + \int_{t_0}^t \frac{g}{t} e^{\ln \frac{t}{t_0}} dt \right] = \frac{t_0}{t} \left[C + \int_{t_0}^t \frac{g}{t} \frac{t}{t_0} dt \right] = \frac{t_0}{t} \left[C + \int_{t_0}^t \frac{g}{t_0} dt \right].
\end{aligned}$$

Итак, для любого промежутка времени данное выражение имеет следующий вид:

$$H(t) = \frac{t_0}{t} \left[C + \int_{t_0}^t \frac{g}{t_0} dt \right]. \quad (16)$$

Для времени $t = t_0$ это значение станет равно $H(t_0) = C$.

А.А. Акаев рассматривал модель Р. Солоу с позиции влияния нормы накопления на экономический рост. Однако, чтобы обеспечить долговременный рост, необходимо заботиться о прогрессивной технике и технологиях. Переменная $A(t)$ представляет собой совокупность развития различных технологий. Сюда можно отнести производственные, информационные, социальные (в том числе медицинские, строительные и т. д.) технологии.

Можно записать экономико-математическую функцию технологий

$$A = A(A_{\text{пр}}; A_{\text{инф}}; A_{\text{соц}}; A_{\text{п}}), \quad (17)$$

где $A_{\text{пр}}$ — производственные технологии; $A_{\text{инф}}$ — информационные технологии; $A_{\text{соц}}$ — социальные технологии; $A_{\text{п}}$ — прочие виды технологий.

Совокупный научно-технологический прогресс можно оценить исходя из агрегированного показателя, который базируется в своем расчете на количественном измерении результатов научных исследований и разработок, относительном измерении изобретательской активности, интенсивности распространения научно-технологических достижений. Подобные показатели, вычисляемые для характеристики каждого отдельного вида технологий, в совокупности должны дать агрегированную характеристику [11]. Следовательно, для математической функции (17) можно рассмотреть вырожденный случай, когда функция технологий представляет собой сумму компонент:

$$A = A_{\text{пр}} + A_{\text{инф}} + A_{\text{соц}} + A_{\text{п}}.$$

Отсюда

$$\Delta A = \Delta A_{\text{пр}} + \Delta A_{\text{инф}} + \Delta A_{\text{соц}} + \Delta A_{\text{п}}. \quad (18)$$

Используя формулу (10) для темпа роста технологий и предполагая, что промежутки времени между измерениями равны единице и малы по сравнению с расчетным периодом, получим выражение для переменного темпа роста технологий

$$g = \frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta A_{\text{пр}} + \Delta A_{\text{инф}} + \Delta A_{\text{соц}} + \Delta A_{\text{п}}}{A_{\text{пр}} + A_{\text{инф}} + A_{\text{соц}} + A_{\text{п}}}. \quad (19)$$

Объединяя формулы (16) и (19), получаем выражение, описывающее рост технологий в государстве:

$$H = \frac{t_0}{t} \left[H(t_0) + \int_{t_0}^t \frac{\Delta A_{\text{ип}} + \Delta A_{\text{инф}} + \Delta A_{\text{соп}} + \Delta A_{\text{н}}}{t_0(A_{\text{ип}} + A_{\text{инф}} + A_{\text{соп}} + A_{\text{н}})} dt \right] \quad (20)$$

Таким образом, одна из компонент, отражающая степень развития информационных технологий государства, является во многом (наряду с производственной) ключевой в определении темпов роста технологий государства. Поскольку она — также составляющая производственной функции, то можно говорить и о степени влияния на ВВП государства.

Преобразуем производственную функцию Солоу с использованием (12) и (20) и получим модифицированную производственную функцию, учитывающую фактор технологического прогресса:

$$Y = A_0 e^{\frac{t_0}{t}} \left[H(t_0) + \int_{t_0}^t \frac{\Delta A_{\text{ип}} - \Delta A_{\text{инф}} + \Delta A_{\text{соп}} - \Delta A_{\text{н}}}{t_0(A_{\text{ип}} - A_{\text{инф}} - A_{\text{соп}} - A_{\text{н}})} dt \right] K^\alpha L^{1-\alpha} \quad (21)$$

При этом информационные технологии имеют очень высокую скорость изменения. Отсюда, если непосредственно рассматривать особенности развития государства, используя модификации производственной модели Солоу, то изменения в экономике и соответственно экономическом росте происходят в основе своей за счет двух факторов: описанного выше информационно-технологического и изменения объемов используемого фактора труда. Рассмотрим также подобную модификацию и для величины трудового активного населения. Пусть n — темп роста активного населения. Если произвести допущение, что значение n также изменяется, тогда N (или изменяющийся во времени показатель n) равен:

$$N = \frac{t_0}{t} \left[C + \int_{t_0}^t \frac{n}{t_0} dt \right] \quad (22)$$

Тогда для изменяющегося во времени фактора труда L , где $L(t) = L_0 e^{Nt}$, значение $L(t)$ составит

$$L(t) = L_0 e^{\frac{t_0}{t} \left[C + \int_{t_0}^t \frac{n}{t_0} dt \right]} \quad (23)$$

Для времени $t = t_0$ это значение примет вид $N(t_0) = C$. Таким образом, модифицированную производственную функцию можно записать в следующем виде:

$$Y = AK^\alpha \left(L_0 e^{\frac{t_0}{t} \left[N(t_0) - \int_{t_0}^t \frac{n}{t_0} dt \right]} \right)^{1-\alpha} \quad (24)$$

Отсюда, объединяя формулы (21) и (24), получаем теоретическую модифицированную модель экономического роста государства в условиях технологического прогресса и изменения человеческого капитала.

$$Y = A_0 e^{\frac{t_0}{t}} \left[H(t_0) + \int_{t_0}^t \frac{\Delta A_{\text{ип}} - \Delta A_{\text{инф}} + \Delta A_{\text{соп}} - \Delta A_{\text{н}}}{t_0(A_{\text{ип}} - A_{\text{инф}} - A_{\text{соп}} - A_{\text{н}})} dt \right] K^\alpha L_0^{1-\alpha} \left(e^{\frac{t_0}{t} \left[N(t_0) - \int_{t_0}^t \frac{n}{t_0} dt \right]} \right)^{1-\alpha} \quad (25)$$

С учетом модификации производственной функции Солоу и исследований А.А. Акаева получена теоретическая модель экономического роста государства, учитывающая динамическое изменение темпов роста информационно-технологического прогресса и человеческого капитала. В модели использованы также различные составляющие информационно-технологического

прогресса, рассмотренные в четырех основных видах (производственные, информационные, социальные и прочие).

Модифицированная модель может быть применена для практического анализа и прогнозирования развития экономики.

Следует добавить, что метод, разработанный для получения математической модели (25), может быть использован для решения других задач экономико-математического моделирования.

Литература и электронные публикации в Интернете

1. Korotayev, A. A Compact Mathematical Model of the World System Economic and Demographic Growth / A. Korotayev, A. Malkov. — New York: Cornell University library [Electronic resource]. — Mode of access: <http://arxiv.org/pdf/1206.0496v1>. — Date of access: 03.06. 2012.
2. Chernyshov, S.I. The Problem of Modeling of Economic Dynamics / S.I. Chernyshov, A.V. Voronin, S.A. Razumovsky. — New York: Cornell University library [Electronic resource]. — Mode of access: <http://arxiv.org/abs/0904.0756/>. — Date of access: 03.06. 2012.
3. Каложный, В. Объяснение парадоксов неоклассической модели экономического роста Роберта Солоу / В. Каложный // Вісник Національного банку України (НБУ). — 2005. — № 2.
4. Beaudry, P. Population Growth, Technological Adoption and Economic Outcomes: A Theory of Cross-Country / P. Beaudry, D. A. Green // Review of Economic Dynamics. — 2002. — Vol. 5(4, Oct), — P. 749—774.
5. Гладких, А.П. Моделирование и оптимизация процесса размещения капитала в саморазвивающейся рыночной экономике / А.П. Гладких. — Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010.
6. Mankiw, N.Gr. A Contribution to the Empirics of Economic Growth Author(s) / N.Gr. Mankiw, D. Romer, D.N. Weil // The Quarterly Journal of Economics. — 1992. — Vol. 107, N 2.
7. Чистилин, Д.К. Моделирование развития мировой экономики / Д.К. Чистилин // Свирскойский вектор економічного розвитку. — 2009. — № 2 (7).
8. Сухарев, А.П. Государственные сбережения в макроэкономических моделях экономического роста / А.П. Сухарев // Математические и инструментальные методы экономики (Экономические науки). — 2009. — № 7 (56).
9. Бейбаласва, Д.К. Модель факторного анализа источников экономического роста / Д.К. Бейбаласва // Региональные проблемы преобразования экономики. — 2008. — № 3.
10. Акаев, А.А. Модель сбалансированного экономического роста для устойчивого сокращения бедности / А.А. Акаев // Экономика и математ. методы. — 2006. — Т. 42. — № 4.
11. Назруллаева, Е. Оценка уровня технологического прогресса в российской экономике / Е. Назруллаева // Статьи: прикладная эконометрика. — 2008. — № 5. — С. 59—82 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.quantile.ru/05/05-EN.pdf>. — Дата доступа: 01.12. 2012.

Статья поступила
в редакцию 05.03. 2013 г.

Н.В. МАНЦУРОВА

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ СТРАХОВАНИЯ ОТ БЕЗРАБОТИЦЫ

Осознание полного спектра связанных с безработицей издержек, как на государственном уровне, так и на уровне нанимателя и работника, обуславливает необходимость построения и развития в нашей стране эффективной системы социальной защиты от безработицы, направленной на сохранение и развитие трудового потенциала, обеспечение социальной стабильности и развития общества.

Наталья Владимировна МАНЦУРОВА, аспирантка кафедры экономики труда Белорусского государственного экономического университета.

□□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□. □□□□□□□□.
□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□. □□□□□□□□□□.