

УДК 519.8

Моргунов Евгений Павлович

канд. техн. наук, доцент

Morgunov Evgeny Pavlovich

candidate of technical sciences, associate professor

Моргунова Ольга Николаевна

канд. техн. наук, доцент

Morgunova Olga Nikolaevna

candidate of technical sciences, associate professor

**МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДИКИ ШАНХАЙСКОГО РЕЙТИНГА
УНИВЕРСИТЕТОВ МИРА НА ОСНОВЕ МЕТОДА DATA
ENVELOPMENT ANALYSIS**

**SHANGHAI RANKING OF WORLD UNIVERSITIES
MODIFICATION USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS**

г. Красноярск

Сибирский государственный аэрокосмический
университет имени академика М. Ф. Решетнева

Krasnoyarsk

Siberian state aerospace university

named after academician M. F. Reshetnev

emorgunov@mail.ru

olgamorgunova@mail.ru

Аннотация: Рассматривается методика формирования Академического рейтинга университетов мира (Шанхайского рейтинга). Предложено использовать метод Анализ среды функционирования (Data Envelopment Analysis) для получения дополнительной информации о рейтинге конкретного университета. Приведены результаты применения данного метода к исходным показателям Шанхайского рейтинга.

Annotation: The technique of formation of The Academic Ranking of World Universities (ARWU) is considered. Data Envelopment Analysis is used for obtaining additional information on the rank of a particular university. Results of applying this method to initial indicators of the Shanghai ranking are given.

Ключевые слова: академический рейтинг университетов мира; анализ среды функционирования; АСФ.

Key words: Academic Ranking of World Universities; Data Envelopment Analysis; DEA.

В последние десять-пятнадцать лет очень популярными стали различные рейтинги университетов. Существует несколько таких

рейтингов: QS World University Rankings (Quacquarelli Symonds) [5], THE World University Rankings (Times Higher Education) [6] и другие. Высказывались идеи о создании российского рейтинга университетов. Одним из наиболее известных является так называемый Шанхайский рейтинг – Академический рейтинг университетов мира (The Academic Ranking of World Universities, ARWU) [2].

Этот рейтинг формируется на основе четырех частных критериев, каждому из которых соответствует один или два показателя. В результате получается шесть показателей, которые затем объединяются в итоговую оценку с помощью весовых коэффициентов. Для рейтинга 2014 г. использовались следующие критерии и показатели.

Критерий 1. Качество образования.

Показатель: число выпускников, получивших Нобелевскую премию или Медаль Филдса. Его весовой коэффициент – 0,1.

К выпускникам данного университета относятся те, кто получил степень бакалавра, магистра или докторскую степень в данном университете. При этом с помощью весовых коэффициентов учитывается период времени, когда была получена степень. Периоду времени с 2001 г. соответствует весовой коэффициент 1,0, периоду с 1991 г. по 2000 г. – 0,9 и т. д., периоду с 1911 г. по 1920 г. – 0,1.

Критерий 2. Квалификация преподавателей.

Показатель: число сотрудников, являющихся лауреатами Нобелевской премии или Медали Филдса (по математике). Его весовой коэффициент – 0,2.

К сотрудникам относятся те, кто работал в данном университете в момент получения премии. При этом с помощью весовых коэффициентов учитывается период времени, когда была получена премия. Периоду времени с 2011 г. соответствует весовой коэффициент 1,0, периоду с 2001 г. по 2010 г. – 0,9 и т. д., периоду с 1921 г. по 1930 г. – 0,1.

Показатель: число высоко цитируемых исследователей в 21 предметной области. Его весовой коэффициент – 0,2.

Компания «Thomson Reuters» составила два списка высоко цитируемых исследователей: первый список – в 2001 г., а второй – в 2014 г. В первый список попали свыше 6000 исследователей, а во второй – около 3000. При расчете показателя для каждого университета используются оба списка с одинаковыми весовыми коэффициентами.

Критерий 3. Результаты научных исследований.

Показатель: число статей, опубликованных в журналах Nature и Science. Его весовой коэффициент – 0,2.

Учитывается временной период с 2009 г. по 2013 г. При этом в расчет принимаются только научные труды (Article), а обзоры (Review)

или экстренные сообщения (Letter) не включаются. Учитывается также роль каждого автора: автор-корреспондент (corresponding author) получает весовой коэффициент 1,0, первый автор – 0,5, второй – 0,25, а остальные – по 0,1.

Показатель: число статей, проиндексированных в Science Citation Index-Expanded и Social Sciences Citation Index. Его весовой коэффициент – 0,2.

Учитываются только показатели 2013 г. При этом в расчет принимаются только научные труды (Article), а обзоры (Review) или экстренные сообщения (Letter) не включаются.

Критерий 4. Удельная академическая производительность.

Показатель: удельная академическая производительность университета. Его весовой коэффициент – 0,1.

Вычисляется как взвешенная сумма пяти предыдущих показателей, деленная на численность штатных преподавателей университета.

С полученными значениями показателей поступают так: университету, получившему наивысшую оценку по конкретному показателю, назначается значение этого показателя, равное 100, а для остальных университетов значения показателей пересчитываются, как доля от наивысшей оценки. Затем для каждого университета вычисляется взвешенная сумма шести показателей с весами, указанными выше. С полученными интегральными оценками поступают так же, как с частными оценками по отдельным показателям: университету, получившему наивысшую интегральную оценку, назначается значение, равное 100, а для остальных университетов значения интегральных оценок пересчитываются, как доля от наивысшей оценки.

Всего собираются данные по 1200 университетам, а 500 лучших из них публикуются на сайте в сети Интернет. Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова в рейтинге 2014 г. занял позицию 84, а Санкт-Петербургский государственный университет попал в группу университетов, занимающих позиции с 301 по 400.

Мы решили на основе данных, представленных на сайте Шанхайского рейтинга [2], провести вычисления на заключительной стадии по другой методике. В оригинальной методике расчета рейтинга для интегрирования частных показателей в единую оценку используются весовые коэффициенты, выбор которых является субъективным решением.

Мы предлагаем методику, которая позволит снизить уровень субъективности. Именно снизить, а не устранить ее совсем, поскольку в исходных данных уже использовались весовые коэффициенты, например, при вычислении числа Нобелевских лауреатов вводились весовые коэффициенты для учета давности получения премии.

В качестве метода будем использовать «анализ среды функционирования» (АСФ) [1]. На Западе он называется Data Envelopment Analysis (DEA) [3, 4].

Метод основан на построении так называемой *границы эффективности* в многомерном пространстве входных и выходных переменных, описывающих объекты, эффективность которых требуется определить. Поэтому данный метод относится к классу граничных методов. Степень эффективности конкретного объекта зависит от расстояния между ним и границей эффективности. Эта граница строится по реальным данным и представляет собой, по сути, оценку производственной функции для случая, когда выход является векторным.

Представим формализованное описание метода на примере одной из его моделей (ее мы и использовали для расчетов). Пусть требуется определить показатель эффективности каждого из n объектов. Такими объектами могут быть 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 [4, с. 58]:

$$\begin{aligned} & \max_{\eta, \mu} (\eta), \\ & \mathbf{x}_0 - \mathbf{X}\mu \geq \mathbf{0}, \\ & \eta\mathbf{y}_0 - \mathbf{Y}\mu \leq \mathbf{0}, \\ & \mu \geq \mathbf{0}. \end{aligned}$$

В этой модели индекс 0 означает индекс оцениваемого объекта. В нашем случае это будет очередной университет из сформированной группы университетов. При этом весовые коэффициенты показателям заранее не назначаются. Скаляр η и является мерой эффективности оцениваемого объекта. Важно отметить, что $\eta \geq 1$. Критерием эффективности объекта является условие $\eta = 1$. Объекты, имеющие такое значение показателя η , считаются эффективными и находятся, как принято говорить, на *границе эффективности*. Аналогичная задача

решается для каждого объекта, т. е. n раз. Для перевода значения η в диапазон (0; 1] используют обратное значение $1 / \eta$.

Метод АСФ (DEA) применяется в различных предметных областях и в различных контекстах, в том числе и тогда, когда между входными и выходными показателями, описывающими исследуемые объекты, нет прямой технологической зависимости, какая имеет место в материальном производстве. В случае отсутствия такой «материальной» связи поступают так: показатели, для которых желательным является снижение их значений, относят к входным, а показатели, значения которых желательно увеличивать, относят к выходным. В нашем случае к выходным показателям мы отнесем все шесть частных показателей из Шанхайского рейтинга.

В качестве входного показателя используется только один – унифицированный входной показатель. Его использование объясняется тем, что все показатели, выбранные для составления рейтинга, имеют «положительную» направленность, т. е. большие их значения являются более желательными для университетов. Поэтому логично определить их в качестве выходных показателей. Но специфика метода АСФ (DEA) требует наличия хотя бы одного входного показателя. В таком случае можно использовать условный входной показатель, которому присваивается значение 1 для всех университетов [3, с. 169–174].

Рейтинговые позиции университетов в Шанхайском рейтинге и результаты расчетов по методу АСФ (DEA) представлены в таблице 1. Расчет показателей эффективности проводился нами для 500 университетов, но в целях сокращения объема статьи в таблицу включены только 50 университетов. Это те университеты, которые занимали первые 50 позиций в Шанхайском рейтинге. В столбце «Оценка в рейтинге» приведены интегральные оценки в баллах, вычисленные составителями Шанхайского рейтинга. В последнем столбце представлены позиции университетов, полученные ими при использовании метода АСФ (DEA).

Таблица 1

| Позиция в рейтинге | Университет | Оценка в рейтинге | Метод АСФ (DEA) | |
|--------------------|--------------------------|-------------------|-----------------|---------|
| | | | Оценка | Позиция |
| 1 | Гарвардский университет | 100 | 1,000 | 1-2 |
| 2 | Стэнфордский университет | 72,1 | 0,828 | 7 |

| Позиция в рейтинге | Университет | Оценка в рейтинге | Метод АСФ (DEA) | |
|--------------------------|---|----------------------|-----------------|---------|
| | | | Оценка | Позиция |
| 3 | Массачусетский технологический институт | 70,5 | 0,849 | 6 |
| 4 | Калифорнийский университет в Беркли | 70,1 | 0,794 | 9 |
| 5 | Кембриджский университет | 69,2 | 0,966 | 3 |
| 6 | Принстонский университет | 60,7 | 0,895 | 4 |
| 7 | Калифорнийский технологический институт | 60,5 | 1,000 | 1-2 |
| 8 | Колумбийский университет | 59,6 | 0,691 | 18 |
| 9 | Чикагский университет | 57,4 | 0,863 | 5 |
| 9 | Оксфордский университет | 57,4 | 0,727 | 13 |
| 11 | Йельский университет | 55,2 | 0,629 | 31 |
| 12 | Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе | 51,9 | 0,713 | 16 |
| 13 | Корнелльский университет | 50,6 | 0,610 | 40 |
| 14 | Калифорнийский университет в Сан-Диего | 49,3 | 0,650 | 26 |
| 15 | Вашингтонский университет | 48,1 | 0,716 | 14 |
| 16 | Пенсильванский университет | 47,1 | 0,669 | 21 |
| 17 | Университет Джонса Хопкинса | 47 | 0,702 | 17 |
| 18 | Калифорнийский университет в Сан-Франциско | 45,2 | 0,599 | 45 |
| 19 | Швейцарская высшая техническая школа Цюриха | 43,9 | 0,589 | 49 |
| 20 | Университетский колледж Лондона | 43,3 | 0,716 | 15 |
| 21 | Токийский университет | 43,2 | 0,730 | 11 |
| 22 | Имперский колледж Лондона | 42,3 | 0,625 | 33 |

| Позиция в рейтинге | Университет | Оценка в рейтинге | Метод АСФ (DEA) | |
|--------------------------|---|----------------------|-----------------|---------|
| | | | Оценка | Позиция |
| 22 | Мичиганский университет | 42,3 | 0,773 | 10 |
| 24 | Торонтский университет | 41,8 | 0,805 | 8 |
| 24 | Висконсинский университет в Мэдисоне | 41,8 | 0,632 | 30 |
| 26 | Киотский университет | 39,9 | 0,612 | 37 |
| 27 | Нью-Йоркский университет | 39,6 | 0,566 | 57 |
| 28 | Северо-Западный университет | 39,4 | 0,582 | 52 |
| 28 | Иллинойский университет в Урбане- Шампейне | 39,4 | 0,544 | 64 |
| 30 | Университет Миннесоты | 39,3 | 0,651 | 25 |
| 31 | Университет Дьюка | 38,4 | 0,619 | 34 |
| 32 | Университет Вашингтона в Сент-Луисе | 37,8 | 0,521 | 77 |
| 33 | Рокфеллеровский университет | 37,6 | 0,598 | 46 |
| 34 | Колорадский университет в Боулдере | 37,2 | 0,462 | 126 |
| 35 | Университет имени Пьера и Марии Кюри (Париж 6) | 35,4 | 0,600 | 44 |
| 36 | Университет Северной Каролины в Чапел-Хилл | 35,2 | 0,611 | 38 |
| 37 | Университет Британской Колумбии | 35,1 | 0,639 | 28 |
| 38 | Манчестерский университет | 34,7 | 0,578 | 54 |
| 39 | Техасский университет в Остине | 34,5 | 0,557 | 59 |
| 39 | Копенгагенский университет | 34,5 | 0,611 | 39 |
| 41 | Калифорнийский университет в Санта- Барбаре | 34,3 | 0,451 | 136 |
| 42 | Университет Париж–Юг (Париж 11) | 34,2 | 0,543 | 66 |
| 43 | Мэрилендский университет в Колледж- | 32,7 | 0,525 | 73 |

| Позиция в рейтинге | Университет | Оценка в рейтинге | Метод АСФ (DEA) | |
|--------------------------|---|----------------------|-----------------|---------|
| | | | Оценка | Позиция |
| | Парке | | | |
| 44 | Мельбурнский университет | 32,6 | 0,659 | 23 |
| 45 | Эдинбургский университет | 32,5 | 0,518 | 80 |
| 45 | Юго-Западный Медицинский центр Техасского университета в Далласе | 32,5 | 0,372 | 252 |
| 47 | Медицинский институт Каролинска | 31,9 | 0,518 | 81 |
| 47 | Калифорнийский университет в Ирвайне | 31,9 | 0,460 | 127 |
| 49 | Гейдельбергский университет | 31,1 | 0,522 | 76 |
| 49 | Университет Мюнхена | 31,1 | 0,513 | 86 |

Оказалось, что позиции, определенные по методу АСФ (DEA), зачастую не совпадают с позициями Шанхайского рейтинга. Иногда различия в позициях для конкретного университета являются очень значительными.

Метод АСФ (DEA) имеет следующую особенность: если какой-либо из оцениваемых объектов имеет наилучшее значение одного из показателей среди всех объектов, то этот объект обязательно будет находиться на границе эффективности, т. е. его показатель эффективности будет равен 1. Поэтому на первых позициях нашего рейтинга оказались: Гарвардский университет, который имеет лучшие значения по пяти показателям из шести, и Калифорнийский технологический институт, который имеет лучшее значение показателя «Удельная академическая производительность университета». Также если университет имеет очень высокое относительное значение какого-то показателя, то его интегральный показатель эффективности может оказаться высоким даже при относительно более низких значениях остальных показателей.

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова занимает в Шанхайском рейтинге позицию 84 с общей оценкой 26,1 балла. При определении позиции по методу АСФ (DEA) он занял позицию 111 с показателем эффективности 0,479. Исходные значения показателей для него таковы:

- число выпускников, получивших Нобелевскую премию или Медаль Филдса – 42,4;
 - число сотрудников, являющихся лауреатами Нобелевской премии или Медали Филдса (по математике) – 33;
 - число высоко цитируемых исследователей в 21 предметной области – 0;
 - число статей, опубликованных в журналах Nature и Science – 9,7;
 - число статей, проиндексированных в Science Citation Index-Expanded и Social Sciences Citation Index – 47,9;
 - удельная академическая производительность университета – 30,7.
- Конечно, нулевое значение числа высоко цитируемых исследователей в МГУ вызывает сомнение.

Санкт-Петербургский государственный университет входит в группу университетов, занимающих позиции с 301 по 400. Этим университетам не присваиваются «персональные» позиции и для них не представлена общая рейтинговая оценка в баллах. При определении позиции по методу АСФ (DEA) СПбГУ занял примерно ту же позицию с показателем эффективности 0,280. Исходные значения показателей для него таковы (в том же порядке): 27,3; 0; 0; 6,1; 28; 16.

На наш взгляд, использование метода АСФ (DEA) может дать дополнительную информацию для анализа действительного положения университета в рейтинге.

Литература

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. Academic Ranking of World Universities [Electronic resource] / Center for World-Class Universities of Shanghai Jiao Tong University. – Электрон. дан. – Б. м. : Б. и., 2014– . – Режим доступа: <http://www.shanghairanking.com>. – Загл. с экрана. – Яз. англ., рус. и др.
3. 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. – xxviii, 318 p. : il.
4. 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. – 2-nd ed. – New York : Springer, 2007. – xxxviii, 490 p. : il.

5. QS Top Universities [Electronic resource] / QS Quacquarelli Symonds Limited. – Электрон. дан. – Б. м. : Б. и., 1994– . – Режим доступа: <http://www.topuniversities.com/university-rankings>. – Загл. с экрана. – Яз. англ.

6. THE World University Rankings (Times Higher Education) [Electronic resource] / TES Global Limited. – Электрон. дан. – Б. м. : Б. и., 2015– . – Режим доступа: <http://www.timeshighereducation.co.uk/world-university-rankings>. – Загл. с экрана. – Яз. англ.