

*Моргунов Евгений Павлович*¹,
доцент кафедры информатики
и вычислительной техники,
канд. техн. наук, доцент;
*Моргунова Ольга Николаевна*²,
доцент кафедры информатики
и вычислительной техники,
канд. техн. наук, доцент

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

^{1,2} Россия, Красноярск, Сибирский государственный университет науки
и технологий имени академика М. Ф. Решетнева;
¹emorgunov@mail.ru; ²olgamorgunova@mail.ru

Аннотация. Проведена оценка эффективности подготовки кадров для цифровой экономики с точки зрения количества подготавливаемых специалистов разного уровня квалификации. В выборку включены страны Организации экономического сотрудничества и развития. Продемонстрировано использование метода «Анализ Среды Функционирования» (Data Envelopment Analysis) для решения этой задачи.

Ключевые слова: цифровая экономика, эффективность систем, образование, Анализ Среды Функционирования, АСФ.

*Evgeny P. Morgunov*¹,
Associate Professor at Computer Science Department,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
*Olga N. Morgunova*²,
Associate Professor at Computer Science Department,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

ASSESSING THE EFFICIENCY OF TRAINING PERSONNEL FOR THE DIGITAL ECONOMY

^{1,2} Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
Krasnoyarsk, Russia;
¹emorgunov@mail.ru; ²olgamorgunova@mail.ru

Abstract. An assessment was made of the effectiveness of training for the digital economy in terms of the number of trained specialists of different skill levels. The sample includes countries of the Organization for Economic Cooperation and Development. The use of the Data Envelopment Analysis method to solve this problem is demonstrated.

Keywords: digital economy, efficiency of systems, education, Data Envelopment Analysis, DEA.

Введение

Настоящее время характеризуется быстрым развитием цифровой экономики. Цифровая экономика — это деятельность по созданию, распространению и использованию цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг [1, с. 14]. Пожалуй, все страны мира вовлечены в развитие и продвижение цифровой экономики. Однако, как и в любой другой деятельности, в данной сфере очень важны ресурсы, которыми располагают страны. Одним из важнейших ресурсов является кадровый потенциал. Очевидно, что он нуждается в постоянном воспроизводстве, а оно может проходить с разной эффективностью. Для ее измерения предлагается использовать метод Data Envelopment Analysis (DEA) [4]. Он был предложен в 1978 г. американскими учеными А. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes [3]. В России зачастую используется такое наименование метода — Анализ Среды Функционирования (АСФ) [2].

1. Метод исследования

Метод АСФ не предполагает использования какой-либо формулы, связывающей исходные показатели, и не требует использования весовых коэффициентов, что снижает степень субъективности полученных оценок эффективности систем. Однако он требует разделения показателей на входные и выходные. Входные показатели — это ресурсы, использованные для производства результатов, описываемых выходными показателями. Показатели выбираются с учетом специфики предметной области и заданной цели исследования.

Метод АСФ (DEA) основан на построении так называемой *границы эффективности* в многомерном пространстве входных и выходных переменных, описывающих объекты, эффективность которых требуется определить. Граница эффективности представляет собой гиперповерхность, огибающую (охватывающую) точки, соответствующие оцениваемым объектам. Степень эффективности конкретного объекта зависит от расстояния между ним и границей эффективности: чем дальше объект находится от границы, тем его эффективность ниже. Объекты, находящиеся на границе эффективности, считаются эффективными.

Представим формализованное описание метода на примере модели ВСС, ориентированной на выход (ее название образовано из первых букв фамилий ее авторов: Banker, Charnes и Cooper) [4, с. 93]. Пусть требуется определить показатель эффективности каждого из n объектов. Такими объектами могут быть, например, предприятия, организации, университеты, банки и т. д. Для описания каждого объекта o_j , $j = \overline{1, n}$, служит пара векторов $(\mathbf{x}_j, \mathbf{y}_j)$. При этом вектор $\mathbf{x}_j = (x_{j1}, \dots, x_{ji}, \dots, x_{jm})^T$ содержит входные показатели (входы) для объекта o_j , а вектор $\mathbf{y}_j = (y_{j1}, \dots, y_{jr}, \dots, y_{js})^T$

содержит выходные показатели (выходы) для объекта o_j . Тогда матрица $\mathbf{X} = (\mathbf{x}_j)$, имеющая размерность $m \times n$, содержит вектор-столбцы с входными данными для всех n объектов, а матрица $\mathbf{Y} = (\mathbf{y}_j)$, имеющая размерность $s \times n$, содержит вектор-столбцы с выходными данными для всех n объектов. В основе метода АСФ (DEA) лежит метод линейного программирования, поэтому модель формулируется в таком виде:

$$\begin{aligned} \max_{\varphi, \lambda} (\varphi), \\ \mathbf{X}\lambda \leq \mathbf{x}_0, \\ \varphi\mathbf{y}_0 - \mathbf{Y}\lambda \leq \mathbf{0}, \\ \mathbf{e}\lambda = 1, \\ \lambda \geq \mathbf{0}. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь \mathbf{e} — это единичный вектор-строка. В данном случае показатель эффективности — скаляр $\varphi \in [1; \infty)$. Если $\varphi = 1$, то объект будет считаться эффективным *по сравнению* с остальными объектами исследуемой совокупности, если $\varphi > 1$, то неэффективным. На практике значение показателя эффективности зачастую переводится в диапазон $(0; 1]$ с помощью преобразования $1 / \varphi$. Объекты, имеющие значение показателя $\varphi = 1$, считаются эффективными и находятся, как принято говорить, на *границе эффективности*. Аналогичная задача решается для каждого объекта, т. е. n раз. Таким образом, граница эффективности формируется путем многократного решения задачи линейного программирования.

2. Предлагаемый подход к решению поставленной задачи

Поскольку метод АСФ (DEA) предполагает разделение переменных на входные (ресурсы) и выходные (выпуски, продукты), то начать нужно с определения таких переменных. В качестве выходных показателей будем использовать количество выпущенных специалистов в сфере информационно-коммуникационных технологий, в том числе:

- получивших среднее профессиональное образование (тыс. чел.);
- получивших высшее образование по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры (тыс. чел.);
- получивших высшее образование по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (тыс. чел.).

Обозначим эти показатели через СПО, ВПО и «Аспирантура» соответственно.

В качестве ресурса будем использовать показатель численности населения стран (млн чел.), поскольку именно жители стран и становятся специалистами перечисленных уровней квалификации. Исходные данные по выпуску специалистов возьмем из статистического сборника,

подготовленного в Высшей школе экономики [1, с. 149–150]. Здесь в таблице 1 представлены данные по странам Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) за 2019 г., а данные по России — за 2021 г. Данных по Японии и Коста-Рике в таблице нет.

Таблица 1

Исходные данные и результаты оценки эффективности

№№	Страна	Население, млн чел.	СПО, тыс. чел.	ВПО, тыс. чел.	Аспи- рантура, тыс. чел.	Эффек- тивность
1.	Россия	144,4	40,2	42,7	1,0	1,000
2.	Австралия	26,4	6,3	22,3	0,4	1,000
3.	Австрия	9,0	1,1	2,6	0,1	0,609
4.	Бельгия	11,7	0,0	2,4	0,0	0,215
5.	Великобритания	67,7	6,0	27,4	1,2	1,000
6.	Венгрия	10,2	0,2	2,8	0,0	0,278
7.	Германия	83,3	0,0	28,5	1,0	0,822
8.	Греция	10,3	0,0	2,3	0,1	0,517
9.	Дания	5,9	0,7	3,4	0,0	0,624
10.	Израиль	9,2	0,0	4,2	0,1	0,581
11.	Ирландия	5,1	0,4	6,2	0,1	1,000
12.	Исландия	0,4	0,0	0,2	0,0	1,000
13.	Испания	47,5	11,8	7,1	0,3	0,895
14.	Италия	58,9	0,5	5,0	0,1	0,151
15.	Канада	38,8	10,4	10,0	0,3	0,966
16.	Колумбия	52,1	13,1	4,2	0,0	0,905
17.	Латвия	1,8	0,2	0,5	0,0	0,490
18.	Литва	2,7	0,0	0,9	0,0	0,287
19.	Люксембург	0,7	0,0	0,1	0,0	0,172
20.	Мексика	128,5	5,0	35,2	0,1	0,578
21.	Нидерланды	17,6	0,1	4,8	0,1	0,344
22.	Новая Зеландия	5,2	1,4	3,4	0,1	1,000
23.	Норвегия	5,5	0,1	2,3	0,0	0,354
24.	Польша	41,0	0,0	17,2	0,1	0,618
25.	Португалия	10,2	0,7	1,1	0,1	0,524
26.	Республика Корея	51,8	8,3	19,3	0,6	0,843
27.	Словакия	5,8	0,0	1,5	0,0	0,223
28.	Словения	2,1	0,2	0,5	0,0	0,403
29.	США	340,0	36,4	140,7	2,2	1,000
30.	Турция	85,8	10,7	3,6	0,0	0,448
31.	Финляндия	5,5	0,0	4,2	0,1	0,932
32.	Франция	64,8	5,8	22,3	0,7	0,737
33.	Чехия	10,5	0,0	3,6	0,1	0,512
34.	Чили	19,6	2,3	4,7	0,0	0,445
35.	Швейцария	8,8	0,0	2,4	0,1	0,599
36.	Швеция	10,6	1,0	2,2	0,2	1,000
37.	Эстония	1,3	0,0	0,7	0,0	0,519

Для ряда стран в таблице 1 [1, с. 149–150] значение показателя СПО не приведено, поскольку в этих странах нет такой формы образования. Это Бельгия, Германия, Греция, Литва, Польша, Словакия, Финляндия, Чехия и Швейцария. Для перечисленных стран значение данного показателя при проведении вычислений примем равным нулю.

Сведения о численности населения рассматриваемых стран возьмем с официального сайта Фонда ООН в области народонаселения [5]. Данные там приведены за 2023 г. Конечно, это вносит некоторую погрешность в вычисления, поскольку данные по остальным показателям взяты за 2019 г. Однако с учетом того, что во всех рассматриваемых странах рост народонаселения не является быстрым, можно предположить, что в 2019 г. значения этого показателя были практически такими же, поэтому использование данных за 2023 г. не обесценит полученные результаты.

Собранные исходные данные и вычисленные показатели эффективности процесса воспроизводства кадров для цифровой экономики представлены в таблице 1.

Метод АСФ (DEA) не только вычисляет интегральный показатель эффективности (он безразмерный) для каждого объекта в выборке, но и выдает рекомендуемые значения показателей для неэффективных объектов. Эти значения показателей таковы, что при их достижении неэффективный объект, как говорят, выйдет на границу эффективности, т. е. станет не хуже эффективных объектов в данной выборке. Кроме того, для неэффективных объектов определяются эталонные объекты. Они находятся на границе эффективности, а линейная комбинация значений их показателей и будет являться гипотетическим целевым объектом для неэффективного объекта. При формировании линейной комбинации каждый эталонный объект получает определенный весовой коэффициент, который отражает степень подобия (по соотношениям значений показателей) неэффективного объекта этому эталонному объекту. При использовании модели (1) сумма весовых коэффициентов будет равна единице, поскольку образуется выпуклая линейная комбинация.

Покажем выдаваемые рекомендации на примере трех стран, не попавших на границу эффективности. Поскольку модель (1) ориентирована на выходные показатели, то рекомендации выдаются именно по ним.

1. Германия (эффективность 0,822). Рекомендуемые значения:

- СПО — 8,054 тыс. чел.;
- ВПО — 34,659 тыс. чел.;
- аспирантура — 1,216 тыс. чел.

Эталонные объекты: Австралия (вес 0,064), Великобритания (вес 0,870) и США (вес 0,067).

2. Италия (эффективность 0,151). Рекомендуемые значения:

- СПО — 8,841 тыс. чел.;
- ВПО — 33,147 тыс. чел.;
- аспирантура — 0,663 тыс. чел.

Эталонные объекты: Австралия (вес 0,779), Великобритания (вес 0,136) и США (вес 0,086).

3. Турция (эффективность 0,448). Рекомендуемые значения:

- СПО — 23,866 тыс. чел.;
- ВПО — 26,156 тыс. чел.;
- аспирантура — 0,621 тыс. чел.

Эталонные объекты: Россия (вес 0,579) и Новая Зеландия (вес 0,421).

Заключение

Проведенное исследование показало, что, с точки зрения количества подготавливаемых специалистов, в России процесс воспроизводства кадров для цифровой экономики проходит — по сравнению с другими странами — эффективно. При этом ряд развитых европейских стран показывает низкие результаты.

Конечно, при интерпретации результатов и, тем более, при принятии решений нужно учитывать, что важно не только количество специалистов, но также и их качество. Таким образом, полученный результат можно рассматривать лишь как первый шаг в проведении более широкого исследования эффективности и качества подготовки кадров для цифровой экономики.

Список литературы

1. Индикаторы цифровой экономики: 2022 : статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишнеvский, Л.М. Гохберг и др. ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : НИУ ВШЭ, 2023. – 332 с.

2. Кривоножко В.Е., Лычев А.В. Анализ деятельности сложных социально-экономических систем [Текст]. – М.: Изд. отдел ф-та ВМ и К МГУ; МАКС Пресс, 2010. – 208 с.

3. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units [Text] // European Journal of Operational Research. – 1978. – Vol. 2. – P. 429–444.

4. Cooper W.W., Seiford L.M., Tone K. Data Envelopment Analysis [Text]: A comprehensive text with models, applications, references, and DEA-Solver software. – 2nd ed. – New York: Springer, 2007. – xxxviii, 490 p.

5. UNFPA [Электронный ресурс] : официальный сайт / United Nations Population Fund [Фонд ООН в области народонаселения]. – Электрон. дан. – Б. м., [2023–]. – URL: <https://www.unfpa.org/data/world-population-dashboard> (дата обращения: 15.12.2023).