

ФОРМИРОВАНИЕ РЕЙТИНГОВ ВУЗОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Ольга Николаевна Моргунова

Сибирский государственный аэрокосмический университет
им. академика М. Ф. Решетнева
г. Красноярск, e-mail: olgamorgunova@mail.ru

Введение. В настоящее время в России получили широкую известность рейтинги вузов, формируемые министерством образования. Для каждой группы образовательных учреждений – технических, педагогических, классических университетов и т. д. – составляется отдельный рейтинг, что позволяет учесть специфику вузов различного профиля. Таким образом, полезность и наглядность рейтингов, по-видимому, ни у кого не вызывает сомнений. Однако инструментарий, применяемый для их построения, на наш взгляд, нуждается в совершенствовании и расширении. Поскольку к вузу, как и к любой сложной системе, применимо понятие эффективности, то мы предлагаем формировать рейтинги вузов с использованием инструментария теории эффективности. Эта теория включает в себя целый набор различных методов для исследования эффективности сложных систем. В качестве базового метода нами предлагается использовать Data Envelopment Analysis (DEA) [3, 4, 5].

Описание метода DEA–АСФ и обоснование возможности его использования для формирования рейтингов вузов. Данный метод был предложен в 1978 г. американскими учеными A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes [3]. Метод успешно применяется на Западе для оценки эффективности функционирования однородных объектов в различных социально-экономических системах. В последние годы он получил известность и в России под названием «анализ среды функционирования (АСФ)» [1]. В основу метода DEA–АСФ положено построение так называемой *границы эффективности* и использование ее в качестве эталона для проведения оценки эффективности объектов в исследуемой совокупности. Степень эффективности объектов определяется степенью их близости к границе эффективности в многомерном пространстве входных и выходных переменных. Граница эффективности имеет форму выпуклой оболочки или выпуклого конуса.

Для иллюстрации рассмотрим одну из моделей метода DEA–АСФ. Пусть каждый из N однородных объектов описывается K входными параметрами и M выходными параметрами. В качестве объектов исследования могут выступать, например, фирмы, банки, университеты и т. д. Матрица X размерности $K \times N$ содержит значения входных переменных для всех N объектов, а матрица Y размерности $M \times N$ содержит значения выходных переменных для всех N объектов. Вектор-столбцы x_i и y_i , которые берутся из матриц X и Y , представляют собой входные и выходные данные для i -го объекта. Модель формулируется в виде задачи линейного программирования в такой форме [4, с. 150]:

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda} & (\theta), \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \sum \lambda_i = 1, \\ & \lambda \geq 0. \end{aligned} \tag{1}$$

Скаляр θ является мерой эффективности i -го объекта, при этом эффективность не может превышать единицы. Вектор констант λ (его размерность $N \times 1$) отражает степень подобия i -го объекта другим объектам исследуемой совокупности с точки зрения соотношений значений переменных. Аналогичная задача решается N раз, т. е. для каждого объекта. Объек-

ты, для которых $\theta = 1$, являются эффективными и находятся на границе эффективности. Следует отметить, что граница эффективности – понятие условное, ее вершинами являются эффективные точки в пространстве входов/выходов.

Для объектов, у которых $\theta < 1$, могут быть установлены цели, заключающиеся в выведении таких объектов на границу эффективности, т. е. в пропорциональном сокращении их входных факторов на величину θ при сохранении выходных значений на прежнем уровне. Поэтому модель (1) называется *ориентированной на вход*. Целевые значения переменных для неэффективного объекта устанавливаются путем *проецирования* этого объекта на границу эффективности. Проецирование обеспечивается за счет свойств модели. В результате формируется гипотетический объект, являющийся выпуклой линейной комбинацией реальных эффективных объектов, веса которых в этой комбинации определяются вектором λ .

При использовании модели, *ориентированной на выход*, для неэффективных объектов будут выданы рекомендации по пропорциональному увеличению значений выходных переменных в φ раз при неизменных значениях входных переменных. Вот эта модель [4, с. 158]:

$$\begin{aligned} \max_{\varphi, \lambda} & \varphi, \\ & -\varphi y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \sum \lambda_i = 1, \\ & \lambda \geq 0. \end{aligned} \quad (2)$$

В моделях (1) и (2) векторы x_i и y_i не обязательно должны принадлежать матрицам входов X и выходов Y , но если векторы x_i и y_i взяты из другого массива данных (например, за другой временной период), их размерности должны быть согласованы с размерностью матриц. Метод работает таким образом, что объект (x_i, y_i) сопоставляется с выпуклой оболочкой точек, определяемых матрицами входов X и выходов Y .

Метод DEA–АСФ в своем базовом варианте позволяет получить показатель только *относительной* эффективности объектов. Следовательно, объекты, находящиеся на границе эффективности, также могут улучшить свои показатели. Поэтому было предложено использовать искусственную границу эффективности в качестве теоретического эталона для оценки реальных объектов [6]. Для задания искусственной границы эффективности достаточно сформировать матрицы входов X и выходов Y для совокупности *эталонных* объектов. В качестве эталонов могут служить как реальные, так и искусственные объекты. Экспертные методы формирования эталонных искусственных границ эффективности предлагались, в частности, в работе [2]. При использовании искусственных границ эффективности значение показателя эффективности может превышать единицу.

Рекомендации по использованию метода DEA–АСФ для формирования рейтингов вузов. Данный метод имеет определенную специфику, которую необходимо учитывать при его использовании для решения поставленной задачи. Укажем основные моменты.

1. Необходимо учитывать, что *число объектов, идентифицируемых в качестве эффективных, получается, как правило, больше одного*. Это объясняется особенностями математических моделей [5]. Поэтому для ранжирования вузов, находящихся на границе эффективности, необходимо привлекать дополнительную информацию. В том случае, когда нужно только выявить *группу лидеров*, никаких дополнительных действий предпринимать не требуется.

2. Следует стремиться к тому, чтобы *число переменных не было велико*, как правило, оно не должно превышать 10–12. Важным является соотношение числа переменных и числа объектов [5, с. 103]. В силу того, что граница эффективности представляет собой выпуклую оболочку (или выпуклый конус), она определяется так называемыми крайними точками. Крайними (и, следовательно, эффективными) точками обязательно будут точки, соответствующие объектам, у которых хотя бы по одному из показателей имеется лучший результат

среди всех объектов исследуемой совокупности. Рекомендуется придерживаться следующего соотношения числа объектов N и числа входных K и выходных M переменных [5, с. 252]:

$$N \geq \max\{K \times M, 3(K + M)\}.$$

В противном случае значительная часть объектов окажется на границе эффективности, что вряд ли оправданно и желательно для исследователя.

В настоящее время при формировании рейтингов используется гораздо большее число переменных (показателей). Одним из подходов к решению этой проблемы может быть выявление и исключение сильно коррелированных и второстепенных показателей. Вторым способом обхода указанного ограничения метода является оценка эффективности вузов по отдельным направлениям деятельности (учебная работа, научная работа, воспроизводство научно-педагогических кадров и т. д.) с последующим агрегированием частных оценок.

3. Имеет смысл использовать *эталонные границы эффективности*. Рейтинги, формируемые в настоящее время, не позволяют выдать рекомендации каждому вузу по повышению уровня своих показателей с тем, чтобы получить более высокую интегральную оценку эффективности. При использовании же эталонных границ эффективности появляется возможность не только проранжировать вузы, но также и выдать им (в том числе и вузам-лидерам) рекомендации по достижению конкретных результатов по каждому показателю. При этом формировать эталонную границу эффективности можно различными способами, одним из них может быть такой, когда за основу для построения эталонных (гипотетических) вузов берутся реальные вузы, но их показатели подвергаются модификациям. Отбор таких вузов производят эксперты. Эксперты могут также сформировать эталонные (гипотетические) вузы, опираясь на нормативные документы и на достижения лучших университетов мира.

4. Дополнительную информацию для принятия решений можно получить путем *агрегирования показателей эффективности вузов*, например, в разрезе городов или профилей вузов. В качестве агрегированного показателя эффективности совокупности объектов можно использовать взвешенную сумму показателей эффективности объектов. При этом в роли весовых коэффициентов могут использоваться значения численности студентов в вузах.

Пример формирования рейтингов вузов по отдельным направлениям деятельности. В качестве простого примера рассмотрим задачу оценки эффективности формирования научного потенциала в вузах трех городов Сибири: Красноярска, Новосибирска и Томска. Исходные данные за 2005 г. получены с федерального портала «Российское образование» (<http://www.edu.ru>). Переменные для решения задачи были выбраны с учетом наличия информации на этом сайте. В качестве входных переменных приняты следующие:

– общее число студентов в вузе. Этот показатель–заменитель косвенно характеризует тот объем финансовых ресурсов, которым может распоряжаться руководство вуза;

– площади (в т. ч. учебные и учебно-вспомогательные), которыми располагает вуз. Данный обобщенный показатель характеризует объем материальных ресурсов вуза. Предполагается, что на этих площадях установлено лабораторное оборудование и компьютеры.

К выходным переменным были отнесены: число докторов наук, число кандидатов наук, число аспирантов, число докторантов.

Таким образом, была установлена связь между доступными ресурсами и созданным на их основе научным потенциалом. Конечно, это значительное упрощение, поскольку учебные корпуса строятся не за один год, и не за один год формируется кадровый состав вузов. Расчеты выполнялись на основе модели (2). В качестве эталонных объектов для построения искусственной границы эффективности были выбраны 27 вузов, занимающие первые три-четыре позиции в рейтингах министерства образования. В этот перечень вошли, в частности: Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, Московский архитектурный институт, Московская медицинская академия имени И. М. Сеченова, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербургский государственный университет.

Показатели эффективности φ_i сибирских вузов были определены относительно эталонной границы эффективности. Весовые коэффициенты w_i вузов были вычислены на основе общего числа студентов, обучающихся в каждом вузе. Эти весовые коэффициенты были нормированы в пределах каждого из трех исследуемых городов (сумма весовых коэффициентов для вузов одного города равна 1). Интегральная эффективность вузов каждого из трех городов в сфере формирования научного потенциала была определена по формуле

$$\Phi = \sum_{i=1}^{N_s} \frac{1}{\varphi_i} w_i,$$

где N_s – число вузов в каждом из трех городов. Величина, обратная φ_i , используется для приведения показателя эффективности к диапазону [0; 1].

В результате были получены следующие интегральные показатели эффективности: Красноярск – 0,4321; Новосибирск – 0,3970; Томск – 0,5016. Таким образом, можно сделать вывод, что томские вузы эффективнее используют материальные и финансовые ресурсы для формирования научного потенциала. Показатели эффективности вузов и их весовые коэффициенты приведены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели эффективности и весовые коэффициенты вузов

№№ п.п.	Наименование вуза	Эффективность	Вес
1	2	3	4
Красноярск			
1.	Государственный университет цветных металлов и золота	0,4124	0,0798
2.	Красноярская государственная архитектурно-строительная академия	0,2730	0,0543
3.	Красноярская государственная медицинская академия	0,9074	0,0360
4.	Красноярский государственный аграрный университет	0,2929	0,1405
5.	Красноярский государственный педагогический университет имени В. П. Астафьева	0,3657	0,1190
6.	Красноярский государственный технический университет	0,5207	0,1521
7.	Красноярский государственный торгово-экономический институт	0,3103	0,0681
8.	Красноярский государственный университет	0,4833	0,1025
9.	Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева	0,4571	0,0675
10.	Сибирский государственный технологический университет	0,5246	0,1524
11.	Сибирский юридический институт МВД РФ	0,2304	0,0277
Новосибирск			
1.	Новосибирская государственная академия водного транспорта	0,3280	0,0543
2.	Новосибирская государственная академия экономики и управления	0,4976	0,0750
3.	Новосибирская государственная архитектурно-художественная академия	0,3550	0,0084
4.	Новосибирский государственный аграрный университет	0,2621	0,0724
5.	Новосибирский государственный медицинский университет	0,9096	0,0334
6.	Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет	0,5220	0,0474
7.	Новосибирский государственный педагогический университет	0,3907	0,2012
8.	Новосибирский государственный технический университет	0,4431	0,1590

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
9.	Новосибирский государственный университет	0,3715	0,0449
10.	Новосибирский технологический институт Московской государственной академии легкой промышленности	0,4408	0,0102
11.	Сибирская академия государственной службы	0,1193	0,0577
12.	Сибирская государственная геодезическая академия	0,2445	0,0565
13.	Сибирский государственный университет путей сообщения	0,4671	0,0647
14.	Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики	0,3639	0,0413
15.	Сибирский университет потребительской кооперации	0,3890	0,0736
Томск			
1.	Сибирский государственный медицинский университет	1,0531	0,0704
2.	Томский государственный архитектурно-строительный университет	0,5177	0,1355
3.	Томский государственный педагогический университет	0,4670	0,1836
4.	Томский государственный университет	0,5997	0,3354
5.	Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники	0,2461	0,2374
6.	Томский филиал Новосибирского государственного аграрного университета	0,3182	0,0377

Необходимо обратить внимание на то, что ранжировка вузов на основе показателей эффективности, приведенных в таблице 1, может не совпадать с положением этих же вузов в рейтингах министерства образования. Это объясняется тем, что в нашем примере оценивается эффективность вузов только в одном аспекте, в отличие от комплексной оценки, на основе которой формируются рейтинги министерства образования.

Выводы. Приведенные обоснования и пример показывают принципиальную возможность и, на наш взгляд, целесообразность применения метода DEA–АСФ для формирования рейтингов вузов. Данный метод избавляет от необходимости задавать априорно весовые коэффициенты важности показателей, включаемых в оценку вуза, что повышает объективность такой оценки.

Библиография

1. Анализ эффективности функционирования сложных систем [Текст] / В. Е. Кривоножко, А. И. Пропой, Р. В. Сеньков, И. В. Родченков, П. М. Анохин // Автоматизация проектирования. – 1999. – № 1. – С. 2–7.
2. Моргунова, О. Н. Экспертные методы формирования искусственных границ эффективности [Текст] / О. Н. Моргунова // Научное обозрение. – 2006. – № 5. – С. 61–65.
3. Charnes, A. Measuring the Efficiency of Decision Making Units [Text] / A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes // European Journal of Operational Research. – 1978. – Vol. 2. – P. 429–444.
4. Coelli, T. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis [Text] / T. Coelli, D. S. Prasada Rao, G. E. Battese. – Boston : Kluwer Academic Publishers, 1998.– 275 p.
5. Cooper, W. W. Data Envelopment Analysis [Text] : A Comprehensive Text with Models, Applications, References, and DEA-Solver Software / W. W. Cooper, L. M. Seiford, K. Tone.– Boston : Kluwer Academic Publishers, 2000. – 318 p.
6. Sowlati, T. Establishing the «practical frontier» in data envelopment analysis [Text] / Taraneh Sowlati, Joseph C. Paradi // Omega. – 2004. – Vol. 32. – P. 261–272.