

А.О. Баранов, Ю.М. Слепенкова

ПОСТРОЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ МОДЕЛИ С БЛОКОМ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА

В работе представлено математическое описание расширенной динамической межотраслевой модели (ДММ) с включением блока человеческого капитала. Разработка модели ведется на основе ДММ в системе КАМИН, разработанной в Институте Экономики и Организации Промышленного Производства (ИЭОПП) СО РАН и в Новосибирском Государственном Университете. Полученная модель может быть использована для анализа и прогнозирования развития экономики России.

Ключевые слова: межотраслевой анализ, динамические межотраслевые модели, человеческий капитал

Накопление человеческого капитала является важным фактором экономического роста. В макроэкономических математических моделях разного рода чаще всего дифференциация трудовых ресурсов по качеству учитывается на уровне дифференциации специалистов по некоторым типам: по уровню образования или по квалификации. Такой подход не учитывает важного влияния на производительность труда (а, значит, и на валовый выпуск) фактора здоровья рабочей силы, воспитания и культуры, а также некоторых других элементов показателя «человеческий капитал».

Показатель человеческого капитала в модели может формироваться аналогично показателю основного капитала. Модель с учетом воспроизводства человеческого капитала может быть описана следующим образом.

Базовая ДММ впервые была описана в работе (Озеров, Павлов, Баранов, 1987)¹. Введем основные обозначения и параметры, необходимые для дополненной модели с учетом человеческого капитала.

В модель включено n отраслей, из них $1 \leq j \leq k$, – отрасли, производящие основные фонды; $k < j \leq \tilde{l}$ – отрасли, формирующие человеческий капитал, $\tilde{l} < j \leq m$ – нефондосоздающие отрасли I подразделения, $m < j \leq n$ – отрасли II подразделения, где:

n – число отраслей экономики;

m – число отраслей первого подразделения ($m < n$);

k – число фондосоздающих отраслей;

\tilde{l} – общее количество видов инвестиций в человеческий капитал;

T – число лет прогнозного периода.

Кроме того, в расширенной модели используются следующие параметры.

$h_{ij}(t)$ – фондоемкость по человеческому капиталу вида i (в соответствии с видом инвестиций, лежащих в его основе) валового выпуска по отрасли j ;

$\tilde{\theta}_{ij}$ – лаг формирования i -го вида человеческого капитала в j -й отрасли;

τ_{ij} – годы, в которые происходит обучение, лечение и т.п. человеческого капитала в j -й отрасли, $0 \leq \tau \leq \tilde{\theta}_{ij}$;

$\tilde{k}_{ij}(t)$ – коэффициент выбытия человеческого капитала i -го вида в j -й отрасли в году t .

$BH_{ij}(t)$ – выпуск студентов и школьников (уровень образования i), после завершения обучения поступивших на работу в год t и дополнивших новый человеческий капитал вида i в j -й отрасли;

¹ Озеров В.К., Павлов В.Н., Баранов А.О. Динамическая межотраслевая модель с учетом длительности периода воспроизводства основных фондов // Экономика и математические методы. - 1987. - Т. XXIII, вып. 1. - С. 87-94.

$H_{ij}(t, t + \tau)$ – инвестиции в человеческий капитал i -го вида в j -й отрасли в году t в выпуск студентов и школьников в году $t + \tau$;

$H_{ij}(t)$ – объем инвестиций в человеческий капитал вида i в j -й отрасли в году t ;

$HC_{ij}(t)$ – величина человеческого капитала вида i в j -й отрасли на конец года t ;

$NH_{ij}(t)$ – человеческий капитал i -го вида в j -й отрасли, находящийся в процессе обучения (в т.ч. «культурного»), а также получающий услуги для улучшения здоровья) на конец периода t .

Добавим в основную модель уравнения, позволяющие моделировать воспроизводство человеческого капитала.

Выпуск студентов и школьников $BH_{ij}(t)$ (с уровнем образования i), после завершения обучения поступивших на работу в год t и сформировавших ввод в действие нового человеческого капитала вида i в j -й отрасли, формируется из использованных инвестиций вида i в человеческий капитал в данной отрасли:

$$BH_{ij}(t) = \sum_{\tau=0}^{\tilde{\theta}_{ij}-1} H_{ij}(t - \tau, t) = \sum_{\tau=0}^{\tilde{\theta}_{ij}-1} \tilde{\eta}_{ij}(\tau) \cdot H_{ij}(t - \tau) \quad (1),$$

где $H_{ij}(t - \tau, t)$ объем инвестиций в человеческий капитал вида i , вложенных в j -й отрасли в году $t - \tau$, обеспечивших ввод в действие человеческого капитала в году t в j -й отрасли;

$\tilde{\eta}_{ij}$ – доля инвестиций в человеческий капитал прошлых лет ($t - \tau$) вида i в j -й отрасли, которая обеспечивает ввод в действие человеческого капитала того же вида в отрасли j в году t и:

$$\begin{aligned} \tilde{\eta}_{ij} &\in [0, 1] \text{ для любого } \tau; \\ \sum_{\tau=0}^{\tilde{\theta}_{ij}-1} \tilde{\eta}_{ij}(\tau) &= 1. \end{aligned}$$

$H_{ij}(t - \tau)$ – инвестиции в человеческий капитал вида i , вложенные в j -й отрасли в году $t - \tau$;

$\tau \geq 0$, хотя, как правило, поступившие на обучение не выпускаются в тот же год, но возможны и более короткие периоды обучения (например, в случае курсов повышения квалификации); кроме того, более короткие лаги возможны в сфере здравоохранения.

Объем инвестиции в человеческий капитал i -го вида в j -й отрасли, который будет выпущен в году $t + \tau$, определяются следующим образом:

$$H_{ij}(t, t + \tau) = \sum_{\tau=0}^{\tilde{\theta}_{ij}-1} \tilde{\mu}_{ij}(\tau) \cdot BH_{ij}(t + \tau) \quad (2),$$

где t – год поступления инвестиций, а $(t + \tau)$ представляет собой год выпуска студентов и школьников, поступающих на работу (а также всех остальных, кто, например, прошел лечение и может вернуться к работе, т.е. годы выпуска человеческого капитала);

$\tilde{\mu}_{ij}(\tau)$ – коэффициент, показывающий, какая доля выпуска человеческого капитала в j -й отрасли в период времени $t + \tau$ формируется за счет инвестиций i -го вида периода t и:

$$\begin{aligned} \tilde{\mu}_{ij}(\tau) &\in [0, 1] \text{ для любого } \tau; \\ \sum_{\tau=0}^{\tilde{\theta}_{ij}-1} \tilde{\mu}_{ij}(\tau) &= 1. \end{aligned}$$

Рекуррентные соотношения, описывающие динамику «несформированного окончательно» человеческого капитал i -го вида в отрасли j , находящегося на обучении/лечении и т.п. $NH_{ij}(t)$:

$$\begin{aligned}
NH_{ij}(t) &= NH_{ij}(t-1) - \sum_{\tau=1}^{\bar{\theta}_{ij}-1} H_{ij}(t-\tau, t) + \sum_{\tau=1}^{\bar{\theta}_{ij}-1} H_{ij}(t, t+\tau) = \\
&= NH_{ij}(t-1) - \sum_{\tau=1}^{\bar{\theta}_{ij}-1} \tilde{\eta}_{ij}(\tau) \cdot H_{ij}(t-\tau) + \sum_{\tau=1}^{\bar{\theta}_{ij}-1} \tilde{\mu}_{ij}(\tau) \cdot BH_{ij}(t+\tau) \quad (3).
\end{aligned}$$

Объем человеческого капитала i -го вида в j -й отрасли на конец периода t будет равен:

$$HC_{ij}(t) = BH_{ij}(t) + \sum_{\tau=1}^{\tau^*} HC_i(t-\tau) \cdot (1 - \tilde{k}_{ij}(\tau)) \quad (4),$$

где τ^* - такой, что $\tilde{k}_{ij}(\tau^* - 1) < 1$, $\tilde{k}_{ij}(\tau^*) = 1$.

Кроме вышеперечисленных уравнений в модель добавляется дополнительное ограничение по человеческому капиталу вида:

$$\sum_{j=1}^n h_{ij}(t) \cdot x_j(t) \leq HC_i(t) \quad (5).$$

Как и в стандартной модели, обозначим через Ω траекторию развития экономической системы $x_i(t)$, удовлетворяющую в каждый период времени t всем стандартным ограничениям, а также ограничениям по человеческому капиталу 1-5, представленных в данной работе. Нахождение траектории Ω при вводах в действие основных фондов $B_{ij}(t)$, трудовых ресурсах $L_k(t)$, объеме человеческого капитала $HC_{ij}(t)$, а также нормативах $\tilde{\eta}_{ij}(\tau)$, $\tilde{\mu}_{ij}(\tau)$, $h_{ij}(t)$ и др. (представленных в основной модели) для каждого периода времени из $[0; T]$, дает систему показателей развития экономической системы, включая выпуск продукта $x_i(t)$, инвестиции в основной капитал $K_{ij}^*(t)$, инвестиции в человеческий капитал $H_{ij}(t)$, вводы в действие основных фондов $B_{ij}(t)$, выпуск человеческого капитала $BH_{ij}(t)$ и основные фонды на конец каждого периода времени.

Оптимизационная задача формулируется следующим образом:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n f_j(t) \cdot x_j(t) \Rightarrow \max, x \in \Omega$$

при вышеназванных ограничениях, где $x_j(t)$ – произведенный валовый выпуск отрасли j в период t ; $f_j(t)$ – взвешивающие коэффициенты продукции j -й отрасли в целевом функционале экономической системы.

Таким образом в модели рассматриваются два разных показателя: численность занятых (с качественной дифференциацией) или «трудовые ресурсы», и стоимостной (с видовой дифференциацией) – «инвестиции в простое воспроизводство и накопление человеческого капитала».