

Лосева Наталия Владимировна

канд. физ.-мат. наук, доцент

Трошина Ольга Викторовна

преподаватель

Волжский филиал ФГАОУ ВО «Волгоградский

государственный университет»

г. Волжский, Волгоградская область

ОБ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СВЯЗИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА С ОБЩЕСТВЕННЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

***Аннотация:** теория человеческого капитала занимается изучением зависимости доходов общества от знаний, навыков и природных способностей людей, что, действительно, делает его одним из важнейших факторов экономического роста как страны в целом, так и отдельных предприятий. В работе рассмотрена экономико-математическая модель зависимости ВВП страны от основных фондов и человеческого капитала. Предложен вариант определения количественного значения человеческого капитала на основе данных об образовании, полученном трудоспособным населением страны.*

***Ключевые слова:** экономико-математическая модель, человеческий капитал, общественное производство, аппроксимация, статистическая обработка данных.*

Современная экономическая наука рассматривает различные модели экономического роста, факторы, влияющие на совершенствование экономики страны и её регионов. И одним из условий роста учёные называют человеческий капитал, который коррелирует с термином труд и имеет отношение к источникам знаний, опыту и навыкам, накапливающимся через образование и обучение. В сущности, он олицетворяет знания, квалификацию, полученные людьми в процессе обучения, навыки, приобретённые ими на практике при профессиональной подготовке.

Наиважнейшая часть человеческого капитала – образование. «Современная концепция человеческого капитала строится на понимании, что в условиях формирования постиндустриального общества резко возрастает зависимость экономической эффективности производства от величины и качества человеческого капитала, наследуемого с позиций образования, культуры и, в первую очередь, здоровья предыдущих поколений и наращиваемого через накопление знаний, опыта, умения, уровня физического и интеллектуального развития людей» [4, с. 190]. Очевидно, что чем выше уровень образования человека, тем большим объемом человеческого капитала он обладает. На самом деле, инновационные, наукоёмкие производства, информационно-коммуникационные технологии значительно увеличивают требования к уровню профессионализма и творческого мышления специалистов, работающих в различных сферах экономики, а также к выпускникам образовательных организаций, которые в процессе обучения должны приобрести необходимые компетенции, способствующие решению актуальных задач профессиональной деятельности, и обширные коммуникативные навыки, позволяющие работать в команде.

В [2, с. 206] было предложено определять функциональную зависимость объема общественного производства от количества и качества человеческого капитала в виде

$$Y = A \cdot F(Z, H), A > 0,$$

где Y – совокупный объем производства; A – индекс институциональных возможностей, включающий существующую в обществе систему прав собственности, общее знание и степень доверия индивидов, определяемая сложившейся институциональной средой; Z – количество физического капитала; H – агрегированный показатель человеческого капитала, рассчитываемый по формуле:

$$H = h'_i \cdot L_i,$$

где L_i – количество используемого труда; h'_i – качество человеческого капитала отдельного индивида, определяемое количеством лет обучения, i – количество агентов в экономике.

В данной работе за основу экономико-математической модели была взята производственную функцию Кобба-Дугласа

$$Y = A \cdot Z^{\alpha} \cdot H^{\beta}, \quad (1)$$

где Y – показатель ВВП, Z – основные фонды, H – агрегированный показатель человеческого капитала, определяемый формулой

$$H = 4.5 \cdot L_1 + 3 \cdot L_2 + 2 \cdot L_3 + L_4,$$

здесь L_1 – количество занятых на производстве, имеющих высшее образование, L_2 – количество занятых на производстве в среднем звене, имеющих среднее профессиональное образование, L_3 – количество занятых на производстве квалифицированных рабочих (служащих), имеющих среднее профессиональное образование, L_4 – количество занятых на производстве, имеющих среднее общее образование, в качестве коэффициентов h'_i предлагаем взять нормативный срок обучения.

Используя статистические данные, численные методы, определили конкретный вид функциональной зависимости, оценили влияние коэффициентов α и β на ВВП при росте затрат ресурсов, особенно агрегированного показателя человеческого капитала.

Для решения задачи применялся метод аппроксимации, так как он служит для определения параметров некоторой функции, описывающей набор точек, полученных в результате эксперимента. На практике экспериментально полученные данные всегда обладают погрешностью, часто довольно значительной, тогда при аппроксимации можно провести кривую таким образом, чтобы ее отклонение от всех точек было минимальным, но при этом она не обязательно будет проходить через каждую точку. Такая аппроксимация сгладит погрешность первоначальных данных.

Для определения коэффициентов функции был использован метод наименьших квадратов, который часто применяют при обработке статистических данных [1].

Пусть известна исходная статистическая информация за ряд лет $(y_i, z_i, h_i), i = \overline{1, N}$. Требуется определить коэффициенты a, α, β так, чтобы она

наилучшим образом описывала статистические данные. Прологарифмировав функцию (1):

$$\ln y = \ln a + \alpha \ln z + \beta \ln h,$$

и обозначив $Y_i = \ln y_i, A = \ln a, Z_i = \ln z_i, H_i = \ln h_i$, получили:

$$Y_i = A + \alpha Z_i + \beta H_i, i = \overline{1, N}.$$

Далее потребовали, чтобы

$$S = \sum_{i=1}^N (A + \alpha Z_i + \beta H_i - Y_i)^2 \rightarrow \min.$$

В результате для определения параметров A, α, β была получена система:

$$W^T \cdot W \cdot C = W^T \cdot Y,$$

где

$$C = \begin{pmatrix} A \\ \alpha \\ \beta \end{pmatrix}, W = \begin{pmatrix} 1 & Z_1 & H_1 \\ 1 & Z_2 & H_2 \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & Z_N & H_N \end{pmatrix}, Y = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \dots \\ Y_N \end{pmatrix}.$$

Реализуя этот алгоритм в среде Excel, пришли к следующим результатам:

	10	328,16 87	191,40 81		33693,743 41	74,325372 84	- 1887,735
Втр*W =	328,16 87	10773, 63	6281,5 95	обрат- ная=	74,3253728 4	0,4424774 22	- 4,641711 3
	191,40 81	6281,5 95	3663,7 22		- 1887,7349 7	- 4,6417113 2	106,5817 91
				A			
	319,86 94	a	59,765 6	1,107E- 26			
Втр*ln y	10500, 23	альфа	0,5832 05				
	6122,7 3	бета	3,7936 51				

Таким образом, модель имеет вид:

$$Y = 1,1 \cdot 10^{-26} \cdot Z^{0,58} \cdot H^{3,79}.$$

Заметим, что для расчёта параметров модели использованы данные за период 2005, 2010, 2014–2021 годы [5–9]. При этом средняя ошибка аппроксимации составляет 6,89%. Как известно [3, с. 17], если средняя ошибка не превышает 10%, то сумма всех отклонений теоретических значений результативного признака от его фактически значений находится в пределах нормы.

Учитывая значения коэффициентов $\beta = 3,79$, $\alpha = 0,58$, можем сделать вывод, что влияние агрегированного показателя человеческого капитала на изменение ВВП существенно. При этом увеличение затрат в основных фондах на 1% влечёт за собой увеличение ВВП на 0,58%, а увеличение затрат человеческого капитала на 1% влечёт увеличение ВВП более, чем на 3%. В нашем случае $\alpha + \beta = 4.37 > 1$, поэтому модель характеризует возрастающую отдачу от масштаба производства.

Используя для решения задачи регрессионный анализ, получили следующий результат:

<i>Регрессионная статистика</i>	
Множественный R	0,987729
R-квадрат	0,975609
Нормированный R-квадрат	0,96864
Стандартная ошибка	0,093843
Наблюдения	10

<i>Дисперсионный анализ</i>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	2	2,46574	1,23287017	139,994032	2,26631E-06
Остаток	7	0,061646	0,00880659		
Итого	9	2,527386			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>
Y-пересечение	-59,76556	17,22576598	-3,469544362	0,0104123
Переменная X 1	0,5832049	0,062423694	9,342684485	3,3432E-05
Переменная X 2	3,7936511	0,968825178	3,915723059	0,00578073

Значение коэффициента множественной корреляции $R=0,9877$ говорит о высокой тесноте связи между результативным признаком и факторными.

Коэффициент детерминации R-квадрат показывает, что параметры модели на 97,56% объясняют зависимость между изучаемыми параметрами. Иными словами, модель качественная.

Коэффициент $A = e^{-59,766} = 1,1 \cdot 10^{-26}$ показывает, что влияние других факторов, не описанных в модели, есть, но не очень велико, учитывая порядок переменных Z, H, Y и их показатели. Коэффициенты $\beta = 3,79, \alpha = 0,58$ данной модели характеризуют значительно большее влияние на Y параметра β .

Величина значимости F меньше 0,05, что указывает на статистическую связь независимых переменных с зависимой переменной Y .

Отдельные p -значения говорят нам, является ли каждая независимая переменная статистически значимой. В нашей ситуации Z, H являются статистически значимыми.

При этом модель, построенная с использованием метода аппроксимации и регрессионного анализа, показала возрастающую отдачу при изменении масштабов затрат ресурсов, а также существенное влияние человеческого капитала на объём ВВП.

Список литературы

1. Комиссаров В.В. Лекции по математическому анализу. Функции нескольких переменных: конспект лекций / В.В. Комиссаров, Н.В. Комиссарова; Новосиб. гос. техн. ун-т. – Новосибирск, 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000213604 (дата обращения: 07.12.2024).

2. Логинова Е.В. Сетевая экономика как векторный императив модернизации современного российского общества: монография / Е.В. Логинова. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2011. – 366 с. EDN QVBCDV

3. Максимова Т.Г. Эконометрика: учебно-методическое пособие / Т.Г. Максимова, И.Н. Попова. – СПб.: Университет ИТМО, 2018. – 70 с.

4. Синицкая Н.Я. Развитие теории человеческого капитала: научный обзор // Научное обозрение. Экономические науки. – 2016. – №2. – С. 182–190

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://science-economy.ru/ru/article/view?id=807> (дата обращения: 07.12.2024). EDN WLYIXL

5. Труд и занятость в России. 2021: стат. сб. / Росстат. – М., 2021. – 177 с.

6. Рабочая сила, занятость и безработица в России (по результатам выборочных исследований рабочей силы). 2022: стат. сб. / Росстат. (М., 2022. – 151 с.

7. ВВП России по годам: 1991–2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://global-finances.ru/vvp-rossii-po-godam/> (дата обращения: 07.12.2024).

8. Основные фонды по данным Росстат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosinfostat.ru/osnovnye-fondy/> (дата обращения: 07.12.2024).

9. Основные фонды и другие нефинансовые активы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/14304> (дата обращения: 07.12.2024).